

Neuroplasticidad: reconstrucción, aprendizaje y adaptación

Autor: Fabio Morandín-Ahuerma

Abstract:

El objetivo de este capítulo es analizar el fenómeno de la neuroplasticidad como un factor determinante en el desarrollo integral del ser humano, tanto por factores físicos-biológicos como por factores psíquicos e incluso adaptativo- sociales. Se argumenta que entender la neuroplasticidad del cerebro y del sistema nervioso en su conjunto es la llave para fomentar prácticas educativas inteligentes dirigidas al aprendizaje como un proceso que puede ser modelado a favor del educando. La educación en general es el elemento potenciador cognitivo que genera neuroplasticidad positiva a un nivel de transformación extendida, productiva y constante.

Morandín-Ahuerma, F. (2022). Neuroplasticidad: reconstrucción, aprendizaje y adaptación. En *Neuroeducación como herramienta epistemológica* (pp. 23-43). Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP).

CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE PUEBLA



NEUROEDUCACIÓN COMO HERRAMIENTA EPISTEMOLÓGICA

FABIO MORANDÍN - AHUERMA



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



**Secretaría
de Educación**

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla

Primera edición, México, 2022

Publicado por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP)
B Poniente de la 16 de septiembre 4511, Col. Huexotitla, 72534. Puebla, Pue.

ISBN: 978-607-8839-78-0

La información contenida en este documento puede ser reproducida total o parcialmente por cualquier medio, indicando los créditos y las fuentes de origen respectivas.

II. NEUROPLASTICIDAD: RECONSTRUCCIÓN, APRENDIZAJE Y ADAPTACIÓN

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este apartado es analizar el fenómeno de la neuroplasticidad como un factor determinante en el desarrollo integral del ser humano, tanto por factores físicos-biológicos como por factores psíquicos e incluso adaptativo-sociales. Se argumenta que entender la neuroplasticidad del cerebro y del sistema nervioso en su conjunto es la llave para fomentar prácticas educativas inteligentes dirigidas al aprendizaje como un proceso que puede ser modelado a favor del educando. La educación en general es el elemento potenciador cognitivo que genera neuroplasticidad positiva a un nivel de transformación extendida, productiva y constante.

LA NEUROPLASTICIDAD O PLASTICIDAD CEREBRAL

Cuando se habla de plasticidad en el sistema nervioso central se refiere a la propiedad de cambiar estructural o funcionalmente su configuración, a partir de respuestas a estímulos provenientes del mundo exterior (Fuchs y Flügge, 2014). Originalmente era un término que denominaba un fenómeno neural básico de regeneración, pero hoy en día la neuroplasticidad puede incluir una amplia gama de fenotipos como el comportamiento. Los fenotipos son rasgos observables de un individuo, como sus características físicas, pero también pueden incluir aspectos conductuales (Deans *et al.*, 2015).

El cerebro, especialmente cuando se es bebé, y en la primera infancia, tiene una capacidad de aprendizaje y adaptación enorme. No es raro escuchar que un niño debidamente estimulado pueda comprender y hablar fluidamente dos, incluso tres idiomas (Langeloo, Mascareño Lara, Deunk, Klitzing y Strijbos, 2019). Tampoco es inaudito que un niño antes de entrar a la primaria ya pueda tocar un instrumento o manejar eficientemente una computadora (Graus, 2021). Sin embargo, conforme pasa el tiempo, el cerebro alcanza cierta estabilidad,

aunque esto no necesariamente significa que no se pueda aprender nuevas cosas en la edad adulta (Lilienfeld, Lynn, Ruscio y Beyerstein, 2011).

Neuroplasticidad es un término amplio que incluye todas las manifestaciones de cambios permanentes en la respuesta y estructura de las neuronas. Es un concepto acuñado para referirse a la maleabilidad del cerebro que se observa como cambios en la estructura y conectividad, producto de las influencias externas e internas (Allen, 2020). A su vez, los neurólogos definen la neuroplasticidad como un cambio visible en la respuesta de las neuronas, inducido por estímulos ambientales, aprendizaje, o por un daño al sistema nervioso central (Prosperini y Di Filippo, 2019).

El fenómeno de la neuroplasticidad no se descubrió sino hasta mediados del siglo XX, ya que, en los estudios anteriores, se afirmaba que las vías nerviosas eran fijas e invariables, y que, por ejemplo, las neuronas dañadas no podían regenerarse (Costandi, 2016). Este es otro neuromito que prevaleció por mucho tiempo (Rebolledo, 2021).

Los primeros argumentos en contra de la teoría de la incapacidad del cerebro dañado para autorrepararse fueron presentados por Geoffrey Raisman en 1969, quien demostró empíricamente, mediante imágenes de microscopio electrónico, que el daño cerebral en el área de las estructuras del hipocampo conducía a la formación de nuevas sinapsis (Raisman, 1969). En el pasado, la plasticidad cerebral se entendía sólo como cambios de reparación que se producían después de haber sufrido algún daño (Azmitia, 2007).

Como puede advertirse, hoy se sabe que la neuroplasticidad implica cambios estructurales y funcionales en todo el sistema nervioso. Es un proceso fundamental y se basa, además, en el aprendizaje de nuevas habilidades cuando se modifican las condiciones externas o internas del medio, como consecuencia de alteraciones en el funcionamiento del sistema nervioso. La plasticidad da la posibilidad de adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno, la autorreparación, el aprendizaje y la memoria (Gibbons, 2019).

La neurociencia moderna adopta una definición amplia de neuroplasticidad que incluye cambios permanentes en las propiedades de las células nerviosas, que ocurren bajo la influencia de ciertos estímulos ambientales. A nivel sistémico, la plasticidad es una propiedad del sistema nervioso que asegura su capacidad de adaptación, cambio, reparación y, finalmente, aprendizaje y memoria (Beauparlant *et al.*, 2013; Lazzouni y Lepore, 2014). Se considera que es una característica común de las neuronas que se encuentran en todos los niveles del sistema nervioso. Hay plasticidad del

desarrollo, plasticidad compensatoria después de una lesión, plasticidad causada por una mayor experiencia sensorial y motora, y plasticidad relacionada con el aprendizaje y la memoria, por mencionar las mejor documentadas (Costandi, 2016).

Por tanto, el cerebro tiene una habilidad especial para desarrollarse continuamente, responder a condiciones cambiantes y adaptarse a ellas. La neuroplasticidad permite el desarrollo del sistema nervioso central bajo la influencia de las condiciones ambientales cambiantes, el recuerdo y el aprendizaje de nuevas habilidades, la adaptación a los cambios en el entorno externo y la activación de procesos compensatorios en el caso de enfermedades neurológicas. Esto se debe a las propiedades de las neuronas que permiten que se produzcan cambios en el sistema nervioso en respuesta a las necesidades del organismo y a los desafíos de la realidad circundante (Gibbons, 2019).

LAS NEURONAS

Las capacidades mentales de una persona están condicionadas por la actividad del cerebro. El tejido cerebral está formado básicamente por neuronas y células gliales, que sirven, como ya se dijo antes, de soporte, y que en relación con las neuronas, cumplen funciones relevantes, por ejemplo, nutritivas, aislantes, estructurales, metabólicas y tróficas, esto es, alimentarias; aún sin participar activamente en el proceso de información del sistema nervioso (Munkhdalai, Yuan, Mehri y Trischler, 2018). Las gliales no son las “células silenciosas” como se creyó por muchos años (He y Sun, 2007; Sasse, Neuert y Klämbt, 2015). Las células gliales son un término general que engloba varios tipos de células, como las microgliales, los astrocitos y las células de Schwann, cada una de las cuales desempeña funciones distintas para mantener la salud del cerebro y son las principales responsables de proporcionar apoyo y protección a las neuronas, mantener la homeostasis, eliminar los desechos y producir mielina. Se encargan de cuidar las neuronas y el entorno que las rodea (Guy-Evans, 2021).

El número de neuronas se estima en unos 86 000 a 100 000 millones (Cherry, 2020), pero las funciones mentales no dependen únicamente del número de neuronas, sino sobre todo de las conexiones que estas células establecen entre sí. Los investigadores siguen trabajando para entender los procesos cognitivos y abstractos que realiza el cerebro, y aún están buscando una forma de comprender la naturaleza de los procesos mentales (Damasio, 1999, 2007, 2010, 2011). Se han formulado varias hipótesis para explicar los mecanismos complejos del cerebro, algunas teorías han sido sustentadas por

experimentos. También, en la historia de la investigación sobre la organización de las funciones mentales han surgido varias teorías que dependen de la orientación metodológica que se aplicó (Chung *et al.*, 2014; Luria, 1980).

Las interpretaciones neurológicas y neurofisiológicas de los mecanismos cerebrales del funcionamiento humano oscilan dentro de dos conceptos o escuelas: quienes están a favor de la localización estrecha de las funciones, esto es, la explicación psicomorfológica (Luria, 1980), y quienes abogan por la antilocalización de las funciones cerebrales, o sea, quienes tienen una visión holística, no situada (Thatcher y John, 2021; Morandín-Ahuerma, 2021).

Hay una diferencia entre estas teorías y la forma en que se explica la organización de las funciones mentales en el cerebro. Los representantes del concepto de localización estrecha defienden la posición de que el cerebro es un conjunto formado por muchos órganos anatómicamente separados que regulan funciones individuales, lo que representa un enfoque mecanicista (Gelfand, 1999; Mundale, 1998). A la luz de sus puntos de vista, suponen que las partes individuales del cerebro, de alguna manera divididas en especializaciones, pueden fortalecerse e incluso crecer, bajo la influencia de ciertos factores, por ejemplo, el ejercicio mental y físico (Mundale, 1998).

En cambio, los representantes del concepto antilocalizacionista creen que el cerebro forma un todo anatómico, y que cada actividad superior es una función de este todo, y que sólo las habilidades elementales que componen procesos complejos pueden ubicarse en áreas aisladas del cerebro (Damasio, 2010).

Sin embargo, las teorías de localización que muestran la relación entre una parte específica del cerebro y una propiedad mental dada están siendo abandonadas hoy en día. La mayoría del funcionamiento del cerebro se interpreta en la perspectiva de las teorías holísticas y dinámicas, asumiendo que el cerebro es un sistema de elementos que cooperan integralmente y se ejecutan entre ellos procesos que determinan la homeostasis biológica del organismo y que definen las capacidades mentales de un ser humano (Nowak, Vallacher, Zochowski y Rychwalska, 2017).

En los últimos años, las técnicas de neuroimagen se han utilizado para investigar sobre la organización cerebral de los procesos mentales, lo que amplía el espectro de posibilidades de investigación y aporta nuevos datos sobre la organización de las funciones cognitivas en el cerebro (Harenski, Harenski y Kiehl, 2014). Los aparatos especializados permiten conocer mejor la anatomía y fisiología del cerebro en toda la dinámica de su funcionamiento, y gracias a los

estudios de neuroimagen se han comprendido mejor las estructuras funcionales del cerebro y su bioquímica (Wei, Li, Jin, Wu, Ma y, Mao, 2020).

Las propiedades de una neurona están determinadas tanto por su ubicación y las conexiones efectivas que crea con otras neuronas como por las proteínas que sintetiza y los neurotransmisores secretados. Al crear conexiones apropiadas, las neuronas envían sus axones en una dirección específica; este proceso puede estar influido genéticamente o determinado por la actividad de las moléculas quimiotrópicas, que es un mecanismo que puede atraer axones en crecimiento (Franze, 2020; Wei *et al.*, 2020).

Hasta el momento sólo se han descrito algunos neurotransmisores. Los neurotransmisores se dividen según sus funciones: a) neurotransmisores que tienen un efecto excitatorio sobre las neuronas, que aumentan la probabilidad de que la neurona dispare su potencial de acción y entre los que se incluyen acetilcolina, dopamina, serotonina, ácido glutámico, norepinefrina, purinas, adenosín trifosfato y algunos neuropéptidos (Spergel, 2019); b) los que inhiben la actividad de las neuronas, entre los que se encuentran el ácido gamma-aminobutírico (GABA) y la serotonina (Romaus-Sanjurjo, Ledo-García, Fernández-López, Hanslik, Morgan, Barreiro-Iglesias y Rodicio, 2018); y c) los neurotransmisores modulatorios, que pueden actuar sobre más neuronas al mismo tiempo e influyen en la acción de otros mediadores químicos como la acetilcolina y la dopamina, que son excitadores o inhibidores, según el tipo de receptores presentes (Romaus-Sanjurjo *et al.*, 2018; Balasubramanian, Balamurugan, Chen y Sathesh, 2018).

NEUROGÉNESIS

La neurogénesis es una función adaptativa importante del cerebro cuya tarea es compensar las células dañadas como resultado de causas patológicas o de otro tipo. Las capacidades funcionales del cerebro humano se desarrollan desde las primeras etapas de la vida prenatal hasta la edad adulta, y la organización cerebral de las funciones cognitivas puede sufrir transformaciones. En todas las etapas, existen factores que pueden determinar el potencial biológico del cerebro y las habilidades de un ser humano (Yin, Zhu, Wang y Qin, 2018).

El cerebro en desarrollo es muy maleable, por lo que se dice que aprende más rápido, asimila la mayor cantidad de información y domina un extenso repertorio de control de movimiento. Durante este período, incluso un daño cerebral mayor puede compensarse más rápido (Wei *et al.*, 2020; Yin *et al.*, 2018). Tanto las áreas especializadas de la corteza cerebral como los centros

subcorticales pueden cambiar su especificidad normal (Toda, Parylak, Linker y Gage, 2019).

La neurogénesis comienza en la etapa de formación fetal y es responsable del *asentamiento* del cerebro en crecimiento. Ya en la tercera semana después de la concepción, comienzan a formarse las células diseñadas para construir el sistema nervioso, y en la semana catorce, el cerebro del niño se vuelve similar al cerebro del adulto, con la excepción de la presencia de surcos y circunvoluciones en él (Toda, Parylak, Linker y Gage, 2019; Wei *et al.*, 2020).

La neurogénesis es la formación de nuevas neuronas a partir de células madre progenitoras neurales que se produce en el cerebro a lo largo de la vida. La capacidad de aprender cosas nuevas está asociada con los procesos de neurogénesis (Franze, 2020).

Los estímulos que favorecen el proceso de neurogénesis incluyen el proceso de aprendizaje, el ejercicio físico como correr, y la actividad social. Los estímulos negativos incluyen estrés, actividad excesiva, privación crónica del sueño, abuso de opiáceos, alcohol y muchas otras prácticas que generalmente son negativas para el cerebro (Baumann *et al.*, 2020).

SINAPSIS

El intercambio de información entre las neuronas se produce a través de las sinapsis. Las sinapsis se forman con las dendritas de las células nerviosas mediante la elongación vigorosa de los axones durante el desarrollo, lo que da como resultado nuevas conexiones y reconexiones de los circuitos neuronales, y se completan redes complejas (Franze, 2020).

Una sinapsis es una formación especial que transmite un impulso nervioso de una neurona a otra como el punto de contacto de dos neuronas. La sinapsis consta de una membrana presináptica, una membrana postsináptica y una hendidura sináptica entre ellas, que está llena de un líquido que se parece al plasma sanguíneo en su composición. Según el mecanismo de transmisión de impulsos, las sinapsis se dividen en químicas y eléctricas (Franze, 2020; Pereda, 2014; Wei *et al.*, 2020).

Según el tipo de neurotransmisor, la sustancia química que interviene en la transmisión, se distinguen las sinapsis excitadoras e inhibitoras. Los neurotransmisores, como ya se ha dicho, son sustancias liberadas bajo la influencia de un estímulo de las neuronas presinápticas, que conducen a la excitación de la neurona postsináptica (Ribeiro, Yang, Patel, Madabushi y Strauss, 2019).

La membrana presináptica de un impulso químico contiene neurotransmisores, la sustancia que se libera en la hendidura sináptica y participa en la transmisión de un impulso nervioso. En la membrana postsináptica hay receptores para el neurotransmisor correspondiente. Así, un impulso nervioso, habiendo llegado al final de la primera neurona, provoca la liberación de moléculas neurotransmisoras en la hendidura sináptica, que actúan sobre el final de la segunda neurona y generan un impulso en ella (Choquet y Triller, 2003).

En el caso de las sinapsis eléctricas, la transmisión de impulsos ocurre debido al flujo de corriente iónica en el punto de contacto entre dos neuronas. Las sinapsis eléctricas transmiten la excitación mucho más rápido que las sinapsis químicas (Li *et al.*, 2019). Las sinapsis eléctricas se forman entre las células que forman uniones estrechas entre las membranas. A través de los canales iónicos comunes la información se transmite utilizando corrientes eléctricas, y por los canales de las sinapsis eléctricas las células también pueden intercambiar moléculas señalizadoras de pequeño tamaño y de naturaleza orgánica. Estas sustancias pueden moverse en sinapsis eléctricas a alta velocidad en ambas direcciones, y la información transferida con su ayuda también puede transmitirse en ambas direcciones, a diferencia de las sinapsis químicas. Las sinapsis eléctricas se detectan con mayor frecuencia en áreas del cerebro en las que se registra actividad neuronal altamente sincronizada (Choquet y Triller, 2003).

PODA Y RALENTIZAMIENTO

La característica más importante de la neuroplasticidad del desarrollo es el fenómeno de sobreproducción y muerte de células nerviosas, conocida como apoptosis, y con ello la desaparición de conexiones sinápticas funcionalmente no utilizadas.

La apoptosis es un tipo de muerte celular *programada* porque las células siguen un conjunto de instrucciones homeostáticas que permiten que la célula muera sin causar inflamación o daño a ninguna de las células sanas que la rodean (Mehrbod *et al.*, 2019). La apoptosis es muy diferente de otro tipo de muerte celular llamada necrosis. En la necrosis, la célula muere muy rápidamente, lo que puede dañar las células sanas cercanas y causar inflamación. Con el tiempo, todas las células sanas envejecen y se dañan. La apoptosis es el proceso que permite que el cuerpo elimine estas células viejas y dañadas (Peng, Chen, Ouyang y Song, 2015).

Crear las conexiones adecuadas a través de axones, proyecciones, y transmisores químicos es un proceso complejo, con intensidad variable a lo largo de la vida. Su curso está determinado por la información almacenada en el ADN (Mehrbood *et al.*, 2019). Sin embargo, la predisposición genética sigue siendo modificada por la experiencia y, por lo tanto, el cerebro puede moldearse siempre.

Muchas células nerviosas recién formadas sufren apoptosis en los primeros siete meses de vida, del 40% al 80%, es decir, autodestrucción programada e irreversible por la llamada *poda* (Coolidge y Wynn, 2018).

Los elementos de las neuronas son eliminados por los macrófagos o absorbidos por las células vecinas. Los macrófagos son células capaces de absorber y digerir partículas extrañas o nocivas para el organismo como son las bacterias, y restos de células destruidas (Kierdorf, Prinz, Geissmann y Gómez-Perdiguero, 2015).

TIPOS DE NEUROPLASTICIDAD

El cerebro crece y cambia a lo largo de la vida. Desde la concepción hasta la vejez se produce una organización y reorganización funcional que estructura las conexiones sinápticas de las redes neuronales, que atiende tanto factores genéticos como ambientales. Debido al mecanismo que activa los procesos de plasticidad en el cerebro, los neurobiólogos distinguen varios tipos de plasticidad: compensatoria, por adicciones, por experiencia, por desarrollo y por aprendizaje, básicamente (Costandi, 2016).

PLASTICIDAD COMPENSATORIA

Los cambios plásticos también desempeñan un papel importante cuando otras regiones del cerebro compensan las funciones perdidas. En los jóvenes, esto implica la modificación del circuito neuronal con la extensión de los axones y la formación de nuevas sinapsis, mientras que, en los individuos maduros, las neuronas dañadas circundantes compensan su función construyendo una nueva red funcional bajo el circuito neuronal existente (Lazzouni y Lepore, 2014).

Gracias a la plasticidad es posible recuperar funciones después de haber sufrido un evento que afecte funciones como la motora o el habla. La plasticidad compensatoria del cerebro adulto, o plasticidad de reparación, tiene lugar después de un daño mecánico o por un proceso de enfermedad. Aunque la capacidad del cerebro para regenerarse es insignificante en comparación con

otros tejidos del cuerpo, gracias al proceso de neuroplasticidad compensatoria es posible restaurar las funciones alteradas remodelando la organización cerebral de la cadena funcional y compensando el deterioro cognitivo causado por el daño (Beauparlant *et al.*, 2013; Lazzouni y Lepore, 2014).

Así, la plasticidad compensatoria es el resultado de que las funciones de una parte del cerebro dañado sean reemplazadas por otra estructura no dañada. Tanto en niños como en adultos se tiene la capacidad cerebral para crear una nueva red de conexiones nerviosas cuando hay una estructura comprometida.

La plasticidad compensatoria frecuentemente se presenta de manera posterior a una lesión, y como consecuencia, puede presentarse la recuperación de ciertas habilidades perdidas. Como resultado del daño al sistema nervioso puede haber dos procesos antagónicos que ocurren simultáneamente en el cerebro: la desintegración de las conexiones debido a diversos cambios degenerativos, y la compensación, que es debido a la neuroplasticidad. Esto puede ocurrir inmediatamente después del daño, pero también en un período posterior, incluso distante (Beauparlant *et al.*, 2013).

La plasticidad también se desencadena cuando el desarrollo no se lleva a cabo correctamente, cuando hay una interrupción de la función o daño estructural y en períodos críticos particulares del desarrollo cerebral, y es cuando se necesitan estímulos sensoriales del entorno para un desarrollo adecuado (Kupers y Ptito, 2014; Lazzouni y Lepore, 2014). Se entiende por períodos críticos del cerebro a la fase en el desarrollo del sistema nervioso central. Esto es la ontogénesis, en la que puede estar fuertemente influenciado por factores externos. El sistema nervioso reacciona de forma particularmente sensible a las privaciones, la mala nutrición o los defectos genéticos. En ese momento, hay un vigoroso brote de axones y dendritas, así como formación de sinapsis y proliferación de células gliales; se forma una primera interconexión básica de las células nerviosas (Cisneros-Franco, Voss, Thomas y de Villers-Sidani, 2020).

Existen estudios sobre la plasticidad temprana de la corteza visual que han permitido comprender el efecto de la activación coherente de los axones que llegan a una neurona sobre el cambio en la fuerza de sus sinapsis a través de tapar un ojo a un gato o a un mono (Lazzouni y Lepore, 2014; Schmidt, Goebel, Löwel y Singer, 1997; Wang, Ni, Jin, Yu y Yu, 2019). En tal situación, las neuronas con información del ojo abierto forman fuertes sinapsis y se desprenden, anexando neuronas previamente estimuladas por el otro ojo, ahora cubierto,

lográndose un fenómeno que se denomina plasticidad de dominación ocular (Antonini y Stryker, 1993; J. Wang *et al.*, 2019).

Otro ejemplo de plasticidad compensatoria son las personas ciegas de nacimiento, quienes utilizan su corteza visual para fines completamente diferentes a los normales. Por ejemplo, existen centros relacionados con la memoria verbal. También lo necesitan para comprender los caracteres Braille (Koike, Sumiya, Nakagawa, Okazaki y Sadato, 2019; Sadato *et al.*, 1996)

La plasticidad de reparación después de un accidente cerebrovascular ocurre en un entorno molecular diferente al del cerebro normal ya que interactúa con procesos inflamatorios, edema, alteración de funciones metabólicas, cambios bruscos en el potencial de membrana, concentración iónica alterada, procesos de necrosis y apoptosis y degeneración de fibras (Crowe, Bresnahan, Shuman, Masters y Beattie, 1997).

La rehabilitación después de un accidente cerebrovascular apoya la plasticidad espontánea al crear nuevos circuitos neuronales y la reconstrucción de circuitos dañados a través de ejercicios de movimiento o habla (Ruscello y Vallino, 2020).

En las estructuras cerebrales se desencadenan cambios de reparación espontáneos denominados neurocompensación (Duda, Owens, Hallowell y Sweet, 2019), encaminados a la reintegración de las funciones cerebrales. Aunque el daño al cuerpo de la célula nerviosa puede conducir irreversiblemente a su muerte y causar pérdida de función a largo plazo, el corte del axón, conocido como axotomía, puede resultar en la muerte del axón, pero también puede regenerar, restaurar conexiones y, en consecuencia, restablecer la transmisión sináptica (Duda *et al.*, 2019). En el sitio del daño, la densidad de las conexiones neuronales cambia, y en el área adyacente, sobre la base de la reorganización compensatoria, se forman sistemas multineuronales que forman la base para la regeneración de las actividades realizadas hasta ahora por el área dañada (de Haan *et al.*, 2020).

En la función motora, otras regiones corticales compensan la función del área tras una disfunción del movimiento del cuerpo debido a un daño nervioso. Un fenómeno similar se produce cuando se secciona el brazo y la corteza sensorial cortical se sitúa junto al área que inerva los movimientos faciales, de modo que tocar la cara provoca dolor en el brazo que ya se ha perdido, un fenómeno conocido como dolor fantasma (Capuzzi, Muratov y Tropsha, 2017).

PLASTICIDAD POR ADICCIONES

También ocurre plasticidad cerebral en el desarrollo en una adicción como resultado de la estimulación en el sistema de recompensas llamado dopaminérgico y se crean nuevas vías neuronales que consolidan un comportamiento determinado. La capacidad evolutiva del cuerpo para duplicar ciertas actividades que producen placer, resultado del consumo de sustancias adictivas, desde el azúcar, la cafeína, la nicotina hasta todo tipo de sustancias *suaves y fuertes*, potencian las conexiones sinápticas teniendo sensaciones distintas, pero, al final, con derivaciones parecidas (Ernst y Luciana, 2015; Saika *et al.*, 2018).

La ciencia ya no cree que un deseo irresistible por algo que empuja al sujeto a la autodestrucción sea una manifestación de *debilidad de carácter* o un *apego* químico-biológico (Volkow, Michaelides y Baler, 2019). El problema, al parecer, es mucho más profundo, o sea, se encuentra en las conexiones neuronales estables que se forman en el cerebro cuando una persona realiza tal o cual acción que no puede evitar (Baumann *et al.*, 2020; Volkow *et al.*, 2019).

La adicción también usa la plasticidad del cerebro para formar nuevas sinapsis y afecta directamente funciones como la memoria, la motricidad, la cognición, entre otras. Al consumir una sustancia adictiva una y otra vez, el cerebro participa en un aprendizaje negativo y se fomenta, lo que se cree una debilidad momentánea, se convierte en una necesidad neuronal y después en un valor absoluto, así que todo lo demás en su contexto, el trabajo, el hogar, la familia, los amigos, pasan a un segundo o tercer término por una necesidad biológica (Ribeiro *et al.*, 2019).

Por lo anterior, los tratamientos contra las adicciones desde la neuroplasticidad están siendo mucho más efectivos que aquellos que consideran que las adicciones son sólo una cuestión de voluntad (Wise y Robble, 2020).

PLASTICIDAD POR EXPERIENCIA

Otro tipo de plasticidad es producto de la experiencia y es la capacidad del cerebro para transformarse por influencias de prácticas sensoriales externas, por lo que las vías neuronales específicas se amplifican por nuevas vivencias adquiridas.

Como se ha dicho antes, hace 40 años, en los años 80, la mayoría de los investigadores del sistema nervioso creían que después del final del período

crítico, cuando cesaban los cambios en el desarrollo, las propiedades de las conexiones neuronales permanecían estables y sin cambios (Fuchs y Flügge, 2014).

Sin embargo, los estudios experimentales han demostrado la capacidad del sistema nervioso maduro para sufrir una mayor reorganización funcional, por ejemplo, en relación con la vivencia de nuevas experiencias (Lillard y Erisir, 2011).

En estos casos, la posibilidad de restablecer las conexiones neuronales funcionales está asociada a una estimulación específica. Los estudios que utilizan estimulación magnética transcraneal han demostrado que, durante el aprendizaje, por ejemplo, del lenguaje Braille en los ciegos, la representación cortical de los dedos se ensancha (Vetter *et al.*, 2021). El entrenamiento sensorial específico cambia los campos de recepción y las representaciones sensoriales en la corteza cerebral (Lillard y Erisir, 2011).

Por lo tanto, el aprendizaje es una forma de neuroplasticidad dependiente de la experiencia y la práctica. Tal plasticidad, dependiente del uso, hace que en una persona sana se modelen constantemente las relaciones neuronales y los mapas corticales.

Los procesos de aprendizaje también modifican la materia blanca del cerebro, influyendo en el grado de mielinización y el orden de las fibras nerviosas. Se ha demostrado que un entrenamiento motor intenso, por ejemplo, se estudiaron personas que tocaban el piano varias horas al día, provocaba un aumento de las conexiones asociativas córtico-cortical (Bengtsson *et al.*, 2005).

PLASTICIDAD DEL DESARROLLO

Aquí se aplica el principio de que lo que no se usa desaparece y lo que se usa se fortalece y expande. Se le denomina plasticidad del desarrollo a la capacidad del cerebro para crear muchas conexiones neuronales nuevas conforme va adquiriendo diversas habilidades, por ejemplo, aprender a caminar y hablar, lo que asegura la adaptación del organismo a su medio ambiente. Los procesos neuroplásticos dinámicos en edad temprana están influenciados por la expresión de genes específicos y el nivel apropiado de estimulación neuronal como resultado de las interacciones sociales y ambientales (Voss, Thomas, Cisneros-Franco y de Villers-Sidani, 2017). Se ha descubierto que vivir en soledad también reduce la plasticidad neuronal (Vitale y Adam, 2022).

La plasticidad del desarrollo está relacionada con el progreso del cerebro según el patrón de activación y desactivación de genes relevantes y el patrón de

actividad funcional que provoca el crecimiento de los axones de las células nerviosas y la formación de conexiones entre las neuronas (Franze, 2020).

El control del movimiento humano es probablemente una de las funciones más importantes del sistema nervioso. Los científicos que estudian el movimiento creen que fue la capacidad de los animales y los seres humanos de desplazarse a ciertas distancias para obtener alimentos lo que condujo al desarrollo del sistema nervioso y a un cerebro tan dinámico (Masterton, 2019). Sin movimiento, no habría necesidad de analizar los numerosos estímulos y, por tanto, no se necesitaría la información de los receptores que reciben estos estímulos en forma de diversos tipos de energía y los convierten en una señal bioeléctrica legible para el sistema nervioso. Por ejemplo, los receptores musculares, articulares y cutáneos, la vista, el sentido del equilibrio, así como las influencias de los patrones de memoria recordados y, en última instancia, la posibilidad de sobrevivir (Debas *et al.*, 2010; Wenderoth, 2018).

Por lo tanto, es importante reconocer los mecanismos del sistema nervioso que controlan los músculos esqueléticos, los cuales, al generar fuerza muscular, mueven todo el aparato motor para inducir la dirección, el equilibrio e incluso el sentido de ubicación. En todo ello incide la plasticidad cerebral.

PLASTICIDAD POR APRENDIZAJE

La plasticidad relacionada con el aprendizaje y la memoria es la capacidad del cerebro para crear nuevas vías neuronales como resultado de actividades repetitivas y memorizarlas. Las respuestas del organismo a los cambios que se producen en el entorno se configuran junto con la experiencia adquirida en la vida del individuo y determinan la capacidad de aprender y recordar (Debas *et al.*, 2010)

Resulta sorprendente que la plasticidad no sólo aplica la repetición de la ejecución física de una tarea motora, que está relacionada con la activación del sistema motor como el sistema muscular y esquelético, sino también el propio pensamiento sobre el movimiento. En otras palabras, imaginar que se realiza dicho movimiento o actividad puede provocar cambios plásticos dentro de la corteza motora primaria y constituye un factor en el proceso de aprendizaje motor (Debas *et al.*, 2010; Enoka, Amiridis y Duchateau, 2020)

Se han buscado mecanismos neurofisiológicos de la activación en tareas de imaginación motora, con inactividad muscular, y su relación con la activación de ciertas áreas cerebrales (Slimani, Tod, Chaabene, Miarka y Chamari, 2016). Además, se están investigando los mecanismos centrales que acompañan a la

imaginación de los movimientos en relación con estrategias de control en tareas diferenciadas (Reiser, Büsch y Munzert, 2011).

Los procesos de aprendizaje y memoria que dan como resultado la formación de la huella de la memoria se basan en el mecanismo de mejora sináptica a largo plazo. Se ha demostrado que a través del aprendizaje surgen nuevos circuitos neuronales, cuyas células están conectadas por sinapsis reforzadas, por lo que se produce plasticidad estructural (Brown, Chapman, Kairiss y Keenan, 1988). En roedores, se comprobó que las nuevas neuronas creadas en el hipocampo son importantes en la formación de una nueva huella de memoria. El desarrollo de tipos de memoria modifica la actividad de las neuronas en áreas específicas del cerebro, alterando así la morfología de las sinapsis y las dendritas (Jilg *et al.*, 2010).

La neuroplasticidad permite al cerebro tener en cuenta continuamente el entorno y almacenar los resultados del aprendizaje en forma de recuerdos. De este modo, el cerebro puede prepararse para futuros acontecimientos basándose en la experiencia.

La nueva educación basada en las neurociencias buscará constantemente nuevas posibilidades de influir en el cerebro, lo que contribuirá a mejorar su funcionamiento y velocidad de trabajo, y el uso completo de las posibilidades de los mecanismos de neuroplasticidad. Numerosos estudios han confirmado (Munkhdalai *et al.*, 2018) que gracias al trabajo mental sistemático y dirigido es posible aumentar significativamente las capacidades intelectuales, mejorar la memoria, la concentración y el pensamiento lógico al actuar sobre los procesos de plasticidad, por lo que es posible lograr una mejora significativa en aquellas capacidades aparentemente disminuidas (Costandi, 2016).

¿CÓMO POTENCIAR LA NEUROPLASTICIDAD?

La base de la investigación sobre neuroplasticidad se apoya en la tesis de que el sistema nervioso tiene la capacidad de realizar cambios funcionales y estructurales en las conexiones neuronales bajo la influencia de experiencias en las esferas física, mental, educacional y social. Se ha demostrado que la actividad diaria, el aprendizaje y el entrenamiento tienen un gran impacto en la eficiencia del cerebro (Bresciani, 2016; Watson, 2017).

HACER EJERCICIO

El estudio de los logros en la investigación del cerebro durante la educación física está ganando cada vez más interés. Un estudio detallado de este problema tiene profundas raíces epistemológicas. La investigación del cerebro es de genuino interés científico, tanto desde el ámbito médico, psicológico, sociológico como en el aspecto general de la vida cotidiana.

Numerosos estudios muestran que el cerebro y las capacidades intelectuales de una persona cambian con la edad. Hasta la edad de 40 años, hay un crecimiento y desarrollo activo, y después, una disminución notable, de ahí el olvido, la fatiga y la incapacidad para absorber rápidamente la información (Van Ooyen y Butz-Ostendorf, 2017). Como ya se ha dicho, esto no significa que después de esa edad no sea posible incorporar nuevos aprendizajes.

Los ejercicios cíclicos, en particular la carrera, ayudan a ralentizar este proceso, que conduce al rejuvenecimiento biológico del sistema nervioso. Los científicos incluso dan una cifra específica: la edad biológica del cerebro de los corredores es hasta diez años más joven que la edad real. Correr y otras actividades aeróbicas tienen un efecto positivo en el aumento de las conexiones simpáticas en el hipocampo, que es responsable de la memoria, la percepción y el aprendizaje (Martino, Pluchino, Bonfanti y Schwartz, 2011).

Existen factores que en el proceso de estudio de este tema revelan los beneficios sistémicos del ejercicio. En particular, esto se aplica a la liberación de neurotransmisores, las sustancias químicas a través de las cuales se transmiten impulsos eléctricos, la sinapsis, entre las células nerviosas o de las células nerviosas a los músculos, a través de los axones, que en particular incluyen también hormonas (Franze, 2020). Estudios recientes en esta área muestran la gran importancia de la educación física sistemática en la producción de hormonas como la dopamina y la serotonina, entre otras (Heinze *et al.*, 2021).

DORMIR BIEN

La participación del sueño en los mecanismos de neuroplasticidad ha sido un tema de investigación de largo alcance. Se sabe que las fases del sueño están involucradas de diferentes maneras en procesos de memoria en sus distintas modalidades. El sueño de ondas lentas está asociado con la memoria episódica, mientras que el sueño REM está asociado con la memoria procedimental y emocional (Sousouri y Huber, 2019). La confirmación del importante papel del sueño para el estado cognitivo humano conduce a una comprensión de la

importancia clínica de esta condición. Los trastornos del sueño, en particular el insomnio, van acompañados de un deterioro de la memoria y de las funciones ejecutivas (Klinzing y Diekelmann, 2019). Está demostrado que en las personas que no duermen lo suficiente, su rendimiento cognitivo se deteriora más rápido que en las personas que duermen bien (Bellesi, 2019). La base fisiopatológica de esto es el fenómeno de acelerar la eliminación de productos metabólicos del cerebro, en particular la proteína beta-amiloide, durante el sueño (Shokri-Kojori *et al.*, 2018).

La proteína beta-amiloide es miembro de un grupo de moléculas endógenas que son responsables de regular la transmisión sináptica adecuada en el hipocampo (Abramov *et al.*, 2009). El sueño es un componente esencial de la existencia animal que se ha mantenido prácticamente sin cambios a lo largo de la evolución. Diversas investigaciones han demostrado la función que desempeña el sueño en el proceso de plasticidad sináptica (Wang, Grone, Colas, Appelbaum y Mourrain, 2011).

La reproducción de la memoria y la homeostasis de la sinapsis muestran que uno de los papeles más importantes que juega el sueño es la consolidación y optimización de los circuitos sinápticos. Esto permite la retención de importantes rastros de memoria (Wang *et al.*, 2011).

LA CREACIÓN ARTÍSTICA

El arte es sin duda un elemento que puede ayudar, de diversas maneras, a la plasticidad sináptica. Se dice que Miguel Ángel había afirmado que se pinta con el cerebro y no con las manos (Segura, 2013). Se han documentado casos de daño cerebral consistente que ha podido ser revertido gracias a la práctica del dibujo y la pintura (Ione, 2016). Del mismo modo, la práctica constante en la ejecución de algún instrumento musical tiende a profundizar la comunicación interneuronal y favorece la cognición (Münste, Altenmüller y Jäncke, 2002; Rodrigues, Loureiro y Caramelli, 2010)

Gracias a la neurociencia moderna, se sabe que la danza, la música, el teatro y el uso creativo de diversos materiales contribuyen al desarrollo del cerebro como terapia (Rojas y Galván, 2020). Las medidas que hoy son una práctica clínica muchos las consideran simples distracciones o pasatiempos, pero se sabe por la investigación neurobiológica básica que el cerebro cambia constantemente con la práctica artística y se genera neuroplasticidad positiva, incluso en enfermedades como el autismo (Viganò y Magnotti, 2021).

APRENDER OTRO IDIOMA

Los efectos del aprendizaje de una segunda lengua en la neuroplasticidad del cerebro producen alteraciones anatómicas y patrones funcionales que se generan al aprender y utilizar una lengua diferente a la materna (Li y Grant, 2016).

La neuroplasticidad estructural del cerebro cambia como consecuencia del bilingüismo. Según investigaciones, los cambios anatómicos en respuesta a esta experiencia se han descubierto fusionando los datos de las imágenes estructurales con los conocimientos actuales sobre la plasticidad cerebral del lenguaje y otras capacidades cognitivas (Li y Grant, 2016; Stein, Winkler, Kaiser y Dierks, 2014; Uddin, Supekar, Ryali y Menon, 2011).

La densidad de la materia gris y la integridad de la materia blanca, ambas afectadas por los cambios cerebrales inducidos por el manejo de la segunda lengua, se han encontrado desde niños a adultos mayores. Estos cambios pueden producirse con el aprendizaje y la formación lingüística, incluso en el mediano plazo, y no dependen de la edad, la etapa de adquisición, el nivel de dominio o el nivel de rendimiento (Li y Grant, 2016).

El modo en que el cerebro responde a la adquisición de una segunda lengua y cómo ciertas áreas corticales son estimuladas es un tema que se sigue investigando, pero del que se tienen evidencias concluyentes sobre la plasticidad cerebral inherente (Stein *et al.*, 2014; Uddin *et al.*, 2011).

DOMINAR UN VIDEOJUEGO

Se ha comprobado que la práctica de acciones repetidas y funcionalmente significativas mientras se juega a los videojuegos aumenta la neuroplasticidad. Las recompensas, los objetivos, la dificultad y la noción de inmersión virtual son temas comunes en el diseño de videojuegos. Los diseñadores y los terapeutas trabajan juntos para desarrollar un modelo de juegos que se anticipe a la mejora de las capacidades cognitivas y motoras (Barrett, Swain, Gatzidis y Mecheraoui, 2016; Monteiro-Junior, Vagheti, Nascimento, Laks y Deslandes, 2016). Si bien esto se sigue debatiendo, ha sido corroborado, especialmente en juegos inmersivos en tercera dimensión (Clemenson y Stark, 2015).

Debido al uso simultáneo de las capacidades cognitivas y físicas por parte de una interfaz humano-videojuego, los videojuegos 3D inmersivos se denominan de tarea dual. Se ha demostrado que esos videojuegos, e incluso algunos que no son tridimensionales, también mejoran las capacidades cognitivas (Kühn, Gleich, Lorenz, Lindenberger y Gallinat, 2014), pero aún no se

han establecido los mecanismos subyacentes de estos cambios. Sin embargo, se han demostrado los mecanismos biológicos conocidos del ejercicio físico con respecto a la adaptación muscular y han establecido una relación con una hipótesis neurobiológica sobre los efectos cognitivos de los videojuegos (Monteiro-Junior *et al.*, 2016).

La neuroplasticidad y la mejora del rendimiento de la memoria mediata pueden lograrse sumergiendo a los jugadores en un entorno más estimulante, lo que se conoce como enriquecimiento ambiental en los videojuegos. Según algunos investigadores (Clemenson y Stark, 2015), los videojuegos podrían servir al enriquecimiento de la experiencia ambiental. La cognición relacionada con el hipocampo, se observó que mejora significativamente cuando los jugadores se entrenan constantemente, según una serie de mediciones de comportamiento en que cada vez se les exige más a los jugadores sin llegar a frustrarlos. Por lo tanto, se considera que, de acuerdo con estos resultados, los videojuegos modernos pueden estimular el cerebro humano (Clemenson y Stark, 2015; Barrett *et al.*, 2016; Kühn *et al.*, 2014).

PRACTICAR JUEGOS MENTALES

El entrenamiento mental también acarrea grandes beneficios al cerebro. Resolver crucigramas, por ejemplo, tiene varios beneficios: el lenguaje (Zerilli, 2021), el pensamiento de problemas, la inventiva y la coordinación mano-ojo son algunas de las habilidades que se necesitan en estos juegos clásicos. Utilizar la capacidad de representación visual para ver cómo se conectan las palabras, aunque para la mayoría de la gente no es un reto difícil colocar las letras en las casillas, reporta beneficios al cerebro. Los crucigramas necesitan que se recupere información, tal vez olvidada. Los recuerdos a los que no se puede acceder con frecuencia suelen quedar fuera de “la base de datos”. No es que se hayan perdido en la memoria, sino que simplemente se ha olvidado cómo acceder a ellos (Brewin, 2018).

Teniendo en cuenta las pistas, los crucigramas obligan a recorrer una serie de caminos inesperados. Es muy probable que se recuerden términos y frases que encajan con las pistas del crucigrama, y esto podría llevarle a recordar viejos recuerdos sobre estos temas. Como resultado, estos recuerdos perdurarán y se fortalecerá la plasticidad (D'Antonio, Simon-Pearson, Goldberg, Sneed, Rushia, Kerner y Devanand, 2019).

Los tratamientos de mejora cognitiva han sido cada vez más populares en los últimos años, y tienen el potencial de ayudar, tanto a poblaciones clínicas

como no clínicas. El papel del entrenamiento cognitivo digital o físico es cada vez más importante y exige una mayor atención científica a medida que avanza la tecnología y aumenta el número de personas cognitivamente sanas que buscan medios para mejorar o preservar el funcionamiento neural (Jak, Seelye y Jurick, 2013)

En varias investigaciones se ha demostrado que las metodologías de entrenamiento del cerebro producen ganancias considerables en las tareas cognitivas realizadas. Durante largos periodos de tiempo, los programas de entrenamiento cognitivo monitoreados han producido resultados favorables (Jak *et al.*, 2013).

El ajedrez es otro ejemplo de una actividad que requiere conocimientos y suele exigir el desarrollo de la experiencia, así como una concentración focalizada en el campo correspondiente de la que se tienen algunas evidencias de neuroplasticidad. A pesar de la amplia investigación conductual que se ha realizado sobre el tema (Chaudhury, 2018), las bases neurológicas de la habilidad y la competencia ajedrecística se conocen, pero aún no del todo. Algunos estudios que han utilizado la neuroimagen funcional han indicado que los ajedrecistas experimentados emplean diversas herramientas psicológicas y activan diferentes regiones cerebrales cuando realizan acciones relevantes para el juego. Sobre la base de esta literatura funcional, se han descubierto cambios morfológicos positivos en una red que incluye regiones parietales y frontales (de la Maza, 2002; Hänggi, Brütsch, Siegel y Jäncke, 2014).

APRENDER A TOCAR UN INSTRUMENTO Y ESCUCHAR MÚSICA

En los últimos años ha aumentado el número de investigaciones que estudian cómo la música puede afectar a los procesos mentales de los seres humanos. Múltiples estudios han demostrado que el entrenamiento musical a largo plazo conduce al desarrollo de procesos neuroplásticos cerebrales estructurales y funcionales (Münste *et al.*, 2002). Estos procesos, a su vez, pueden generar diferencias cognitivas entre los músicos y las personas que no tocan un instrumento. Debido al entrenamiento único e intenso al que se someten los músicos, tienen el potencial de servir como sujetos modelo para la investigación sobre cómo cambia el cerebro (Stengemöller, 2014).

Las investigaciones demuestran los efectos beneficiosos del entrenamiento musical en la capacidad cognitiva en general. Estos hallazgos, que representan cambios plásticos en el cerebro de los músicos, han sido estudiados ampliamente (Rodrigues *et al.*, 2010).

VIAJAR A NUEVOS LUGARES

Diversos estudios (Berglund, Lytsy y Westerling, 2016; Rhee, Kim, Lee, Kim y Lee, 2013) coinciden en que cuando el cerebro trabaja en un entorno monótono y conocido, el encéfalo entra en una fase de rutina y deja de registrar y asimilar información, se convierte en un órgano laxo, cuyo único objetivo es apoyar las necesidades fisiológicas básicas del cuerpo y las mínimas exigencias intelectuales. En el caso contrario, en lugar de la degradación, se puede alcanzar un desarrollo de la capacidad del cerebro para ajustar su trabajo mediante la creación de nuevas conexiones neuronales en contacto con el entorno. La diversidad externa y la variabilidad de los encuentros con nuevos escenarios son factores clave (Berglund *et al.*, 2016).

Durante un viaje, la novedad del ambiente y todo lo que ello conlleva, como sabores, sensaciones, sonidos y olores, obligan al cerebro a realizar nuevas sinapsis, a abrir activamente pequeños huecos que conectan las neuronas (Rhee *et al.*, 2013). Las conexiones sinápticas que fijan las experiencias exitosas y fallidas se forman sobre la base de una experiencia novedosa, ya sea mediante la repetición y el aprendizaje gradual o mediante una nueva experiencia.

CONCLUSIONES PARCIALES

El cerebro es el órgano que tiene la capacidad de responder y adaptarse a las demandas del entorno, o dicho directamente, de aprender y *re-aprender*. La neurociencia descubre la influencia de la composición genética del cerebro en el aprendizaje. Gracias a ello, como se ha visto, se puede identificar marcadores críticos para los resultados educativos, y también proporcionar una base científica sobre la que evaluar la eficacia de diversas estrategias de enseñanza-aprendizaje.

El cerebro que aprende está influenciado en igual medida por la naturaleza y la instrucción. Los factores ambientales influyen en la forma en que un individuo responde a las experiencias educativas. Las respuestas individuales pueden variar sustancialmente.

La educación parece ser el potenciador cognitivo que tiene un nivel de rendimiento más extendido y constante. La educación da acceso a una serie de técnicas de pensamiento abstracto, como las matemáticas y la lógica, que pueden utilizarse para resolver una gran variedad de problemas y pueden promover la flexibilidad mental. Por ejemplo, la alfabetización y la aritmética

tienen un efecto transformador en el cerebro humano, pero también hacen posible que las personas hagan cosas que, sin estos instrumentos culturales, serían imposibles (Bathelt, Gathercole y Astle, 2017).

A pesar del dicho norteamericano “Old dogs can not learn new tricks” [perro viejo no aprende nuevos trucos], nunca se es demasiado viejo para aprender cosas nuevas y estos procesos de aprendizaje producen cambios estructurales y funcionales en el cerebro hasta una edad avanzada. La plasticidad neurológica define los cambios en la estructura y/o la función del cerebro en respuesta a cambios en el comportamiento, el entorno y los procesos neuronales. Estos cambios pueden producirse de forma adaptativa (por ejemplo, a través del aprendizaje) o de forma “recuperativa” (por ejemplo, tras un accidente cerebrovascular) y tienen lugar a lo largo de toda la vida.

Muchos científicos solían creer que el cerebro no cambiaba después de la infancia, que estaba programado y fijado cuando se llegaba a la edad adulta, pero los recientes avances de la última década nos dicen que esto no es así; el cerebro puede cambiar y, de hecho lo hace a lo largo de toda la vida, y los neurocientíficos lo han analizado. Si pensamos en el cerebro como una red eléctrica conectada de forma dinámica, hay miles de millones de vías o caminos que se iluminan cada vez que cada vez que se piensa, se dice o se hace algo. Algunos de estos caminos están muy transitados, y son las formas establecidas de pensar, sentir y hacer las que determinan las conexiones sinápticas de largo alcance.

Hasta aquí se ha abordado la resonancia de los procesos de plasticidad neuronal como factores determinantes en el proceso de enseñanza y de aprendizaje; en el siguiente apartado se analiza los fundamentos teóricos y prácticos en que debe descansar una epistemología desde la neuroeducación.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Abas, M., Solihatin, E. y Nadiroh. (2019). Effect of instructional models and interpersonal intelligence on the social studies learning outcomes. *International Journal of Instruction*, 12(4), 705-718. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1230089>
- Abrahão, A. L. B., dos Santos Elias, L. C. y Silva, E. F. e. (2022). ADHD Students, Teachers, and Families: a Triangulation Study. *Trends in Psychology*. <https://doi.org/10.1007/s43076-022-00154-x>
- Abramov, E., Dolev, I., Fogel, H., Ciccotosto, G. D., Ruff, E. y Slutsky, I. (2009). Amyloid- β as a positive endogenous regulator of release probability at hippocampal synapses. *Nature Neuroscience*, 12(12), 1567-1576. <https://go.nature.com/3QyCGlf>
- Aguilar, R. (2021). ¿La rehabilitación mejora la función del cerebro dañado a través de la plasticidad cerebral y la regeneración neurológica? Parte 1. *Plasticidad y Restauración Neurológica*, 8(1),19-27. <https://bit.ly/3A9K1bl>
- Al-Dlaigan, Y. H., Alahmari, A. S., Almubarak, S. H., Alateeq, S. A. y Anil, S. (2017). Study on personality types of dentists in different disciplines of dentistry. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 18(7), 554-558. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28713107/>
- Allen, M. (2020). Unravelling the Neurobiology of Interoceptive Inference. *Trends in Cognitive Sciences*, 24(4), 265-266. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.02.002>
- Al-Saffar, L. T. A. (2014). Learning styles of students at the Department of Computer Science – University of Potsdam. En: Vol. 444. *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (pp. 68-75). https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-45770-2_8
- Alvarado, J. (2019). Sobre lo “neuro” en la neuroeducación: de la psicologización a la neurologización de la escuela. *Sophia*, (26), 141-169. <https://doi.org/10.17163/soph.n26.2019.04>
- Anand, K. y Chellamani, K. (2021). Pedagogical Challenges and Neurocognition in Education for the 21st Century. In K. A. Thomas, J. V. Kureethara y S. Bhattacharyya (Eds.), *Neuro-Systemic Applications in Learning* (pp. 179-201). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72400-9_9
- Anderson, E. (2019). *Mediators and Modulators of Mechanotransduction in the Somatosensory System* (tesis). Yale University. <https://bit.ly/3O9joaB>
- Anderson, S. J., Hecker, K. G., Krigolson, O. E. y Jamniczky, H. A. (2018). A Reinforcement-Based Learning Paradigm Increases Anatomical Learning and Retention-A Neuroeducation Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, Article 38. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00038>

- Ansari, D., De Smedt, B. y Grabner, R. H. (2012). Neuroeducation - A Critical Overview of An Emerging Field. *Neuroethics*, 5(2), 105-117. <https://doi.org/10.1007/s12152-011-9119-3>
- Antonini, A. y Stryker, M. P. (1993). Development of individual geniculocortical arbors in cat striate cortex and effects of binocular impulse blockade. *Journal of Neuroscience*, 13(8), 3549-3573. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8340819/>
- Anton-Ares, P. A., Bermudez, L. M. y Chinchilla, M. R. H. (2016). Neurodidáctica y estrategias de aprendizaje para la inclusión. Desarrollo de competencias comunicativas en niños y niñas con riesgo biológico y/o social. *Revista de Educación Inclusiva*, 9(1), 43-53. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5455554>
- Arsenal, R. M. y Pinar-Pérez, J. M. (2021). A Hybrid Model of Learning Methodology Analyzed Through the Use of Machine Learning Techniques. In F. P. García Márquez y B. Lev (Eds.), *Introduction to Internet of Things in Management Science and Operations Research: Implemented Studies* (pp. 77-103). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74644-5_4
- Assaf, Y. (2018). New dimensions for brain mapping. *Science*, 362(6418), 994-995. <https://doi.org/10.1126/science.aav7357>
- Azmitia, E. C. (2007). Cajal and brain plasticity: Insights relevant to emerging concepts of mind. *Brain Research Reviews*, 55(2), 395-405. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2007.01.010>
- Balasubramanian, P., Balamurugan, T. S. T., Chen, S. M., Chen, T. W. y Sathesh, T. (2018). Rational design of Cu@ Cu₂O nanospheres anchored B, N co-doped mesoporous carbon: a sustainable electrocatalyst to assay eminent neurotransmitters acetylcholine and dopamine. *ACS Sustainable Chemistry y Engineering*, 7(6), 5669-5680. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b04473>
- Ballesta-Claver, J., Blanco, M. F. A. y Perez, I. A. G. (2021). A Revisited Conceptual Change in Mathematical-Physics Education from a Neurodidactic Approach: A Pendulum Inquiry. *Mathematics*, 9(15), Article 1755. <https://doi.org/10.3390/math9151755>
- Barraza-Rodríguez, P. (2017). El neuro-mito de los estilos de aprendizaje (mimeo). CIAE, 1-4. <https://bit.ly/3QB6nbC>
- Bathelt, J., Gathercole, S. E. y Astle, D. (2017). The role of the structural connectome in literacy and numeracy development in children (preprint). <https://doi.org/10.31234/osf.io/jk6yb>
- Barrett, N., Swain, I., Gatzidis, C. y Mecheraoui, C. (2016). The use and effect of video game design theory in the creation of game-based systems for upper limb stroke rehabilitation. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, 3, 2055668316643644. <https://doi.org/10.1177/2055668316643644>
- Battro, A. M., Fischer, K. W. y Léna, P. (2008). *The educated bra En: essays in neuroeducation*. Cambridge University Press. <https://bit.ly/3N3iHhO>
- Baumann, M. H., Tocco, G., Papsun, D. M., Mohr, A. L., Fogarty, M. F. y Krotulski, A. J. (2020). U-47700 and its analogs: non-fentanyl synthetic opioids impacting the recreational drug market. *Brain Sciences*, 10(11), 895. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33238449/>

- Bayle-Tourtoulou, A.-S. y Badoc, M. (2020). *The Neuro-consumer: Adapting Marketing and Communication Strategies for the Subconscious, Instinctive and Irrational Consumer's Brain*. Routledge. <https://bit.ly/3O3XSEh>
- Beauparlant, J., van den Brand, R., Barraud, Q., Friedli, L., Musienko, P., Dietz, V. y Courtine, G. (2013). Undirected compensatory plasticity contributes to neuronal dysfunction after severe spinal cord injury. *Brain*, 136(11), 3347-3361. <https://doi.org/10.1093/brain/awt204>
- Bellesi, M. (2019). Chapter 36 - The Effects of Sleep Loss on Brain Functioning. In H. C. Dringenberg (Ed.), *Handbook of Behavioral Neuroscience* (Vol. 30, pp. 545-556): Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/handbook/handbook-of-behavioral-neuroscience/vol/30>
- Bellini, M. I., Pengel, L., Potena, L., Segantini, L. y Grp, E. C.-W. (2021). COVID-19 and education: restructuring after the pandemic. *Transplant International*, 34(2), 220-223. <https://doi.org/10.1111/tri.13788>
- Bengtsson, S. L., Nagy, Z., Skare, S., Forsman, L., Forssberg, H. y Ullén, F. (2005). Extensive piano practicing has regionally specific effects on white matter development. *Nature Neuroscience*, 8(9), 1148-1150. <https://doi.org/10.1038/nn1516>
- Berglund, E., Lytsy, P. y Westerling, R. (2016). Active traveling and its associations with self-rated health, BMI and physical activity: A comparative study in the adult Swedish population. *International journal of environmental research and public health*, 13(5), 455. <https://doi.org/10.3390%2Fijerph13050455>
- Bernal Guerrero, A. (2005). Reconceptualización de la identidad personal y educación para la autodeterminación posible. *Teoría de la educación*, 17, 97-128. <https://doi.org/10.14201/3114>
- Berns, G. S., Bell, E., Capra, C. M., Prietula, M. J., Moore, S., Anderson, B.,... Atran, S. (2012). The price of your soul: neural evidence for the non-utilitarian representation of sacred values. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1589), 754-762. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0262>
- Besson, L. (Writer). (2014). *Lucy*. Francia: Europacorp. <https://www.imdb.com/title/tt2872732/>
- Blumenfeld-Jones, D. (2009). Bodily-kinesthetic intelligence and dance education: Critique, revision, and potentials for the democratic ideal. *Journal of Aesthetic Education*, 43(1), 59-76. <https://muse.jhu.edu/article/258508>
- Bonda, E. (2012). Neuroeducation: Neurocognitive enhancement of the developing brain. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 15, 176-176. <https://doi.org/10.1017/S1461145712000508>
- Borst, G., Masson, S. y Project Muse. (2017). *Méthodes de recherche en neuroéducation*. Presses de l'Université du Québec. <https://bit.ly/3zRw3L7>
- Boyle, G. J. (1995). Myers-Briggs Type Indicator (MBTI): Some Psychometric Limitations. *Australian Psychologist*, 30(1), 71-74. <https://doi.org/10.1111/j.1742-9544.1995.tb01750.x>

- Bresciani, M. J. (2016). *The neuroscience of learning and development: enhancing creativity, compassion, critical thinking, and peace in higher education* (First edition. ed.). Sterling, Virginia: Stylus Publishing, LLC, ACPA. <https://bit.ly/3tRv8q6>
- Brewin, C. (2018). Memory and Forgetting. *Current Psychiatry Reports*, 20(87). <https://doi.org/10.1007/s11920-018-0950-7>
- Brooks, A. (Writer). (1991). *Defending Your Life*. In T. G. F. Company (Producer). Estados Unidos. <https://www.imdb.com/title/tt0101698/>
- Broomfield, A. M. y D'Amato, R. C. (2018). Neuroeducation. In J. S. Kreutzer, J. DeLuca y B. Caplan (Eds.), *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology* (pp. 2400-2400). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57111-9_9154
- Brown, T. H., Chapman, P. F., Kairiss, E. W. y Keenan, C. L. (1988). Long-Term Synaptic Potentiation. *Science*, 242(4879), 724-728. <https://doi.org/10.1126/science.2903551>
- Bruce, D. (1996). Lashley, Hebb, connections, and criticisms. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, 37(3), 129-136. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/h0084734>
- Bruer, J. T. (2016). Neuroeducación: Un panorama desde el puente. *Propuesta educativa*, (46), 14-25. <https://www.redalyc.org/pdf/4030/403049783003.pdf>
- Bruyckere, P. D., Kirschner, P. A. y Hulshof, C. D. (2015). Chapter 2 - Myths about Learning. En *Urban Myths about Learning and Education*, 17-92. <https://bit.ly/3n66sq5>
- Calatayud, M. (2018) Hacia una cultura neurodidáctica de la evaluación: la percepción del alumnado universitario. *Revista Iberoamericana de educación*, 78(1), 67-85. <https://rieoei.org/RIE/article/view/3212/3997>
- Capraro, R. M. y Capraro, M. M. (2002). Myers-briggs type indicator score reliability across studies: A meta-analytic reliability generalization study. *Educational and Psychological Measurement*, 62(4), 590-602. <https://doi.org/10.1177%2F0013164402062004004>
- Capuzzi, S. J., Muratov, E. N. y Tropsha, A. (2017) Phantom PAINS: Problems with the Utility of Alerts for Pan-Assay INterference CompoundS. *Journal of chemical information and modeling*, 57(3), 417-427. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28165734/>
- Carnegie, D. (1936). *How to Win Friends and Influence People*. NY: Simon y Schuster. <https://bit.ly/3N9q2MV>
- Carnegie, D. (2010). *Cómo ganar amigos e influir sobre las personas*. Vintage Español. <http://www.worldcat.org/oclc/1315605357>
- Carrillo-Avalos, B. A., y Laguna-Maldonado, K. D. (2022). Neuromitos del aprendizaje en un programa de posgrado de educación en ciencias de la salud. *Investigación en educación médica*, 11, 103-104. <https://doi.org/10.22201/fm.20075057e.2022.41.21401>
- Chaudhury, S. (2018). *Synaptic Plasticity: Roles, Research and Insights*. New York: Nova Medicine and Health. <http://www.worldcat.org/oclc/1029806521>
- Cherry, K. (2020). How Many Neurons Are in the Brain? *VerywellMind*. <https://www.verywellmind.com/how-many-neurons-are-in-the-brain-2794889?print>

- Choquet, D. y Triller, A. (2003). The role of receptor diffusion in the organization of the postsynaptic membrane. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(4), 251-265. <https://doi.org/10.1038/nrn1077>
- Choudhury, S. y Wannyn, W. (2022). Politics of Plasticity: Implications of the New Science of the “Teen Brain” for Education. *Culture, Medicine, and Psychiatry*, 46(1), 31-58. <https://doi.org/10.1007/s11013-021-09731-8>
- Chung, H. J., Weyandt, L. L. y Swentosky, A. (2014). The Physiology of Executive Functioning. In S. Goldstein y J. A. Naglieri (Eds.), *Handbook of Executive Functioning* (pp. 13-27). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8106-5_2
- Clark, J. (2015). Philosophy, Neuroscience and Education. *Educational Philosophy and Theory*, 47(1), 36-46. <https://doi.org/10.1080/00131857.2013.866532>
- Clark, Q., Mohler, J. L. y Magana, A. J. (2015). Learning style dynamics. Paper presented at the ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings. <https://peer.asee.org/24413.pdf>
- Clemenson, G. D. y Stark, C. E. L. (2015). Virtual Environmental Enrichment through Video Games Improves Hippocampal-Associated Memory. *The Journal of Neuroscience*, 35(49), 16116-16125. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2580-15.2015>
- Coelho, A. E. D. y Malheiro, J. M. D. (2021). Neuroeducation and the construction of Cognitive Skills Indicators. *Educacao*, 46, 1-29. <https://doi.org/10.5902/19846444443817>
- Cohen, P. (1995). Understanding the braEn: Educators seek to apply brain based research. *Education Update*, 37(7), 7-10. <https://bit.ly/39HyhSF>
- Coolidge, F. L. y Wynn, T. G. (2018). *The rise of Homo sapiens: The evolution of modern thinking*. Oxford University Press. <http://www.worldcat.org/oclc/1052612876>
- Compagno, G. y Pedone, F. (2016, Mar 07-09). Teacher training paths between neuroeducation and professional learning community. *INTED Proceedings*. 10th International Technology, Education and Development Conference (INTED), Valencia, España. <https://core.ac.uk/download/pdf/80165239.pdf>
- Conill, J. (2019). Must Ethics for Moral Neuroeducation Be Naturalistic? In P. Calvo y J. Gracia-Calandín (Eds.), *Moral Neuroeducation for a Democratic and Pluralistic Society* (pp. 3-18). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22562-9_1
- Costandi, M. (2016). *Neuroplasticity*. MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/neuroplasticity>
- Cox, W. T. L., Abramson, L. Y., Devine, P. G. y Hollon, S. D. (2012). Stereotypes, Prejudice, and Depression: The Integrated Perspective. *Perspectives on Psychological Science*, 7(5), 427-449. <http://dx.doi.org/10.1177/1745691612455204>
- Crowe, M. J., Bresnahan, J. C., Shuman, S. L., Masters, J. N. y Beattie, M. S. (1997). Apoptosis and delayed degeneration after spinal cord injury in rats and monkeys. *Nature Medicine*, 3(1), 73-76. <https://doi.org/10.1038/nm0197-73>
- Covarrubias-Salvatori, V.G. (2021). El coeficiente de desigualdad de Theil en un estudio de test-retest del MMPI-A. *Academia Journals*, 3(2), 1-116. <https://bit.ly/3OL8tnC>

- Cusme, Z. L. C. y Montes, L. C. Z. (2021). Neurodidactic strategies applied by teachers at the Angel Arteaga school of Santa Ana. *Revista San Gregorio*, (46), 150-163. <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i46.1704>
- Damasio, A. (1999). *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*. Harcourt.
- Damasio, A. (2007). *En busca de Spinoza. Neurobiología de la emoción y los sentimientos*. Crítica.
- Damasio, A. (2010). *Self comes to mind: Constructing the conscious brain*. Vintage.
- Damasio, A. (2010). *Y el cerebro creó al hombre*. Destino.
- Damasio, A. (2011). *En busca de Spinoza. Neurobiología de la emoción y los sentimientos*. Destino.
- De Haan, E. H. F., Corballis, P. M., Hillyard, S. A., Marzi, C. A., Seth, A., Lamme, V. A. F.,... Pinto, Y. (2020). Split-BraEn: What We Know Now and Why This is Important for Understanding Consciousness. *Neuropsychology Review*, 30(2), 224-233. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11065-020-09439-3>
- De Horteaga, E. y Garcia, E. G. (2012, Nov 19-21). Neuroeducation as the source of educational programs: a proposal based on the findings of neuroscience within the frame of globalization. 5th International Conference of Education, Research and Innovation (ICERI), Madrid, España. <https://library.iated.org/view/DEHORTEGA2012NEU>
- De la Maza, M. (2002). *Rapid Chess Improvement: a study plan for adult players: Everyman Chess*. <http://www.worldcat.org/oclc/906997367>
- De Tienda Palop, L. (2019). The Role of the Emotions in Moral Neuroeducation. In P. Calvo y J. Gracia-Calandín (Eds.), *Moral Neuroeducation for a Democratic and Pluralistic Society* (pp. 61-75). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22562-9_5
- De Vos, J. (2016). The Death and the Resurrection of (Psy)critique: The Case of Neuroeducation. *Foundations of Science*, 21(1), 129-145. <https://doi.org/10.1007/s10699-014-9369-8>
- Deans, A. R., Lewis, S. E., Huala, E., Anzaldo, S. S., Ashburner, M., Balhoff, J. P.,... Chanet, B. (2015). Finding our way through phenotypes. *PLoS biology*, 13(1), e1002033. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002033>
- D'Antonio, J., Simon-Pearson, L., Goldberg, T., Sneed, J. R., Rushia, S., Kerner, N.,... y Devanand, D. (2019). Cognitive training and neuroplasticity in mild cognitive impairment (COG-IT): protocol for a two-site, blinded, randomised, controlled treatment trial. *BMJ open*, 9(8), e028536. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2018-028536corr1>
- Debas, K., Carrier, J., Orban, P., Barakat, M., Lungu, O., Vandewalle, G.,... Doyon, J. (2010). Brain plasticity related to the consolidation of motor sequence learning and motor adaptation. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 107(41), 17839-17844. <https://doi.org/10.1073/pnas.1013176107>
- del Manzano, B. S. A. (2020). New stimulation methodologies for the learning teaching process. *Revista Inclusiones*, 7, 193-204. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED610428.pdf>

- Della Sala, S. (2007). *Tall Tales about the Mind and BraEn: Separating Fact from Fiction*: Oxford University Press, USA. <http://www.worldcat.org/oclc/731638428>
- Demarin, V., Morović, S. y Béné, R. (2014). Neuroplasticity. *Periodicum Biologorum*, 116(2), 209-211. <https://bit.ly/3Osu9Vk>
- Demb, J. B. y Singer, J. H. (2016). Mind the Gap Junctions: The Importance of Electrical Synapses to Visual Processing. *Neuron*, 90(2), 207-209. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2016.04.007>
- Deros, D. E., Grant, D. M., Kraft, J. D., Nagel, K. M. y Hahn, B. J. (2022). Self-Imagery and Attentional Control Maintenance Factors of Social Anxiety: A Comparison of Trait and State Assessments. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, 44(2), 570-581. <https://doi.org/10.1007/s10862-021-09924-w>
- Descalzi, G. (1996). *Educación y autorrealización*. Fondo Editorial PUCP. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/181570>
- Devonshire, I. M. y Dommett, E. J. (2010). Neuroscience: Viable Applications in Education?. *Neuroscientist*, 16(4), 349-356. <https://doi.org/10.1177/1073858410370900>
- DiLorenzo, D. J. y Bronzino, J. D. (2007). *Neuroengineering*: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780849381850>
- Doukakis, S. y Alexopoulos, E. C. (2021). The Role of Educational Neuroscience in Distance Learning. Knowledge Transformation Opportunities. In M. E. Auer y D. Visions and Concepts for Education 4.0. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-67209-6_18
- Duan, X., Zhu, T., Chen, C., Zhang, G., Zhang, J., Wang, L..... Wang, X. (2018). Serum glial cell line-derived neurotrophic factor levels and postoperative cognitive dysfunction after surgery for rheumatic heart disease. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 155(3), 958-965.e951. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28918204/>
- Duchesne, S. M. A. (2016). *Educational psychology for learning and teaching*. Victoria: Cengage Learning Australia. Susan Duchesne; Anne McMaugh; Erin Mackenzie
- Duda, B. M., Owens, M. M., Hallowell, E. S. y Sweet, L. H. (2019). Neurocompensatory Effects of the Default Network in Older Adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2019.00111/full>
- Duque, S. (2021). Antonio Egas Moniz: el doctor que curaba la tristeza perforando cráneos. *Salud con lupa*. <https://bit.ly/3QBxYp>
- Durkheim, E. (2020). *Historia de la educación y de las doctrinas pedagógicas: la evolución pedagógica en Francia*. Ediciones Morata. <http://www.worldcat.org/oclc/1182837994>
- Edwards, J. A., Lanning, K. y Hooker, K. (2002). The MBTI and social information processing: An incremental validity study. *Journal of Personality Assessment*, 78(3), 432-450. https://doi.org/10.1207/S15327752JPA7803_04
- El Fazazi, H., Samadi, A., Qbadou, M., Mansouri, K. y Elgarej, M. (2019). A learning style identification approach in adaptive e-learning system. En: Vol. 111. *Smart Innovation*,

Systems and Technologies (pp. 82-89). https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-03577-8_10

- El-Bishouty, M. M., Chang, T. W., Kinshuk y Graf, S. (2012). A framework for analyzing course contents in learning management systems with respect to learning styles. Paper presented at the Proceedings of the 20th International Conference on Computers in Education, ICCE 2012. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39146-0_13
- Elmer, M. I. y Elmer, D. H. (2020). *The Learning Cycle: Insights for Faithful Teaching from Neuroscience and the Social Sciences*. InterVarsity Press. <http://www.worldcat.org/oclc/1125347649>
- Elouafi, L., Lotfi, S. y Talbi, M. (2021). Progress Report in Neuroscience and Education: Experiment of Four Neuropedagogical Methods. *Education Sciences*, 11(8), Article 373. <https://doi.org/10.3390/educsci11080373>
- Enoka, R. M., Amiridis, I. G. y Duchateau, J. (2020). Electrical Stimulation of Muscle: Electrophysiology and Rehabilitation. *Physiology (Bethesda)*, 35(1), 40-56. <https://doi.org/10.1152/physiol.00015.2019>
- Erkut, E. (2020). Higher Education after Covid-19. *Yuksekogretim Dergisi*, 10(2), 125-133. <https://doi.org/10.2399/yod.20.002>
- Ernst, M. y Luciana, M. (2015). Neuroimaging of the dopamine/reward system in adolescent drug use. *CNS Spectrums*, 20(4), 427-441. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26095977/>
- Fariadi, R., Abu Bakar, U., Khilmiyah, A. y Rahmanto, M. (2022). Implementation of the Prophet Muhammad's Learning Strategy and the Impact on the Psychology of Students. *International Journal of Early Childhood Special Education*, 14(1), 647-656. <https://doi.org/10.9756/int-jecse/v14i1.221077>
- Ferrero, M., Vadillo, M. A. y León, S. P. (2021). A valid evaluation of the theory of multiple intelligences is not yet possible: Problems of methodological quality for intervention studies. *Intelligence*, 88, 101566. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160289621000507>
- Fournier, V., Durand-Delvigne, A. y De Bosscher, S. (2020). Garçons et filles: interactions pédagogiques différenciées? *Enfance*, 4(4), 509-526. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7653816>
- Francis, L. J. y Dato, F. A. (2012). Inside the mosque: A study in psychological-type profiling. *Mental Health, Religion and Culture*, 15(10), 1037-1046. <https://doi.org/10.1080/13674676.2012.709723>
- Frankowski, N. (Writer). (2011). *The Dark Fields*. In V. Produced (Producer). Estados Unidos. <https://www.imdb.com/title/tt1212023/>
- Franze, K. (2020). Integrating chemistry and mechanics: the forces driving axon growth. *Annual review of cell and developmental biology*, 36, 61-83. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32603614/>

- Fuchs, E. y Flügge, G. (2014). Adult Neuroplasticity: More Than 40 Years of Research. *Neural Plasticity*, 2014, 541870. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24883212/>
- Fujita, K. y Boeckx, C. A. (2016). *Advances in Biolinguistics: The human language faculty and its biological basis*: Routledge.
- Furnham, A. (1996). The big five versus the big four: The relationship between the Myers-Briggs Type Indicator (MBTI) and NEO-PI five factor model of personality. *Personality and Individual Differences*, 21(2), 303-307. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0191886996000335>
- Furnham, A. (2009). The Validity of a New, Self-report Measure of Multiple Intelligence. *Current Psychology*, 28(4), 225-239. <https://doi.org/10.1007/s12144-009-9064-z>
- Fusar-Poli, P., Allen, P. y McGuire, P. (2008). Egas Moniz (1875–1955), the father of psychosurgery. *British Journal of Psychiatry*, 193(1), 50-50. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18700218/>
- Galvagno, L. G. G. 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>
- Gardner, H. (1999). *Inteligencias múltiples* (Vol. 46): Paidós Barcelona. <http://www.worldcat.org/oclc/1026336689>
- Gardner, H. E. (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*: Basic books. <http://www.worldcat.org/oclc/1200062267>
- Garner, I. (2000). Problems and inconsistencies with Kolb's learning styles. *Educational Psychology*, 20(3), 341-348. <https://doi.org/10.1080/713663745>
- Geake, J. (2008). Neuromythologies in education. *Educational Research*, 50(2), 123-133. <https://doi.org/10.1080/00131880802082518>
- Gelfand, T. (1999). Charcot's Brains. *Brain and Language*, 69(1), 31-55. <https://doi.org/10.1006/brln.1999.2041>
- Gibbons, C. H. (2019). Chapter 27 - Basics of autonomic nervous system function. In K. H. Levin y P. Chauvel (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 160, pp. 407-418): Elsevier. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31277865/>
- Glynn, A. (2001). *The Dark Fields*. Irlanda: Little, Brown and Company. <http://www.worldcat.org/oclc/47973304>
- Goby, V. P. (2006). Personality and online/offline choices: MBTI profiles and favored communication modes in a Singapore study. *Cyberpsychology and Behavior*, 9(1), 5-13. <https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9.5>
- Gómez-León, M. I. (2019). Psicobiología de las altas capacidades intelectuales. Una revisión actualizada. *Psiquiatría biológica*, 26(3), 105-112. <https://bit.ly/3n8faEm>
- Goswami, U. (2008). Reading, dyslexia and the brain. *Educational Research*, 50(2), 135-148. <https://doi.org/10.1080/00131880802082625>

- Goulding, J. y Syed-Khuzzan, S. (2014). A study on the validity of a four-variant diagnostic learning styles questionnaire. *Education and Training*, 56(2), 141-164. <https://doi.org/10.1108/ET-11-2012-0109>
- Graf, S. y Kinshuk. (2010). Using cognitive traits for improving the detection of learning styles. Paper presented at the Proceedings - 21st International Workshop on Database and Expert Systems Applications, DEXA 2010. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5592009>
- Graf, S., Kinshuk, Zhang, Q., Maguire, P. y Shtern, V. (2010). An architecture for dynamic student modelling of learning styles in learning systems and its application for adaptivity. Paper presented at the Proceedings of the IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age, CELDA 2010. <https://www.atlantispress.com/proceedings/icobl-19/articles>
- Graf, S., Viola, S. R. y Kinshuk. (2007). Automatic student modelling for detecting learning style preferences in learning management systems. Paper presented at the IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age, CELDA 2007.
- Graus, A. (2021). Child prodigies in Paris in the belle époque: Between child stars and psychological subjects. *History of psychology*, 24(3), 255. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/hop0000192>
- Greene, J. D., Sommerville, R. B., Nystrom, L. E., Darley, J. M. y Cohen, J. D. (2001). An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. *Science*, 293(5537), 2105-2108. <https://doi.org/10.1126/science.1062872>
- Grønbaek, K., Iversen, O. S., Kortbek, K. J., Nielsen, K. R. y Aagaard, L. (2007) Interactive floor support for kinesthetic interaction in children learning environments. En: Vol. 4663 LNCS. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) (pp. 361-375).
- Grossman, J. B. y Tierney, J. P. (1998). Does Mentoring Work?: An Impact Study of the Big Brothers Big Sisters Program. *Evaluation Review*, 22(3), 403-426. <https://doi.org/10.1177%2F0193841X9802200304>
- Guraya, S. S., Guraya, S. Y., Habib, F. A. y Khoshhal, K. I. (2014). Learning styles of medical students at taibah university: Trends and implications. *Journal of Research in Medical Sciences*, 19(12), 1155-1162. <https://doi.org/10.4103%2F1735-1995.150455>
- Guy-Evans, O. (2021, July 08). Glial cells types and functions. *Simply Psychology*. <https://www.simplypsychology.org/glial-cells.html>
- Hänggi, J., Brütsch, K., Siegel, A. M. y Jäncke, L. (2014). The architecture of the chess players brain. *Neuropsychologia*, 62, 152-162. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.07.019>
- Hagemann, D., Waldstein, S. y Thayer, J. (2003). Central and autonomic nervous system integration in emotion. *Brain and Cognition*, 52 (1), 79-87. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(03\)00011-3](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(03)00011-3)

- Harenski, C. L., Harenski, K. A. y Kiehl, K. A. (2014). Neural processing of moral violations among incarcerated adolescents with psychopathic traits. *Developmental cognitive neuroscience*, 10, 181-189. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2014.09.002>
- Harvey, R. J., Murry, W. D. y Stamoulis, D. T. (1995). Unresolved Issues in the Dimensionality of the Myers-Briggs Type Indicator. *Educational and Psychological Measurement*, 55(4), 535-544. <https://doi.org/10.1177%2F0013164495055004002>
- Hasibuan, M. S. y Nugroho, L. (2017). Detecting learning style using hybrid model. Paper presented at the 2016 IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services, IC3e 2016. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8009049>
- He, F. y Sun, Y. E. (2007). Glial cells more than support cells?. *The International Journal of Biochemistry y Cell Biology*, 39(4), 661-665. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2006.10.022>
- Heinze, K., Cumming, J., Dosanjh, A., Palin, S., Poulton, S., Bagshaw, A. P. y Broome, M. R. (2021). Neurobiological evidence of longer-term physical activity interventions on mental health outcomes and cognition in young people: A systematic review of randomised controlled trials. *Neuroscience y Biobehavioral Reviews*, 120, 431-441. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.10.014>
- Hofstein, A. y Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.10106>
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817-824. <https://www.nature.com/articles/nrn3817>
- Hussein, N. S. y Aqel, M. J. (2015). ESTJ: An Expert System for Tourism in Jordan. Paper presented at the *Procedia Computer Science*. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.032>
- lone, A. (2016). *Art and the braEn: plasticity, embodiment, and the unclosed circle*: Brill. <https://brill.com/view/title/33543>
- Isquith, P. K., Roth, R. M. y Gioia, G. A. (2014). Assessment of Executive Functioning Using Tasks of Executive Control. In S. Goldstein y J. A. Naglieri (Eds.), *Handbook of Executive Functioning* (pp. 333-357). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8106-5_19
- Jahitha Begum, A., Sathishkumar, A. y Rahman, T. H. (2021). Executive Functioning Skills, Neurocognition, and Academic Achievement of UG Students. In K. A. Thomas, J. V. Kureethara y S. Bhattacharyya (Eds.), *Neuro-Systemic Applications in Learning* (pp. 27-46). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72400-9_2
- Jak, A. J., Seelye, A. M. y Jurick, S. M. (2013). Crosswords to Computers: A Critical Review of Popular Approaches to Cognitive Enhancement. *Neuropsychology Review*, 23(1), 13-26. <https://doi.org/10.1007/s11065-013-9226-5>
- Jäkel, S. y Dimou, L. (2017). Glial Cells and Their Function in the Adult Bra En: A Journey through the History of Their Ablation. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 11. <https://doi.org/10.3389/fncel.2017.00024>

- James, W. (1907). The Energies of Men. *Science*, 25(635), 321-332. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.25.635.321>
- Jayasankara Reddy, K., Haritsa, S. V. y Rafiq, A. (2021). Importance of Brain-Based Learning in Effective Teaching Process. In K. A. Thomas, J. V. Kureethara y S. Bhattacharyya (Eds.), *Neuro-Systemic Applications in Learning* (pp. 283-294). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72400-9_14
- Jilg, A., Lesny, S., Peruzki, N., Schwegler, H., Selbach, O., Dehghani, F. y Stehle, J. H. (2010). Temporal dynamics of mouse hippocampal clock gene expression support memory processing. *Hippocampus*, 20(3), 377-388. <https://doi.org/10.1002/hipo.20637>
- Jiménez, Y., Vivanco, O., Castillo, D., Torres, P. y Jiménez, M. (2021). Artificial Intelligence in Neuroeducation: The Influence of Emotions in the Learning Science. *Innovation and Research, Cham*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60467-7_6
- Joldersma, C. W. (2018). Philosophical Questions and Opportunities at the Intersection of Neuroscience, Education, and Research. In P. Smeyers (Ed.), *International Handbook of Philosophy of Education* (pp. 1261-1278). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72761-5_87
- Karamikabir, N. (2012). Gardner's multiple intelligence and mathematics education. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 31, 778-781 <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.140>
- Klingberg, T. (2013). *The learning brain: Memory and brain development in children*. Oxford: Oxford University Press. <http://www.worldcat.org/oclc/781680678>
- Kelley, N. J., Finley, A. J. y Schmeichel, B. J. (2019). Correction to: After-effects of self-control: The reward responsivity hypothesis. *Cognitive, Affective y Behavioral Neuroscience*, 19(4), 1095-1095. <https://doi.org/10.3758/s13415-019-00706-2>
- Khuzzan, S. M. S., Alshawi, M. y Goulding, J. (2009). Learning styles inventory: A diagnostic questionnaire for construction. Paper presented at the Proceedings - International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE 2009.
- Kierdorf, K., Prinz, M., Geissmann, F. y Gomez Perdiguero, E. (2015). Development and function of tissue resident macrophages in mice. *Seminars in immunology*, 27(6), 369-378. <https://doi.org/10.1016/j.smim.2016.03.017>
- Kirkgöz, Y. (2010). Catering for multiple intelligences in locally-published ELT textbooks in Turkey. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 3, 127-130. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.07.023>
- Kirschner, P. A. (2017). Stop propagating the learning styles myth. *Computers y Education*, 106, 166-171. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.006>
- Kleiser, R. (Writer). (1986). *Flight of the Navigator*. Viking Film: Estados Unidos. <https://www.imdb.com/title/tt0091059/>
- Klinzing, J. G. y Diekelmann, S. (2019). Chapter 31 - Cued Memory Reactivation: A Tool to Manipulate Memory Consolidation During Sleep. En: H. C. Dringenberg (Ed.), *Handbook*

- of Behavioral Neuroscience (Vol. 30, pp. 471-488): Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813743-7.00031-1>
- Koike, T., Sumiya, M., Nakagawa, E., Okazaki, S. y Sadato, N. (2019). What makes eye contact special? Neural substrates of on-line mutual eye-gaze: a hyperscanning fMRI study. *Eneuro*, 6(1). <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0284-18.2019>
- Kolb, D. (1984). *Experiential learning experiences as the source of learning development*. Nueva York: Prentice Hall. <http://www.worldcat.org/oclc/48613307>
- Kraus, C., Castrén, E., Kasper, S. y Lanzenberger, R. (2017). Serotonin and neuroplasticity – Links between molecular, functional and structural pathophysiology in depression. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 77, 317-326. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.03.007>
- Kumari, P., Srinivasan, B. y Banerjee, S. (2017). Modulation of hippocampal synapse maturation by activity-regulated E3 ligase via non-canonical pathway. *Neuroscience*, 364, 226-241. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.08.057>
- Kühn, S., Gleich, T., Lorenz, R. C., Lindenberger, U. y Gallinat, J. (2014). Playing Super Mario induces structural brain plasticity: gray matter changes resulting from training with a commercial video game. *Molecular psychiatry*, 19(2), 265-271. https://www.nature.com/articles/mp2013120?TB_iframe=true&width=288&height=432
- Kupers, R. y Ptito, M. (2014). Compensatory plasticity and cross-modal reorganization following early visual deprivation. *Neuroscience y Biobehavioral Reviews*, 41, 36-52. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.08.001>
- Kvernbekk, T. (2015). *Evidence-based practice in education: Functions of evidence and causal presuppositions*: Routledge. <http://www.worldcat.org/oclc/1064926188>
- Lai, H. Y., Lee, C. Y., Chiu, A. y Lee, S. T. (2014). The preferred learning styles of neurosurgeons, neurosurgery residents, and neurology residents: Implications in the neurosurgical field. *World Neurosurgery*, 82(3), 298-303. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2014.04.067>
- Langeloo, A., Mascareño Lara, M., Deunk, M. I., Klitzing, N. F. y Strijbos, J.-W. (2019). A systematic review of teacher-child interactions with multilingual young children. *Review of Educational Research*, 89(4), 536-568. <https://doi.org/10.3102%2F0034654319855619>
- Lashley, K. S. (1929). *Brain mechanisms and intelligence: A quantitative study of injuries to the brain*. Chicago, IL, US: University of Chicago Press. <http://www.worldcat.org/oclc/837934752>
- Laws, J. y Edward, R (1999). Neurosurgery's man of the century: Harvey Cushing - The man and his legacy. *Neurosurgery*, 45 (5), 977 - 982. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10549917/>
- Lazzouni, L. y Lepore, F. (2014). Compensatory plasticity: time matters. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 340. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00340>
- Leikin, R. (2018). How Can Cognitive Neuroscience Contribute to Mathematics Education? Bridging the Two Research Areas. En: G. Kaiser, H. Forgasz, M. Graven, A. Kuzniak, E.

- Simmt y B. Xu, Invited Lectures from the 13th International Congress on Mathematical Education Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-72170-5_21
- León, A. (2007). Qué es la educación. *Educere*, 11, 595-604. <https://www.redalyc.org/pdf/356/35603903.pdf>
- Li, N., Li, Y., Li, L.-J., Zhu, K., Zheng, Y. y Wang, X. (2019). Glutamate receptor delocalization in postsynaptic membrane and reduced hippocampal synaptic plasticity in the early stage of Alzheimer's disease. *Neural regeneration research*, 14(6), 1037-1045. <https://doi.org/10.4103/1673-5374.250625>
- Li, P. y Grant, A. (2016). Second language learning success revealed by brain networks. *Bilingualism: Language and Cognition*, 19(4), 657-664. <https://doi.org/10.1017/S1366728915000280>
- Lilienfeld, S. O., Lynn, S. J., Ruscio, J. y Beyerstein, B. L. (2011). 50 great myths of popular psychology: Shattering widespread misconceptions about human behavior: John Wiley y Sons. <http://www.worldcat.org/oclc/906177278>
- Lillard, A. S. y Erisir, A. (2011). Old dogs learning new tricks: Neuroplasticity beyond the juvenile period. *Developmental Review*, 31(4), 207-239. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2011.07.008>
- Liu, P., Chen, B., Mailler, R. y Wang, Z. W. (2017). Antidromic-rectifying gap junctions amplify chemical transmission at functionally mixed electrical-chemical synapses. *Nature Communications*, 8. <https://www.nature.com/articles/ncomms14818>
- Loewenstein, G., Rick, S. y Cohen, J. D. (2007). Neuroeconomics. *Annual Review of Psychology*, 59(1), 647-672. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093710>
- Korte, M. y Goldmann, W. (2011). *Wie Kinder heute lernen – was die Wissenschaft über das kindliche Gehirn weiß.* Goldmann-Taschenbuch. <http://www.worldcat.org/oclc/958186536>
- Luria, A. R. (1980). The Problem of Localization of Functions in the Cerebral Cortex. En: A. R. Luria (Ed.), *Higher Cortical Functions in Man* (pp. 3-36). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-8579-4_1
- Macdonald, K., Germine, L., Anderson, A., Christodoulou, J. y McGrath, L. M. (2017). Dispelling the Myth: Training in Education or Neuroscience Decreases but Does Not Eliminate Beliefs in Neuromyths. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01314>
- Maguire, E. A., Spiers, H. J., Good, C. D., Hartley, T., Frackowiak, R. S. y Burgess, N. (2003). Navigation expertise and the human hippocampus: a structural brain imaging analysis. *Hippocampus*, 13(2), 250-259. <https://doi.org/10.1002/hipo.10087>
- Martino, G., Pluchino, S., Bonfanti, L. y Schwartz, M. (2011). Brain regeneration in physiology and pathology: the immune signature driving therapeutic plasticity of neural stem cells. *Physiol Rev*, 91(4), 1281-1304. <https://doi.org/10.1152/physrev.00032.2010>
- Masterton, R. B. (2019). *Evolution, brain and behavior: Persistent problems.* Routledge. <http://www.worldcat.org/oclc/1082136363>

- Mavrelou, M. y Daradoumis, T. (2020). Exploring Multiple Intelligence Theory Prospects as a Vehicle for Discovering the Relationship of Neuroeducation with Imaginative/Waldorf Pedagogy: A Systematic Literature Review. *Education Sciences*, 10(11), Article 334. <https://doi.org/10.3390/educsci10110334>
- Mehrbod, P., Ande, S., Shahrzad-Rahimizadeh, J., Shariati, A., Malek, H., Hashemi, M., Glover, K. Sher, A., Coombs, K. y Ghavami, S. (2019) The roles of apoptosis, autophagy and unfolded protein response in arbovirus, influenza virus, and HIV infections. *Virulence*, 10 (1), 376-413. <https://doi.org/10.1080/21505594.2019.1605803>
- McCaulley, M. H. (2000). Myers-Briggs Type Indicator: A Bridge Between Counseling and Consulting. *Consulting Psychology Journal*, 52(2), 117-132. <https://psycnet.apa.org/record/2000-02099-002>
- McCaulley, M. H. y Martin, C. R. (1995). Career Assessment and the Myers-Briggs Type Indicator. *Journal of Career Assessment*, 3(2), 219-239. <https://doi.org/10.1177%2F106907279500300208>
- McFarland, W. J. (1969). Are girls really smarter?. *The Elementary School Journal*, 70(1), 14-19. <https://bit.ly/3tSGkmp>
- Medina-Ibarra, A. (2018). Estilos de aprendizaje para el estudio. Universidad Autónoma de Aguascalientes. <https://www.uaa.mx/portal/wp-content/uploads/2018/02/26-1.pdf>
- Melvin, L. (2011). How to keep good teachers and principals: practical solutions to today's classroom problems: RyL Education. <http://www.worldcat.org/oclc/734072785>
- Mischel, W. y Moore, B. (1980). The role of ideation in voluntary delay for symbolically presented rewards. *Cognitive Therapy and Research*, 4(2), 211-221. <https://doi.org/10.1007/BF01173652>
- Mittal, L. N. (2021). Effective Learning: A Neurological/Mental Process. In K. A. Thomas, J. V. Kureethara y S. Bhattacharyya (Eds.), *Neuro-Systemic Applications in Learning* (pp. 137-162). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72400-9_7
- Mole, J. P., Subramanian, L., Bracht, T., Morris, H., Metzler-Baddeley, C. y Linden, D. E. J. (2016). Increased fractional anisotropy in the motor tracts of Parkinson's disease suggests compensatory neuroplasticity or selective neurodegeneration. *European Radiology*, 26(10), 3327-3335. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-4178-1>
- Monteiro-Junior, R. S., Vagheti, C. A. O., Nascimento, O. J. M., Laks, J. y Deslandes, A. C. (2016). Exergames: neuroplastic hypothesis about cognitive improvement and biological effects on physical function of institutionalized older persons. *Neural regeneration research*, 11(2), 201-204. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4810966/>
- Morandín-Ahuerma, F. (2017). Racionalidad práctica: Phronesis y sindéresis para una teoría de la decisión moral [Practical rationality: phronesis and sinderesis for a theory of moral decision]. *Stoa*, 8(16), 63-75. <http://stoa.uv.mx/index.php/Stoa/issue/view/256>
- Morandín-Ahuerma, F. (2021). Neuroética fundamental y teoría de las decisiones. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla. <https://bit.ly/3HO0R1u>

- Mowat, J. G. (2011). The development of intrapersonal intelligence in pupils experiencing social, emotional and behavioral difficulties. *Educational Psychology in Practice*, 27(3), 227-253. <https://doi.org/10.1080/02667363.2011.603531>
- Mundale, J. (1998). Brain mapping. In W. Bechtel y G. Graham (Eds.), *A Companion to Cognitive Science*. Malden, MA: Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781405164535.ch4>
- Munir, N., Ahmad, N., Hussain, S. y Ghani, U. (2018). Relationship of learning styles and academic performance of secondary school students. *Rawal Medical Journal*, 43(3), 421-424. <https://www.bibliomed.org/?mno=262701>
- Munkhdalai, T., Yuan, X., Mehri, S. y Trischler, A. (2018). Rapid Adaptation with Conditionally Shifted Neurons. Paper presented at the Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learning, *Proceedings of Machine Learning Research*. <https://proceedings.mlr.press/v80/munkhdalai18a.html>
- Münste, T., Altenmüller, E. y Jäncke, L. (2002). The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature reviews. Neuroscience.*, 3(6), 473-478. <https://www.nature.com/articles/nrn843>
- Muxfeldt, A., Kluth, J. H. y Kubus, D. (2014) Kinesthetic teaching in assembly operations – a user study. En: Vol. 8810. *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 533-544). https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-11900-7_45
- Nabavi, A., McL. Black, P., Gering, D. T., Westin, C. F., Mehta, V., Pergolizzi Jr, R. S.,... Jolesz, F. A. (2001). Serial intraoperative magnetic resonance imaging of brain shift. *Neurosurgery*, 48(4), 787-798. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11322439/>
- Narli, S., Özgen, K. y Alkan, H. (2011). In the context of multiple intelligences theory, intelligent data analysis of learning styles was based on rough set theory. *Learning and Individual Differences*, 21(5), 613-618. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1041608011000896>
- Neta, M., Kelley, W. M. y Whalen, P. J. (2013). Neural responses to ambiguity involve domain-general and domain-specific emotion processing systems. *J Cogn Neurosci*, 25(4), 547-557. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00363
- Newton, P. M. (2015). The Learning Styles Myth is Thriving in Higher Education. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2015.01908/full>
- Nicolete, P. C., Herpich, F., de Oliveira, E. T., Tarouco, L. M. R. y da Silva, J. B. (2021, Apr 21-23). Analysis of student motivation in the use of a Physics Augmented Remote Lab during the Covid-19 pandemic. *IEEE Global Engineering Education Conference. IEEE Global Engineering Education Conference: Viena, Austria*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9454104>
- Nowak, A., Vallacher, R. R., Zochowski, M. y Rychwalska, A. (2017). Functional Synchronization: The Emergence of Coordinated Activity in Human Systems. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.00945/full>
- Nowbakht, M. y Fazilatfar, A. M. (2019). The effects of working memory, intelligence and personality on English Learners' speaking ability. *Journal of Asia TEFL*, 16(3), 817-832. <http://dx.doi.org/10.18823/asiatefl.2019.16.3.4.817>

- O'Connor, J. A. y Lages, A. (2019). *Coaching the brain: practical applications of neuroscience to coaching* (1 Edition. ed.). London; New York: Routledge. <http://www.worldcat.org/oclc/1198286776>
- OCDE. (2018). *Understanding the Brain: the Birth of a Learning Science*. OECD/CERI. <https://www.oecd-ilibrary.org/search?option1=allFields&value1=9789264029125>
- Ortega-Esquembre, C. (2019). Moral Neuroeducation, Ethics of Justice and Pluralism. En: P. Calvo y J. Gracia-Calandín (Eds.), *Moral Neuroeducation for a Democratic and Pluralistic Society* (pp. 45-58). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22562-9_4
- Ortíz, A. (2015). *Neuroeducación. ¿Cómo aprende el cerebro humano y cómo deberían enseñar los docentes?*. Bogotá: Ediciones de la U. <http://www.worldcat.org/oclc/953442505>
- Ortiz, M. (2009). Competencia matemática en niños en edad preescolar. *Psicogente*, 12(22). <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/psicogente/article/view/1173>
- Panakakis, S., Tsivoula, S. y Doukakis, S. (2021). An Application for Exploring Visual Perception: A Pilot Neuroeducational Study. En: P. Vlamos, *GeNeDis 2020*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78775-2_27
- Parra-Luzuriaga, K., Robles-Bykbaev, Y., Robles-Bykbaev, V. y León-Goméz, P. (2021). An Interactive Guide Based on Learning Objects to Train Teachers on the Detection and Support of Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. En: S. Nazir, T. Z. Ahram y W. Karwowski, *Advances in Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences*. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-80000-0_10
- Peake, P. K. (2017). Delay of Gratification: Explorations of How and Why Children Wait and Its Linkages to Outcomes Over the Life Course. En: J. R. Stevens (Ed.), *Impulsivity: How Time and Risk Influence Decision Making* (pp. 7-60). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51721-6_2
- Peng, Y. T., Chen, P., Ouyang, R. Y. y Song, L. (2015). Multifaceted role of prohibition in cell survival and apoptosis. *Apoptosis: an international journal on programmed cell death*, 20(9), 1135-1149. <https://doi.org/10.1007/s10495-015-1143-z>
- Pereda, A. E. (2014). Electrical synapses and their functional interactions with chemical synapses. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(4), 250-263. <https://doi.org/10.1038/nrn3708>
- Platón. (2007). *Obras completas*. Aguilar. <http://www.worldcat.org/oclc/630320814>
- Merchan, V. (2018). Capítulo VI: Neurodidáctica una revisión conceptual. En: Riaño Garzón, M. E., Torrado Rodríguez, J. L., Díaz Camargo, É. A., Vargas Martínez, D. E., Jiménez Jiménez, W. A., Durán Rodríguez, J. M.,... y Espinosa Castro, J. F. *Innovación psicológica: salud, educación y cultura*. <https://bit.ly/3OwMHUs>
- Prosperini, L. y Di Filippo, M. (2019). Beyond clinical changes: Rehabilitation-induced neuroplasticity in MS. *Multiple Sclerosis Journal*, 25(10), 1348-1362. <https://doi.org/10.1177/1352458519846096>

- Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D., Katz, L., LaMantia, A., McNamara, J. y Williams, S. (2001). Neuroglial cells. *Neuroscience*. Sunderland (MA): Sinauer Associates. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10799/>
- Quiñones-Hinojosa, A., Chaichana, K. y Mahato, D. (2020). *Brain mapping : indications and techniques*. New York: Thieme.
- Raisman, G. (1969). Neuronal plasticity in the septal nuclei of the adult rat. *Brain Research*, 14(1), 25-48. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(69\)90029-8](https://doi.org/10.1016/0006-8993(69)90029-8)
- Reiser, M., Büsch, D. y Munzert, J. (2011). Strength Gains by Motor Imagery with Different Ratios of Physical to Mental Practice. *Frontiers in Psychology*, 2. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00194>
- Reyes-Haro, D., Bulavina, L. y Pivneva, T. (2014). La glía, el pegamento de las ideas. *Revista Ciencia AMC*, (4), 12-18. http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/online/Red_Glia.pdf
- Rhee, K.-A., Kim, J.-K., Lee, B.-J., Kim, S. y Lee, Y.-I. (2013). Analysis of effects of activities while traveling on travelers' sentiment. *Transportation research record*, 2383(1), 27-34. <https://doi.org/10.3141/2383-04>
- Ribeiro, A. J., Yang, X., Patel, V., Madabushi, R. y Strauss, D. G. (2019). Liver microphysiological systems for predicting and evaluating drug effects. *Clinical Pharmacology y Therapeutics*, 106(1), 139-147. <https://doi.org/10.1002/cpt.1458>
- Richart, A. (2019). Moral Neuroeducation from a Phylogenetic, Ontogenetic and Functional Perspective. En: P. Calvo y J. Gracia-Calandín (Eds.), *Moral Neuroeducation for a Democratic and Pluralistic Society* (pp. 35-43). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22562-9_3
- Roberts, M. (2010). Encounters with existential intelligence: Possibilities for today's effective educator. *International Journal of Interdisciplinary Social Sciences*, 5(7), 241-253. <https://doi.org/10.18848/1833-1882/CGP/v05i07/51794>
- Rodgers, D. L. y Hales, R. L. (2021). Brain-Based Learning. En: L. C. Johnston y L. Su (Eds.), *Comprehensive Healthcare Simulation: ECMO Simulation: A Theoretical and Practical Guide* (pp. 43-50). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53844-6_5
- Rodrigues, A. C., Loureiro, M. A. y Caramelli, P. (2010). Musical training, neuroplasticity and cognition. *Dementia y neuropsychologia*, 4(4), 277-286. <https://doi.org/10.1590/s1980-57642010dn40400005>
- Rodríguez, J. C., Burgos, H. S. y Muñoz, E. F. (2018). Tipos psicológicos y estilos de aprendizaje de estudiantes de una facultad de ciencias económicas y administrativas en Chile. *Revista Academia y Negocios*, 4(1), 65-80. <https://www.redalyc.org/journal/5608/560863073006/html/>
- Rohrer, D. y Pashler, H. (2012). Learning styles: where's the evidence? *Med Educ*, 46(7), 634-635. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2012.04273.x>

- Rojas, G. y Galván, L. (2020). Arteterapia: una experiencia de implementación remedial voluntaria en universitarios. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(21). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.687>
- Romau-Sanjurjo, D., Ledo-García, R., Fernández-López, B., Hanslik, K., Morgan, J. R., Barreiro-Iglesias, A. y Rodicio, M. C. (2018). GABA promotes survival and axonal regeneration in identifiable descending neurons after spinal cord injury in larval lampreys. *Cell death and disease*, 9(6), 1-15. <https://www.nature.com/articles/s41419-018-0704-9>
- Ruscello, D. M. y Vallino, L. D. (2020). The use of nonspeech oral motor exercises in the treatment of children with cleft palate: A re-examination of available evidence. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 29(4), 1811-1820. https://doi.org/10.1044/2020_ajslp-20-00087
- Sadato, N., Pascual-Leone, A., Grafman, J., Ibañez, V., Deiber, M.-P., Dold, G. y Hallett, M. (1996). Activation of the primary visual cortex by Braille reading in blind subjects. *Nature*, 380(6574), 526-528. <https://doi.org/10.1038/380526a0>
- Sadiku, M., Ashaolu, T. J. y Musa, S. (2020). Naturalistic Intelligence. *IJSCIA*, 1(1), 111-114. <http://dx.doi.org/10.51542/ijscia.v1i1.1>
- Saggino, A., Cooper, C. y Kline, P. (2001). A confirmatory factor analysis of the Myers-Briggs Type Indicator. *Personality and Individual Differences*, 30(1), 3-9. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(00\)00004-0](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(00)00004-0)
- Saika, F., Kiguchi, N., Wakida, N., Kobayashi, D., Fukazawa, Y., Matsuzaki, S. y Kishioka, S. (2018). Upregulation of CCL7 and CCL2. Reward system mediated through dopamine D1 receptor signaling underlies methamphetamine-induced place preference in mice. *Neuroscience Letters*, 665, 33-37. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.11.042>
- Salles, A., Bjaalie, J. G., Evers, K., Farisco, M., Fothergill, B. T., Guerrero, M.,... Amunts, K. (2019). The Human Brain Project: Responsible Brain Research for the Benefit of Society. *Neuron*, 101(3), 380-384. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.01.005>
- Sasse, S., Neuert, H. y Klämbt, C. (2015). Differentiation of Drosophila glial cells. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Developmental Biology*, 4(6), 623-636. <https://doi.org/10.1002/wdev.198>
- Satralkar, M., Cherian, J. y Thomas, K. A. (2021). Applications of Neuroscience in Education Practices: A Research Review in Cognitive Neuroscience. En: K. A. Thomas, J. V. Kureethara y S. Bhattacharyya (Eds.), *Neuro-Systemic Applications in Learning* (pp. 117-135). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72400-9_6
- Schmidt, K. E., Goebel, R., Löwel, S. y Singer, W. (1997). The perceptual grouping criterion of colinearity is reflected by anisotropies of connections in the primary visual cortex. *European Journal of Neuroscience*, 9(5), 1083-1089. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.1997.tb01459.x>
- Segura, M. Á. V. (2013). Miguel Ángel. El pintor de la Sixtina: Ediciones Rialp. <http://www.worldcat.org/oclc/846472672>

- Semprún de Villasmil, B. I., Ferrer Villasmil, K. J., Campos García, G. A., Urdaneta Bracho, J. S. y Ortiz Dueñas, X. F. (2020). Satisfacción estudiantil en un curso de Bioquímica: una evaluación luego de aplicar estrategias neurodidácticas. *Revista San Gregorio*, (38), 1-14. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rsan/n38/2528-7907-rsan-38-00001.pdf>
- Semrau, J. A., Wang, J. C., Herter, T. M., Scott, S. H. y Dukelow, S. P. (2015). Relationship between visuospatial neglect and kinesthetic deficits after stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 29(4), 318-328. <https://doi.org/10.1177/1545968314545173>
- Serin, N. B., Serin, O., Yavuz, M. A. y Muhammedzade, B. (2009). The relationship between the primary teachers' teaching strategies and their strengths in multiple intelligences (Their multiple intelligence types) (Sampling: Izmir and Lefkosa). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 708-712. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.124>
- Shearer, C. B. (2020). Multiple Intelligences in Gifted and Talented Education: Lessons Learned From Neuroscience After 35 Years. *Roeper Review*, 42(1), 49-63. <https://doi.org/10.1080/02783193.2019.1690079>
- Shinoda, M., Fukuoka, T., Takeda, M., Iwata, K. y Noguchi, K. (2019). Spinal glial cell line-derived neurotrophic factor infusion reverses reduction of Kv4.1-mediated A-type potassium currents of injured myelinated primary afferent neurons in a neuropathic pain model. *Molecular Pain*, 15. <https://doi.org/10.1177/1744806919841196>
- Shokri-Kojori, E., Wang, G.-J., Wiers, C. E., Demiral, S. B., Guo, M., Kim, S. W.,.... Volkow, N. D. (2018). β -Amyloid accumulation in the human brain after one night of sleep deprivation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(17), 4483-4488. <https://doi.org/10.1073/pnas.1721694115>
- Shukr, I., Zainab, R. y Rana, M. H. (2013). Learning styles of postgraduate and undergraduate medical students. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, 23(1), 25-30. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23286619/>
- Shyman, E. (2017). Please Wait, Processing: A Selective Literature Review of the Neurological Understanding of Emotional Processing in ASD and Its Potential Contribution to Neuroeducation. *Brain Sciences*, 7(11), Article 153. <https://doi.org/10.3390/brainsci7110153>
- Şimşek, Ö., Atman, N., Inceoğlu, M. M. y Arikan, Y. D. (2010) Diagnosis of learning styles based on active/reflective dimension of felder and Silverman's Learning Style Model in a learning management system. En: Vol. 6017 LNCS. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (pp. 544-555). http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-12165-4_43
- Sjøberg, S. (2015). PISA and Global Educational Governance – A Critique of the Project, its Uses and Implications. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(1), 111-127. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1310a>
- Skočajić, M. M., Radosavljević, J. G., Okičić, M. G., Janković, I. O. y Žeželj, I. L. (2020). Boys Just Don't! Gender Stereotyping and Sanctioning of Counter-Stereotypical Behavior in Preschoolers. *Sex Roles*, 82(3), 163-172. <https://doi.org/10.1007/s11199-019-01051-x>

- Slimani, M., Tod, D., Chaabene, H., Miarka, B. y Chamari, K. (2016). Effects of Mental Imagery on Muscular Strength in Healthy and Patient Participants: A Systematic Review. *Journal of sports science y medicine*, 15(3), 434-450. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4974856/>
- Sneddon, A. (2008). The depths and shallows of psychological externalism. *Philosophical Studies*, 138(3), 393-408. <https://doi.org/10.1007/s11098-006-9058-8>
- Sousouri, G. y Huber, R. (2019). Chapter 28 - Sleep and Plasticity. En: H. C. Dringenberg (Ed.), *Handbook of Behavioral Neuroscience* (Vol. 30, pp. 425-442): Elsevier.
- Spellman, W. M. (1997). Education into Humanity. In John Locke (pp. 79-97). Macmillan Education UK. https://doi.org/10.1007/978-1-349-25392-0_5
- Spergel, D. J. (2019). Modulation of gonadotropin-releasing hormone neuron activity and secretion in mice by non-peptide neurotransmitters, gasotransmitters, and gliotransmitters. *Frontiers in Endocrinology*, 10, 329. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2019.00329/full>
- Stein, M., Winkler, C., Kaiser, A. y Dierks, T. (2014). Structural brain changes related to bilingualism: does immersion make a difference? *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01116>
- Stein, R. y Swan, A. B. (2019). Evaluating the validity of Myers-Briggs Type Indicator theory: A teaching tool and window into intuitive psychology. *Social and Personality Psychology Compass*, 13(2). <https://doi.org/10.1111/spc3.12434>
- Stegemöller, E. (2014). Exploring a Neuroplasticity Model of Music Therapy. *Journal of Music Therapy*, 51(3), 211–227. <https://doi.org/10.1093/jmt/thu023>
- Sternberg, R. J. (2020). *The Cambridge handbook of intelligence*. Cambridge University Press. <http://www.worldcat.org/oclc/1100424907>
- Sternberg, R. J. (2021). Toward a theory of musical intelligence. *Psychology of Music*, 49(6), 1775-1785. <https://doi.org/10.1177/0305735620963765>
- Strauss, V. (2020). It's good to expose myths about neuroscience – but the debunking is getting out of hand, a world-famous psychologist says. *The Washington Post*. <https://wapo.st/3yjYW1>
- Sulaiman, T., Abdurahman, A. R. y Rahim, S. S. A. (2010). Teaching strategies based on multiple intelligences theory among science and mathematics secondary school teachers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.070>
- Sung, H. Y., Hwang, G. J., Hung, C. M. y Huang, I. W. (2012). Effect of learning styles on students' motivation and learning achievement in digital game-based learning. Paper presented at the Proceedings of the 2012 IIAI International Conference on Advanced Applied Informatics, IIAIAI 2012. <http://dx.doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2012.59>
- Tan, S.Y. y Yip, A. (2022). António Egas Moniz (1874-1955): Lobotomy pioneer and Nobel laureate. *Singapore medical journal*, (55)4, 175-176. <http://dx.doi.org/10.11622/smedj.2014048>

- Terada, Y. (2018). Multiple Intelligences Theory: Widely Used, Yet Misunderstood. George Lucas Educational Foundation. <https://www.edutopia.org/article/multiple-intelligences-theory-widely-used-yet-misunderstood>
- Thatcher, R. W. y John, E. R. (2021). Foundations of cognitive processes: Routledge. <http://www.worldcat.org/oclc/1227383471>
- Theodoridou, Z. D. y Triarhou, L. C. (2009). Fin-de-Siecle Advances in Neuroeducation: Henry Herbert Donaldson and Reuben Post Halleck. *Mind Brain and Education*, 3(2), 119-129. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2009.01062.x>
- Thorne, B. M., Fyfe, J. H. y Carskadon, T. G. (1987). The Myers-Briggs Type Indicator and Coronary Heart Disease. *Journal of Personality Assessment*, 51(4), 545-554. https://doi.org/10.1207/s15327752jpa5104_6
- Tobacyk, J. J., Livingston, M. M. y Robbins, J. E. (2008). Relationships between Myers-Briggs type indicator measure of psychological type and NEO measure of big five personality factors in Polish university students: A preliminary cross-cultural comparison. *Psychological Reports*, 103(2), 588-590. <https://doi.org/10.2466%2Fpr0.103.2.588-590>
- Toda, T., Parylak, S. L., Linker, S. B. y Gage, F. H. (2019). The role of adult hippocampal neurogenesis in brain health and disease. *Molecular psychiatry*, 24(1), 67-87. <https://doi.org/10.1038/s41380-018-0036-2>
- Touche, R. L., Grande-Alonso, M., Cuenca-Martínez, F., González-Ferrero, L., Suso-Martí, L. y Paris-Aleman, A. (2019). Diminished kinesthetic and visual motor imagery ability in adults with chronic low back pain. *PM and R*, 11(3), 227-235. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.05.025>
- Treve, M. (2021). What COVID-19 has introduced into education: challenges Facing Higher Education Institutions (HEIs). *Higher Education Pedagogies*, 6(1), 212-227. <https://doi.org/10.1080/23752696.2021.1951616>
- Tse, K. H., Chow, K. B. S., Leung, W. K., Wong, Y. H. y Wise, H. (2014). Primary sensory neurons regulate Toll-like receptor-4-dependent activity of glial cells in dorsal root ganglia. *Neuroscience*, 279, 10-22. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.08.033>
- Uddin, L. Q., Supekar, K. S., Ryali, S. y Menon, V. (2011). Dynamic Reconfiguration of Structural and Functional Connectivity Across Core Neurocognitive Brain Networks with Development. *The Journal of Neuroscience*, 31(50), 18578-18589. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.4465-11.2011>
- Valtonen, J., Ahn, W. K. y Cimpian, A. (2021). Neurodualism: People Assume that the Brain Affects the Mind more than the Mind Affects the Brain. *Cognitive Science*, 45(9), Article e13034. <https://doi.org/10.1111/cogs.13034>
- Van der Ploeg, P. (2016). Multiple Intelligences and pseudo-science. [Draft]. https://www.academia.edu/24174224/Multiple_Intelligences_and_pseudo_science
- Van Mier, H. I., Schleepen, T. M. J. y Van den Berg, F. C. G. (2019). Gender Differences Regarding the Impact of Math Anxiety on Arithmetic Performance in Second and Fourth Graders. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02690>

- Van Ooyen, A. y Butz-Ostendorf, M. (2017). *The rewiring brain: a computational approach to structural plasticity in the adult brain*. London; San Diego, CA: Elsevier, Academic Press. <http://www.worldcat.org/oclc/1011616945>
- Vermeren, P. (2013). The unwanted popularity of typologies. *Gedrag en Organisatie*, 26(4), 405-430. <https://psycnet.apa.org/doi/10.5553/GenO/092150772013026004003>
- Vetter, P., Bola, L., Reich, L., Bennett, M., Muckli, L. y Amedi, A. (2021). Decoding sounds in early “visual” cortex of the congenitally blind. *Journal of Vision*, 21(9), 2584-2584. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.05.071>
- Viganò, C. y Magnotti, R. (2021). Visual Art Therapy in Psychiatry Rehabilitation. In *Arts Therapies in Psychiatric Rehabilitation* (pp. 3-19). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76208-7_1
- Vitale, E. y Adam, S. (2022). Neurobiology of Loneliness, Isolation, and Loss: Integrating Human and Animal Perspectives. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 16. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnbeh.2022.846315>
- Volkow, N. D., Michaelides, M. y Baler, R. (2019). The Neuroscience of Drug Reward and Addiction. *Physiol Rev*, 99(4), 2115-2140. <https://doi.org/10.1152/physrev.00014.2018>
- Voss, P., Thomas, M. E., Cisneros-Franco, J. M. y de Villers-Sidani, É. (2017). Dynamic Brains and the Changing Rules of Neuroplasticity: Implications for Learning and Recovery. *Frontiers in Psychology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01657>
- Verdugo, R., & Lorca, E. (2017). Neurofisiología de la empatía: una revisión de investigaciones. *Revista de Psiquiatría Clínica*, 55(1-2), 39-49. <https://revistas.uchile.cl/index.php/RPSC/article/view/65193>
- Voyer, D. y Voyer, S. D. (2014). Gender differences in scholastic achievement: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 140(4), 1174-1204. <https://doi.org/10.1037/a0036620>
- Wang, G., Grone, B., Colas, D., Appelbaum, L. y Mourrain, P. (2011). Synaptic plasticity in sleep: learning, homeostasis and disease. *Trends in Neurosciences*, 34(9), 452-463. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2011.07.005>
- Wang, J., Ni, Z., Jin, A., Yu, T. y Yu, H. (2019). Ocular Dominance Plasticity of Areas 17 and 21a in the Cat. *Frontiers in Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.01039>
- Watson, R. R. (2017). *Physical activity and the aging brain: effects of exercise on neurological function*. London, United Kingdom; San Diego, CA: Academic Press, an imprint of Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/book/9780128050941/physical-activity-and-the-aging-brain>
- Wei, H., Li, L., Jin, J., Wu, F., Yu, P., Ma, F. y Mao, L. (2020). Galvanic redox potentiometry based microelectrode array for synchronous ascorbate and single-unit recordings in rat brain. *Analytical Chemistry*, 92(14), 10177-10182. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.0c02225>

- Wenderoth, N. (2018). Motor Learning Triggers Neuroplastic Processes While Awake and During Sleep. *Exerc Sport Sci Rev*, 46(3), 152-159. <https://doi.org/10.1249/jes.0000000000000154>
- Weyandt, L. L., Willis, W. G., Swentosky, A., Wilson, K., Janusis, G. M., Chung, H. J.,... Marshall, S. (2014). A Review of the Use of Executive Function Tasks in Externalizing and Internalizing Disorders. En: S. Goldstein y J. A. Naglieri (Eds.), *Handbook of Executive Functioning* (pp. 69-87). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8106-5_5
- Wise, R. A. y Robble, M. A. (2020). Dopamine and Addiction. *Annual Review of Psychology*, 71(1), 79-106. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-psych-010418-103337>
- Woon, J. T. K., Perumal, V., Maigne, J. Y. y Stringer, M. D. (2013). CT morphology and morphometry of the normal adult coccyx. *European Spine Journal*, 22(4), 863-870. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2595-2>
- Yasuda, M., Nagappan-Chettiar, S., Johnson-Venkatesh, E. M. y Umemori, H. (2021). An activity-dependent determinant of synapse elimination in the mammalian brain. *Neuron*, 109(8), 1333-1349.e1336. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2021.03.006>
- Yin, F., Zhu, Y., Wang, Y. y Qin, J. (2018). Engineering Brain Organoids to Probe Impaired Neurogenesis Induced by Cadmium. *ACS Biomaterials Science y Engineering*, 4(5), 1908-1915. <https://doi.org/10.1021/acsbomaterials.8b00160>
- Yousef, D. A. (2016). Learning styles preferences of statistics students: A study in the Faculty of Business and Economics at the UAE University. *Quality Assurance in Education*, 24(2), 227-243. <https://doi.org/10.1108/QAE-01-2014-0004>
- Zerilli, J. (2021). *The adaptable mind: what neuroplasticity and neural reuse tell us about language and cognition*. New York, NY: Oxford University Press. <http://www.worldcat.org/oclc/1244115489>
- Zhang, J. W. y Ieee. (2019, Aug 19-21). Teaching Strategy of Programming Course Guided by Neuroeducation. *International Conference on Computer Science & Education [14th international conference on computer science and education (iccse 2019)]*. 14th International Conference on Computer Science and Education (ICCSE), Ontario Tech Univ, Toronto, Canadá.. <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2019.8845519>
- Zhang, L. F. (2002). Thinking styles and modes of thinking: Implications for education and research. *Journal of Psychology*, 136(3), 245-261. <https://doi.org/10.1080/00223980209604153>