



Memoria del 47º Taller de Actualización Bioquímica, Facultad de Medicina; UNAM

Mitos y hechos del cerebro que aprende: Las herramientas de las neurociencias en la docencia.

Myths and facts of the learning brain: The tools of neuroscience in teaching.

Hernández Espinosa, Diego Rolando ^{1*}.

1. Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina, UNAM

*Correspondencia. Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina, Av. Universidad 3000, Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX, CP 04510 Tel. +52 (55) 5622-5616, diegorolandomd@gmail.com

Resumen

Los neuromitos son falsas creencias que tenemos sobre el desarrollo y funcionamiento del cerebro. La mayoría tiene su origen en malas interpretaciones, o afirmaciones entendidas fuera de contexto, de hechos científicamente establecidos. A diferencia de los mitos en otros ámbitos en la sociedad, los mitos sobre el funcionamiento del cerebro repercuten directamente sobre el ámbito educativo. La prevalencia de los neuromitos a diferentes niveles es bastante preocupante, ya que, por ejemplo; la idea de que solo usamos 10% de nuestra capacidad cerebral, la separación de los hemisferios cerebrales en analítico y artístico o la de los estilos de aprendizaje se traduce en la implementación de herramientas o enfoques docentes que limitan la experiencia del estudiante y a su vez la oportunidad de aprender.

El conocimiento sobre las bases neuroanatómicas y neurofisiológicas de los procesos de adquisición, consolidación y evocación, podrían representar una base sólida sobre la cual el docente pueda discernir y plantear, herramientas y estrategias de aprendizaje para mejorar el aprendizaje propio y de sus alumnos.

Palabras clave: Neuromitos, aprendizaje, evocación, neuroquímica y emociones.

Abstract

Neuromyths are false beliefs we have about the development and functioning of the brain. Most have their origin in misinterpretations or statements understood out of context, of scientifically established facts. Unlike myths in other areas of society, myths about the functioning of the brain directly affect the educational environment. The prevalence of neuromyths is quite worrying, since, for example; the idea that we only use 10% of our brain capacity, the separation of the cerebral hemispheres in analytical and artistic or the belief of learning styles, translates in the implementation of teaching tools or approaches that limit the student's experience and they opportunity to learn.

The knowledge about the neuroanatomic and neurophysiological bases of the acquisition, consolidation and evocation processes, could represent a solid basis on the teaching can discern and propose, learning tools and strategies to improve their own and their students' learning

Key words: Neuromyths, learning, evocation, neurochemistry and emotions.

Neurofisiología del aprendizaje

Existe una directa relación entre los organismos y el medio que los rodea. De hecho, el ambiente impone las condiciones de vida de las especies y a su vez, la capacidad de adaptación de los organismos a estas condiciones que determinan su supervivencia. Una de estas adaptaciones recae en la capacidad de almacenar información adquirida en eventos previos, para su posterior consideración en la toma de decisiones, esto con el fin de obtener un resultado favorable para la supervivencia individual y colectiva de la especie [1].

Desde el punto de vista meramente biológico, el aprendizaje es el proceso por el cual, los organismos modifican su conducta para adaptarse a las condiciones cambiantes del medio que los rodea. Este fenómeno, requiere de la interpretación del medio, la integración de diversos tipos de información, el almacenamiento de esta y la modificación de la conducta; procesos orquestados por el sistema nervioso central [2].

Por lo tanto, el aprendizaje puede considerarse como un cambio en el sistema nervioso, que resulta de la experiencia y que origina cambios conductuales en los organismos. A través del aprendizaje adquirimos el conocimiento sobre el mundo, mientras que la memoria es el proceso por el cual, el conocimiento es codificado, almacenado, consolidado, y posteriormente recuperado. El aprendizaje y la memoria son procesos íntimamente relacionados. No se consigue separar el aprendizaje de la memoria, ni resulta posible realizar dicha distinción en los circuitos neuronales en los que residen [3].

La medida de lo aprendido se equipará a la memoria, siendo ésta la expresión de la capacidad de recuperar información adquirida. Dado que, en los organismos maduros, -no se producen grandes aumentos en el número de neuronas a lo largo de la vida que puedan explicar los elevados volúmenes de información que se almacenan en forma de memoria- la sinapsis ha constituido un buen candidato del sustrato mnemónico [3]. La sinapsis constituye el sustrato físico y biológico que sirve de puente para el paso de información de una neurona a otra, permitiendo que diferentes regiones del sistema interactúen funcionalmente [4].

Las sinapsis, son comunicaciones interneuronales que se llevan a cabo por la acción de neurotransmisores, cuya liberación es precedida por un cambio en el potencial de acción de una neurona

presináptica y provocan la propagación de dicho potencial a la neurona postsináptica por medio de la activación de receptores. Estas conexiones están agrupadas en serie y en paralelo, en ellas se establecen las bases físicas de velocidad y sutileza de operación del cerebro, y hacen posible las diferentes funciones del sistema nervioso [5].

La gran capacidad que tenemos para procesar información podría ser explicada, en parte, por la facilidad que tienen las neuronas para formar nuevas sinapsis e interrumpir conexiones previamente establecidas, así como por las diversas estructuras anatómicas que participan [6].

Dentro de las múltiples clasificaciones de memoria se encuentra la memoria declarativa, la cual se caracteriza por la capacidad de evocar hechos, también conocida como la memoria semántica o episódica. El sustrato neuroanatómico que permite la adquisición de este tipo de memoria se ubica en el lóbulo temporal medial. La codificación y recuperación de la memoria declarativa ocurre a través del hipocampo y las estructuras adyacentes, como la corteza parahipocámpal, la entorrinal y la perirrinal. Estas se ubican en la cara medial del lóbulo temporal [7].

El primer nivel de procesamiento de los estímulos que ingresan al sistema cognitivo ocurre en las áreas sensoriales primarias. Estas áreas cerebrales se ocupan de procesar los estímulos percibidos más básicos (forma, color, intensidad, temperatura). Subsecuentemente, un nivel de procesamiento más complejo tiene lugar en las áreas de asociación unimodales (modalidad sensorial: visual, auditiva, sensorial, olfativa, gustativa) y multimodales (de varias modalidades). En las áreas multimodales es donde se integra información que permite procesar a los objetos percibidos como totalidades e integrar la información que percibimos con aquella información que poseemos previamente sobre ese objeto [8]. Desde allí la información se transporta a las cortezas parahipocámpal y perirrinal, luego a la corteza entorrinal, la circunvolución dentada, el hipocampo y finalmente hacia la corteza entorrinal nuevamente. Desde aquí la información es devuelta hacia la corteza parahipocámpal y perirrinal, para después ser integrada en las áreas de asociación de la neocorteza [9].

El proceso adquisición y evocación puede explicarse a través de los circuitos neuronales observados en las diversas áreas anatómicas previamente descritas, sin embargo, el proceso de consolidación (el paso de memoria de corto a largo

plazo) es mejor explicado desde el punto de vista molecular.

La experiencia reiterada consolida la memoria, convirtiéndola de corto plazo en memoria a largo plazo. Aquí intervienen tres procesos: expresión génica, síntesis de proteínas, y crecimiento de conexiones sinápticas. Se ha definido que la estimulación continua con glutamato o serotonina activa a la de PKA, la cual recluta otra cinasa, la proteína cinasa activada por mitógeno (MAPK), una cinasa que frecuentemente se asocia al crecimiento celular. Ambas cinasas son translocadas al núcleo de la neurona sensitiva. En el núcleo, la subunidad catalítica activa un interruptor genético, el CREB-1 (proteína ligadora del elemento de respuesta al AMPc). Este factor de transcripción, cuando es fosforilado, se une a un elemento promotor denominado CRE (elemento de respuesta al AMPc). Por medio de la MAPK, la PKA actúa también de forma indirecta aliviando las acciones inhibitoras de CREB-2, un represor de la transcripción [10].

La supresión de la acción inhibitora de CREB-2 y la activación de CREB-1 inducen la expresión de dos genes: la enzima ubiquitina hidrolasa que activa el proteosoma para activar PKA persistentemente, y el factor de transcripción C/EBP, uno de los componentes de la cascada génica necesaria para el crecimiento de nuevas unidades sinápticas [11].

La activación de factores de transcripción y la síntesis de proteínas no solo se refleja en el aumento en el número de sinapsis, sino en el mantenimiento de sinapsis de larga duración (LTP); estas sinapsis se encuentran principalmente en el hipocampo y por su capacidad de disparar por largos periodos de tiempo, son consideradas el sustrato biológico de la memoria a largo plazo [10].

Las sinapsis capaces de generar potenciales de larga duración son glutamatérgicas y se observan en las células piramidales hipocámpales de CA1. La membrana postsináptica de las prolongaciones dendríticas de este tipo neuronal posee tres tipos de receptores glutaminérgicos: el tipo NMDA (N-metil-D-aspartato), no NMDA como AMPA y metabotrópicos. El receptor canal NMDA es permeable al Ca^{2+} , pero es bloqueado fisiológicamente por Mg^{2+} . Durante la transmisión sináptica de baja frecuencia, el glutamato liberado se une a ambos receptores tanto NMDA como AMPA [12].

Debido a que el bloqueo de los canales de NMDA por el Mg^{2+} es voltaje-dependiente, la función de la

sinapsis cambia drásticamente cuando la membrana postsináptica es despolarizada. Así, condiciones que inducen la LTP, como estimulación de alta frecuencia causará una despolarización prolongada que expulsará el Mg^{2+} de los canales NMDA. Esto permitirá la entrada de Ca^{2+} y llevará a un incremento en la concentración de Ca^{2+} dentro de la neurona postsináptica desencadenando la LTP [11,12].

La subsiguiente elevación del Ca^{2+} en la espina dendrítica dispara las cinasas dependientes de calcio: Ca^{2+} /Calmodulina cinasa II (CAMKII) y la tirosina cinasa Fyn que juntas inducen la LTP. La CAMKII y la PKC fosforila los receptores no NMDA (AMPA) y aumenta su sensibilidad al glutamato, activando de este modo algunos canales receptores de otro modo silentes. Estas alteraciones hacen una contribución postsináptica en la expresión y mantenimiento de la LTP. Así vemos como el mantenimiento de la LTP se debe a los receptores AMPA, mientras que la inducción depende en los receptores NMDA [10,11].

¿Qué es un neuromito?

La generación de información en el mundo actual avanza a pasos agigantados. En sólo unas cuantas décadas hemos sido testigos de profundas transformaciones científicas y tecnológicas que han cambiado la forma en la que pensamos y vivimos. Sin embargo, el mundo educativo ha sido una de las instituciones que menos se ha modernizado. Esta falta de modernización se ve reflejada en el poco conocimiento del funcionamiento del cerebro que existe en la educación, lo que lleva a que algunos profesionales del ámbito aún crean en neuromitos que la ciencia ya descartó; estas creencias, lejos de ser inofensivas, pueden llevar a una enseñanza sesgada o a la implementación de estrategias poco efectivas dentro del salón de clases [13].

No solo la falta de actualización puede generar la creencia en neuromitos, también estos tienen su origen en la mala interpretación de evidencia proporcionada por estudios en el campo de la neurociencia, principalmente trasladadas de forma sesgada al ámbito educativo. Esas malas interpretaciones usualmente surgen por el manejo inadecuado de evidencia científica por medios populares (noticias, folletos educativos, libros de autoayuda, blogs en línea y en conferencias sobre educación con ponentes no competentes en el campo de las neurociencias), y acaban penetrando en el ámbito educativo; creando falsas premisas sobre las que se van construyendo métodos educativos que no tienen ninguna base científica [14].

Neuromitos de mayor prevalencia

a) *¿Usamos sólo el 10% de nuestro cerebro?*

El mito de que solo usamos 10% de nuestro potencial encefálico es uno de los neuromitos más difundidos a nivel mundial, es ampliamente conocido entre profesionales de la salud, docentes y estudiantes. El origen de este mito pudiera explicarse de la mala interpretación de la composición del cerebro en términos de los tipos celulares que lo comprenden, ya que nueve de cada diez células en el cerebro son lo que se denomina neuroglia o células gliales; las cuales proveen asistencia física y nutricional a las neuronas, mientras que el otro 10% de las células son neuronas, las encargadas de la transmisión nerviosa [15].

Desde el aumento en la cantidad de técnicas de imagen a la disposición de las neurociencias, este mito fue descartado rápidamente, ya que la coordinación del movimiento más pequeño necesita de la integración de diversas áreas del cerebro lo que extrapolado a la cantidad de tareas que podemos realizar descarta la existencia de zonas o regiones que no se utilicen para algún propósito.

b) *¿Somos capaces de realizar diversas tareas al mismo tiempo (Multitasking)?*

Nuestra capacidad para realizar y coordinar varias tareas llevó a muchos científicos del pasado a proponer qué desde el punto de vista de los circuitos neuronales, éramos capaces de completar de forma eficiente múltiples objetivos de manera simultánea. Sin embargo, información más reciente obtenida a través de estudios de resonancia magnética funcional muestra que la forma en la que se consigue realizar varias tareas de manera simultánea es cambiando nuestro centro de atención de forma tan eficiente que parecería que se lleva a cabo al mismo tiempo [16]. Aunado a lo anterior, pruebas en entornos controlados muestran que tanto la eficiencia como el resultado al completar una meta, disminuyen importantemente en concordancia con el número de tareas que se tratan de hacer simultáneamente. En cuanto al aprendizaje, el aumento de tareas simultáneas fungen como distractores y obstaculizan la adquisición de información o promueven una adquisición no fidedigna del material.

c) *¿Los hemisferios cerebrales son independientes (Cerebro Derecho vs Izquierdo)?*

Alrededor del 70% de los docentes encuestados aún considera que los hemisferios cerebrales pueden

funcionar independientemente. Este popular neuromito ha sido desmentido por el análisis de la evidencia de miles de escáneres cerebrales de resonancia magnética funcional (fRM), que muestran como el cerebro funciona como un todo, desmiente la creencia sobre que algunas personas tienen personalidades que son más creativas ya que su hemisferio derecho es más activo, mientras otras al tener dominancia del hemisferio izquierdo son más analíticas y lógicas [17].

Es cierto que existen zonas especializadas para el procesamiento fino o zonas que si son afectadas disminuyen notablemente las capacidades de lenguaje de una persona, esto no quiere decir que las capacidades estén focalizadas directamente en ese lugar, la idea de que una parte del cerebro es responsable de una destreza específica ha sido reemplazada por el concepto de redes neuronales, que conectan varias regiones del encéfalo para realizar una tarea específica [18].

d) *¿Existen los periodos críticos de aprendizaje (Los primeros cinco años de vida son los únicos determinantes)?*

Si bien los primeros años de vida son fundamentales para el desarrollo de las habilidades cognitivas y motoras, esto no significa que a medida que se crece no existan otros momentos claves para el aprendizaje. Por ejemplo, la adolescencia es una etapa muy importante en el aprendizaje, sobre todo en lo referente a la construcción de la identidad. Fomentar la seguridad y la autonomía a través de estrategias pedagógicas es clave en esta etapa. Sin embargo, no sólo en los periodos críticos existe la capacidad de aprender. Nuestro desarrollo cerebral no se termina cuando acaba la enseñanza formal, sigue mucho más adelante. Incluso, los adultos mayores no tienen impedimentos en aprender nuevas cosas, de hecho, la neuroplasticidad nos permite aprender en cualquier etapa de la vida [19].

e) *¿Existen estilos de aprendizajes?*

Este es uno de los neuromitos más populares dentro del profesorado, que incluso se encuentra en decretos federales en varios países de la Unión Europea. De hecho, recientemente, se realizó un estudio en Inglaterra que reveló que cerca del 80% de los profesores cree en que sí existen estilos de aprendizajes.

En efecto, cada persona tiene preferencias personales respecto a cómo interactúa con su entorno, por lo que se cree que existen personas que

solo responden a estímulos visuales, kinestésicos o auditivos [20]. Sin embargo, hay evidencia que demuestran que a pesar de que exista cierta preferencia en los estímulos por los cuales se aprende, todos los estímulos son sumatorios y si nos enfocamos a un tipo de estímulo podemos limitar la información adquirida por el estudiante. El problema es que, con base en este neuromito, muchos docentes ocupan tiempo valioso de sus horas para planificar pensando en enseñar según las habilidades individuales de sus estudiantes, cuando lo cierto es que deben enseñar utilizando diversas estrategias con todos los estudiantes, porque todos aprendemos a través de los distintos sentidos [21].

f) *¿El cerebro es distinto dependiendo del género?*

Este mito ha causado mucho daño en los salones de clases de Latinoamérica, sobre todo porque impacta en el desarrollo desigual de niñas y niños. Si bien existen diferencias, esto no se traduce en un potencial intelectual distinto entre géneros. La menor presencia de mujeres en carreras científicas tiene más que ver con la percepción de la sociedad que con el potencial cerebral [22].

De hecho, no existe superioridad de géneros, nacionalidades u otros criterios reales para los límites en las destrezas que pueden tener los estudiantes. Sin embargo, las expectativas, así como los prejuicios que los profesores se forman con base en este tipo de mitos, influyen en su aprendizaje y rendimiento escolar [23].

Sin duda existen diferencias neuroquímicas entre los cerebros masculino y femenino, sin embargo, no se traducen a diferencias intelectuales. Tanto niños y niñas tienen la misma capacidad para aprender. Es por esto por lo que, es fundamental que los docentes abandonen los prejuicios y adquieran herramientas para potenciar a sus estudiantes por igual.

g) *¿Los carbohidratos reducen la atención?*

Cerca de la mitad de los profesores considera que los niños pierden su capacidad de atención después de consumir alimentos o bebidas con alto contenido de carbohidratos. El origen de este neuromito se ubica en las investigaciones iniciales sobre consumo de carbohidratos complejos y el trastorno por Déficit de atención e hiperactividad (TDAH). Diversos grupos han intentado comprobar esta relación, sin realmente encontrar evidencia sólida, por lo que el vínculo aun es débil [24].

h) *¿El aprendizaje es un proceso racional, lejano a las emociones?*

Si bien dentro de la neurociencia este no es uno de los mitos más extendidos, lo cierto es que las emociones aún no se consideran preponderantes en el proceso educativo, a pesar de ser un factor determinante. Toda la información que llega a través de los sentidos comparte redes neuronales utilizadas también por los sistemas que producen e interpretan a las emociones, por lo tanto, es imposible separar el aprendizaje del aspecto emocional [25].

Existe también, la creencia de que somos seres capaces de separar lo racional de lo emocional, como si fueran funciones separadas física y bioquímicamente, que podemos prender y apagar independientemente. Pero la evidencia muestra que aquellas innovaciones educativas que ponen al centro el vínculo, el aprendizaje colaborativo, la empatía y la curiosidad son aquellas que impactan con mayor fuerza el aprendizaje. La emoción nos mueve a buscar soluciones, nos impulsa a determinar y tomar decisiones. Sin emoción, no hay capacidad de aprender, no hay curiosidad, no hay atención, no hay aprendizaje o memoria [26].

i) *¿El ejercicio mejora la comunicación entre los hemisferios cerebrales?*

Dos tercios de los profesores creen que una corta sesión de ejercicio ayudaba a mejorar de alguna manera la comunicación entre ambos hemisferios cerebrales. Aunque el ejercicio puede resultar benéfico para el cerebro, no hay evidencia que éste pueda ayudar a mejorar la comunicación interhemisférica, por lo cual dicha afirmación carece de fundamento [21].

El impacto de los neuromitos en la formación docente

Existe evidencia de que profesores de todas partes del mundo, independientemente de su área de especialización o del nivel educativo en que desempeñan su labor, tienen dificultades para discriminar neuromitos de la información científica. Esta situación es preocupante, sin embargo, la solución a este predicamento radica en poder continuar con investigaciones sólidas, así como mejorar su divulgación mediante la realización de programas o capacitaciones que enseñen realmente a los docentes y estudiantes de pedagogía a diferenciar la neurociencia de los neuromitos [27].

Actualmente, debido a la falta de programas dirigidos a los profesores, estos acceden a programas de neurociencia de corta duración o dudosa procedencia, que podrían comunicar información que reafirma creencias erróneas. La capacitación de docentes para replantear su postura ante estos neuromitos se ha mostrado limitada, debido a diversos factores; sin embargo, los docentes en formación, a los que se les presenta esta información mediante cursos de neurociencia, como parte de su formación universitaria muestran menor resistencia a considerar estas nuevas evidencias. Se ha comprobado que los alumnos que tienen cursos de neurociencias mejoran tanto en conocimiento de neurociencia como en identificación de neuromitos [28]. En esta misma línea, los estudiantes de carreras de formación docente, que reciben formación general de ciencia “dura” (biología, química, física) son capaces de identificar más neuromitos [29].

Por esto, es urgente que las universidades, reformulen sus planes curriculares para lograr la inclusión de cursos de neurociencia como parte de la oferta académica de las facultades de educación, así como apostar por la formación integral y continua de los nuevos docentes en todas las carreras. Hasta ahora, instituciones educativas de diferentes países han optado por capacitaciones para los profesores que lamentablemente han estado basadas en neuromitos o con una pobre interpretación de hechos científicos reales [30].

Es necesario entonces capacitar a profesores y futuros profesores en el conocimiento de los aspectos

de la neurociencia aplicables a su práctica docente, con el fin de tener profesionistas capaces de discriminar entre la información científica en el campo de las neurociencias y de la pseudociencia. En síntesis, para disminuir la brecha que existe entre los conceptos de la neurociencia aplicados a la educación y la docencia, es necesario generar cambios a nivel de instituciones, realizar más investigación en neurociencia educacional y generar métodos para contrarrestar las falsas creencias que hoy predominan [29,30].

Entender el proceso de aprendizaje para mejorar las herramientas docentes

Aunque aún existe controversia sobre el impacto que tiene el conocimiento de los docentes sobre conceptos de las neurociencias aplicados a la educación, es innegable que el manejo de los preceptos básicos sobre el aprendizaje y la memoria brindan al profesionista más información al decidir la implementación de diferentes técnicas y herramientas educativas. El campo de la docencia no está exento del surgimiento de modas o corrientes educativas respaldadas con poca o nula evidencia científica, el conocimiento de la neurofisiología del aprendizaje facilita la identificación de herramientas poco adecuadas o ineficientes en nuestros entornos docentes. La complementación entre las neurociencias y la docencia podría no solo proponer nuevas aproximaciones a viejos problemas, sino optimizar herramientas y enfoques educativos ya ampliamente utilizados.

Referencias

- Henriques da Silva R., Ferreira Júnior WS., Muniz de Medeiros P., Albuquerque UP. (2019). Adaptive memory and evolution of the human naturalistic mind: Insights from the use of medicinal plants. *PLoS ONE* 14(3): e0214300. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214300>
- Addis DR., Cheng T., Roberts, R., Schacter DL. (2011). Hippocampal contributions to the episodic simulation of specific and general future events. *Hippocampus* 21, 1045–1052. doi: 10.1002/hipo.20870
- Blasi DE., Wichmann S., Hammarström, H., Stadler PF., Christiansen MH. (2016). Sound-meaning association biases evidenced across thousands of languages. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A* 113, 10818–10823. doi: 10.1073/pnas.1605782113
- Jozet-Alves C., Bertin M., Clayton NS. (2013). Evidence of episodic-like memory in cuttlefish. *Curr. Biol.* 23, R1033–R1036. doi: 10.1016/j.cub.2013.10.021
- Santos J. The relationship between synapsis and recombination: two different views. (1999). *Heredity* 82, 1–6 <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6884870>
- Hübener M., & Bonhoeffer T. (2014). Neuronal plasticity: Beyond the critical period. *Cell*, 159(4), 727–737. doi: 10.1016/j.cell.2014.10.035.
- Riedel WJ., Blokland A. (2015). Declarative Memory. In: Kantak K., Wettstein J. (eds) *Cognitive Enhancement. Handbook of Experimental Pharmacology*, vol 228. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16522-6_7
- Squire LR. (2009). Memory and brain systems: 1969-2009. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 29(41), 12711–12716. doi:10.1523/JNEUROSCI.3575-09.2009
- Preston AR., Eichenbaum H. (2013). Interplay of hippocampus and prefrontal cortex in memory. *Current biology: CB*, 23(17), R764–R773. doi:10.1016/j.cub.2013.05.041
- Bingol B., Wang CF., Arnott D., Cheng D., Peng J., Sheng M. (2010). Autophosphorylate CaMKIIalpha acts as a scaffold to recruit proteasomes to dendritic spines *Cell*, 140, pp. 567-578. doi: 10.1016/j.cell.2010.01.024.
- Kandel ER. (2012). The molecular biology of memory: cAMP, PKA, CRE, CREB-1, CREB-2, and CPEB. *Mol Brain* 5, 14. <https://doi.org/10.1186/1756-6606-5-14>
- Lüscher C., Malenka RC. (2012). NMDA receptor-dependent long-term potentiation and long-term depression (LTP/LTD). *Cold Spring Harbor perspectives in biology*, 4(6), a005710. doi:10.1101/cshperspect.a005710
- Dekker S., Lee CL., Howard-Jones P., Jolles J. (2012). "Neuromyths in education: prevalence and predictors

- of misconceptions among teachers”, *Frontiers in Psychology*, 3. doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429
14. Deligiannidi K., Howard-Jones PA. (2015). The neuroscience literacy of teachers in Greece. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 3909-3915. doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1133
 15. Macdonald K., Germin L., Anderson A., Christodoulou J., McGrath LM. (2013). Dispelling the Myth: Training in Education or Neuroscience Decreases but Does Not Eliminate Beliefs in Neuromyths. *Frontiers in psychology*, 8, 1314. doi:10.3389/fpsyg.2017.01314
 16. Coch D., Ansari D. (2009). Thinking about mechanisms is crucial to connecting neuroscience and education. *Cortex*. Apr;45(4):546-7. doi: 10.1016/j.cortex.2008.06.001.
 17. Nielsen JA., Zielinski BA., Ferguson MA., Lainhart JE., Anderson JS. (2013). An Evaluation of the Left-Brain vs. Right-Brain Hypothesis with Resting State Functional Connectivity Magnetic Resonance Imaging. *PLOS ONE* 8(8): e71275. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071275
 18. Seger C., Desmond J., Glover G., Gabrieli J. (2000): “Functional magnetic resonance imaging evidence for right-hemisphere involvement in processing of unusual semantic relationships”, *Neuropsychology*, 14. 10.1037//0894-4105.14.3.361
 19. Bruer JT. (1999). *The myth of the first three years: A new understanding of early brain development and lifelong learning*. New York, NY: Simon and Schuster. ISBN 13: 9780684851846
 20. Ferreira RA., Göbel SM., Hymers M., Ellis, AW. (2015). The neural correlates of semantic richness: Evidence from an fMRI study of word learning. *Brain and Language*, 143, 69-80. doi: 10.1016/j.bandl.2015.02.005.
 21. Howard-Jones PA. (2014). Neuroscience and education: myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817-824. doi:10.1038/nrn3817
 22. Bonora M., Wieckowski MR., Chinopoulos C., Kepp O., Kroemer G., Galluzzi L., Pinton P. (2015). *Oncogene*. 2015 Mar 19;34(12):1608. doi: 10.1038/onc.2014.462.
 23. Abraham A., Thybusch K., Pieritz K. (2014). *Brain Imaging and Behavior* 8: 39. https://doi.org/10.1007/s11682-013-9241-4
 24. Freeman CR., Zehra A., Ramirez V., Wiers CE., Volkow ND., Wang GJ. (2018). Impact of sugar on the body, brain, and behavior. *Front Biosci (Landmark Ed)*. Jun 1; 23:2255-2266.
 25. Tyng C. M., Amin, H. U., Saad, M., & Malik, A. S. (2017). The Influences of Emotion on Learning and Memory. *Frontiers in psychology*, 8, 1454. doi:10.3389/fpsyg.2017.01454
 26. Tyng CM., Amin HU., Saad M., Malik A. (2017). The influences of emotion on learning and memory. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 1454. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01454
 27. Goswami U. (2006): “Neuroscience and education: From research to practice?”, *Nature Reviews Neuroscience*, 7.
 28. Dekker S., Lee CL., Howard-Jones P., Jolles J. (2012):” Neuromyths in education: prevalence and predictors of misconceptions among teachers”, *Frontiers in Psychology*, 3. doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429
 29. Dahlstrom-Hakki I., Asbell-Clarke J., Rowe E. (2018). Showing Is Knowing: The Potential and Challenges of Using Neurocognitive Measures of Implicit Learning in the Classroom, *Mind, Brain, and Education*, 13, 1, (30-40). 10.4018/978-1-7998-1173-2.ch006
 30. Rin K., Zalaquett C. (2019). An Exploratory Study of Prevalence and Predictors of Neuromyths Among Potential Mental Health Counselors, *Journal of Mental Health Counseling*, 10.17744/mehc.41.2.06, 41, 2, (173-187),



**DR. DIEGO ROLANDO
HERNÁNDEZ ESPINOSA**

Médico cirujano por la Facultad de Medicina de la UNAM. Doctor en el Ciencias Biomédicas. Ayudante de investigador en el Departamento de Neuropatología Molecular del Instituto de

Fisiología Celular, División de Neurociencias. Profesor de la Asignatura de Bioquímica desde el año 2012.

Profesor Titular desde el 2015, de cursos de actualización en los campos de docencia, bioquímica y neurociencias.

Tutor del programa de servicio social en la modalidad de programas universitarios; tutor activo en el programa AFINES; miembro estudiante de la Sociedad Mexicana de Bioquímica; autor de artículos publicados en revistas de frontera en investigación básica y en revistas de investigación educativa.

Reconocido con la medalla Dr. José Laguna García al mérito docente como profesor de asignatura en el 2017.