

Breves conceptos del aprendizaje en Neurociencias

Brief concepts of learning in neuroscience

Aguilar, LA^{1,2}, Montenegro E², Salazar G², Salinas S¹,
Astucuri J¹, Gonzales, A.^{1,2}

RESUMEN.

La neurociencia es una disciplina científica que busca comprender las interrogantes de la organización del sistema nervioso y su manifestación externa, es decir la conducta. Las recientes investigaciones en neurociencia cognitiva son de gran interés para el educador, el desafío hoy es comprender las diferencias estructurales de un cerebro en desarrollo y las alteraciones que ocurren en un ambiente de aprendizaje. Desde la perspectiva neurocientífica, las conexiones que se han establecido en el sistema nervioso son producto de las experiencias, el medio y los conocimientos previos. El proceso de aprendizaje es un cambio relativamente permanente en la capacidad de ejecutar una conducta específica consecuencia de la experiencia, así mismo, conlleva a la modificación a nivel cognitivo (mapas cognitivos) y a generar cambios de las redes neurales en el sistema nervioso. Entendiendo esto, el modo de aprender y aprehender de los estudiantes se encuentra en constante transformación, un claro ejemplo en la actualidad es el estudio de las tecnologías de la información y su repercusión en el aprendizaje, estos han permitido el uso de entornos virtuales, trabajos con animación y simulación, creación de recursos y material digital, plataformas con orientación pedagógica, entre otros. El reto principal es potenciar estrategias para el desarrollo de habilidades cognitivas, socio ambientales y relacionales en el proceso de enseñanza-aprendizaje desde las neurociencias.

ABSTRACT. Neuroscience is a scientific discipline that seeks to understand the questions of organization of the nervous system and its external manifestation, behavior. Recent research in cognitive neuroscience are of great interest to the educator, the challenge today is to understand the structural differences of the developing brain and alterations that occur in a learning environment. From the neuroscience perspective, the connections that have been established in the nervous system are the product of experience, means and prior knowledge. The process of learning is a relatively permanent change in the ability to perform a specific behavior because of the experience, also, it leads to changes at the cognitive level (cognitive maps) and generate changes of neural networks in the nervous system. Understanding this, the way to learn and grasp of the students is in constant transformation, a clear example today is the study of information technologies and their impact on learning, these have enabled the use of virtual environments, jobs animation and simulation, creating digital material resources and platforms with pedagogical orientation, among others. The main challenge is to promote strategies for the development of cognitive skills, environmental and relational partner in the process of teaching and learning from neuroscience.

Recibido: 06-06-2016

Aceptado: 21-06-2016

Palabras clave:

Neurociencias, aprendizaje,
memoria, neuroplasticidad.

Keywords: Neuroscience,
learning, memory,
neuroplasticity.

Luis Aguilar

UPCH – UNIFE

luis.aguilar@upch.pe

Carmen Estela Montenegro

Serkovic

carmen.montenegro@upch.pe

UPCH

Geraldine Salazar

geraldine.salazar@upch.pe

UPCH

Silvia Salinas

nutriunife@yahoo.com

UNIFE

Introducción

El sistema nervioso tiene dos tipos de células: las neuronas y las células gliales. La neurona es la célula característica, que tiene la función principal de recibir y transmitir información, mientras que las células gliales cumplen la función de sostén del tejido nervioso, así como otras funciones nutricionales y de facilitación de la comunicación neuronal. Cabe mencionar también que las neuronas tienen una variedad morfológica (hay de diversos tamaños y formas) que se acompañan también de una gran variedad de capacidad funcional, lo que proporciona múltiples posibilidades al individuo, como la de realizar comportamientos distintos y con un alto grado de precisión (Purves y cols., 2007).

En el cerebro existen alrededor de 80 mil millones de neuronas, cada una de ellas se conecta y comunica con otras neuronas. Dicha comunicación se conoce como sinapsis, lo cual se produce entre la neurona que envía información y la que recibe dicha información (sinapsis química o eléctrica). En la sinapsis química, la neurona que envía la información (denominada neurona presináptica) libera sustancias químicas (que pueden ser neurotransmisores o neuropéptidos), esta sustancia es captada por los receptores de la neurona postsináptica. Es esta unión la que pone en marcha las cascadas de señales químicas que elaborarán una determinada respuesta neuronal en forma de cambios de la neurona postsináptica (Coveñas y Aguilar, 2010). La comunicación sináptica forma una serie de redes neuronales funcionales y éstas, a la vez, circuitos que caracterizan participación de grupos neuronales y áreas con características fisiológicas propias como, por ejemplo, circuito de la memoria a largo plazo, circuito de Papéz, entre otros. Estas redes o cógnitos siguen gradientes filogenéticos, ontogénicos, que se organizan en jerarquías de dos tipos: Jerarquía Perceptual donde se encuentra la memoria autobiográfica o episódica, conocimiento semántico con base

neurofisiológica en la corteza cerebral posterior y áreas asociativas posteriores, y Jerarquía Ejecutiva para realizar los planes de conducta con base neurofisiológica, áreas motoras frontales y corteza prefrontal (Fuster, 2010). Este paradigma reticular (redes neurales y cógnitos) nos obliga a abandonar los modelos tradicionales “modulares o geográficos” de la memoria cortical y ver las implicaciones en el desarrollo cognitivo, clínica de lesiones corticales y rehabilitación del individuo.

Durante mucho tiempo se consideró que el sistema nervioso era una estructura que, anatómica y funcionalmente, no sufría cambios, es decir que no se producían nuevas neuronas y tampoco nuevas conexiones una vez que el sistema concluyera su desarrollo embrionario. En definitiva, se consideraba que el sistema nervioso era una entidad terminada, posible de cambio sólo por lesión o degeneración irreparable por su propia naturaleza. Esto fue lo que Santiago Ramón y Cajal planteó. Sin embargo, él mismo se aseguró de decir que sólo la ciencia se encargaría de cambiar “este cruel decreto” (Ramón y Cajal, 1991, citado por Álvarez-Buylla & Lois, 1995).

Actualmente, el concepto de neuroplasticidad es la que sustenta la nueva visión de que el sistema nervioso se encuentra en constantes modificaciones dinámicas en sus propiedades, en respuesta a cambios en su ambiente. Esta noción es fundamental hoy en día para comprender las propiedades del sistema nervioso, el cual también nos permite comprender procesos, aparentemente disímiles, como el de aprendizaje y la recuperación de funciones tras una lesión cerebral. De acuerdo con el concepto de neuroplasticidad, el sistema nervioso es un producto nunca terminado, es el resultado, siempre cambiante por la interacción de factores genéticos, epigenéticos y ambientales (Clarke, Cammarota, Gruart, Izquierdo & Delgado-García, 2010).

Por otro lado, el aprendizaje y la memoria son estados funcionales para los que se requiere la participación de numerosas estructuras nerviosas

y la correcta activación temporal entre ellas, y que no son procesos puntuales que ocurren en un sitio cerebral determinado. Por ello, el aprendizaje va a depender de muchos factores, como el estado motivacional y emocional del individuo que aprende, de su grado de atención, de sus conocimientos y habilidades previas, así como de sus receptores sensoriales y del estado de sus músculos, dependiendo del tipo de tarea que vaya a ejecutar.

Además, la memoria, y en consecuencia el aprendizaje, es una de las capacidades intelectuales que requiere del correcto funcionamiento de varias áreas del cerebro, en parte debido a la variedad de conceptos y actos motores a recordar, así como la relación entre ellos. La experiencia personal refuerza la idea de que no se recuerda con la misma intensidad, por ejemplo, nombres, caras, lugares, etc.

Asimismo, aprender y memorizar también requiere de la maduración de las estructuras nerviosas. De hecho, el niño va adquiriendo nuevas habilidades a medida que su cerebro se lo permite. Las áreas del sistema nervioso relacionadas con el movimiento son las primeras en consolidarse, por lo que es más fácil aprender comportamientos motores, como nadar o ir en bicicleta, y también recordarlos a lo largo de la vida (Gruart, 2008).

Naturaleza del aprendizaje

Se puede definir al aprendizaje como la capacidad de cambiar la conducta como fruto de la experiencia, permitiendo que un individuo se adapte a nuevas situaciones ambientales y sociales. Denominamos aprendizaje al hecho de que la experiencia produce cambios en el sistema nervioso, cambios que pueden ser duraderos y se manifiestan en el comportamiento de los organismos. Un fenómeno generalmente inferido a partir de esos cambios es la memoria, la cual va dando a nuestras vidas un sentido de continuidad (Morgado, 2005).

Dicho de otra forma, el aprendizaje es un cambio relativamente permanente en la conduc-

ta como consecuencia de la experiencia que a su vez implican cambios en el sistema nervioso y la memoria, es un fenómeno generalmente inferido a partir de esos cambios (Morgado-Bernal, 2005) que constituye esa información, que después de aprendida, se mantiene en el sistema nervioso por un tiempo.

El hecho de que la conducta sea modificable en función de las condiciones ambientales es posible gracias a una compleja serie de procesos que tiene lugar en el interior del organismo. Asimismo, la adaptación de una conducta al ambiente está mediada por procesos perceptivos, cognitivos y de organización motora. Esto significa que el cerebro procesa los estímulos del ambiente, compara el resultado de ese procedimiento con el anterior y organiza la respuesta motora a esos estímulos (Aguado-Aguilar, 2001).

El estudio experimental del aprendizaje y la memoria se han abordado desde tres niveles distintos, cada uno de estos niveles se complementan para entender mejor estos importantes procesos. El más básico es el nivel neuronal, su finalidad es descubrir los procesos celulares y moleculares físicos y químicos en el cerebro que subyacen al aprendizaje y la memoria. Se estudian los procesos neuronales, vías y centros cerebrales, que intervienen en distintas formas de aprendizaje y memoria.

Asimismo, a este nivel se abordan los mecanismos neuronales por el cual el cerebro es capaz de almacenar información. En este punto es clave mencionar el concepto de plasticidad neuronal, que se refiere a la capacidad de las neuronas para modificar sus propiedades funcionales en respuesta a ciertas pautas de estimulación ambiental.

Las investigaciones de la plasticidad neural en relación con el aprendizaje y la memoria estudian el modo en que el cerebro codifica físicamente nuevas informaciones y constituye uno de los objetivos principales de las neurociencias. El nivel siguiente es el conductual, donde el interés principal es descubrir relaciones entre variables ambientales y cambios observables en la conducta. El método

para someter a un análisis experimental dichas relaciones, pasa necesariamente por la observación del comportamiento del sujeto y de las modificaciones que éste experimenta bajo diferentes condiciones externas. Finalmente tenemos el nivel cognitivo, en donde se considera al cerebro como un sistema de procesamiento de información, y trata de indagar las actividades de procesamiento que tienen lugar durante el curso del aprendizaje y del modo en que la información queda representada en la memoria (Aguado-Aguilar, 2001).

En el nivel cognitivo, al igual como ocurren en el nivel neuronal, su procesamiento es interno, no son directamente observables como las conductas; y, por tanto, se infieren a partir de las observaciones de la conducta que manifiesta el individuo.

Los procesos cognitivos como la memoria, la expectativa, el razonamiento y otros, no son observados en sí mismos, sino que inferidos a partir de las actividades conductuales del individuo. Generalmente, en este nivel de estudio, cuando se habla aprendizaje y memoria, se estudia el proceso de formación de nuevas representaciones mentales derivados de experiencias pasadas o de las actividades de procesamiento llevadas a cabo sobre los propios contenidos de la memoria, como la recuperación de información, el olvido, entre otros.

El aprendizaje es una capacidad que todas las especies tienen, ya que constituye un mecanismo fundamental de adaptación al medio ambiente. Sin embargo, la adquisición de comportamientos para cada especie puede realizarse mediante formas básicas de aprendizaje, mientras que los comportamientos complejos se adquieren por múltiples combinaciones de estas formas básicas (Gruat, 2008; Morgado, 2005; Aguado-Aguilar, 2001).

El aprendizaje espacial es un cambio en la conducta de búsqueda de un lugar determinado y la memoria espacial se relacionan con la capacidad de adquirir y retener asociaciones de las características del ambiente, lo que permite al organismo desenvolverse en el espacio.

El aprendizaje perceptivo es el que permite reconocer las características de un objeto o de una persona. Así podemos reconocer un automóvil por su forma o el ruido que produce su motor. Este tipo de aprendizaje también puede extenderse a aprendizaje motor, cuando el conocimiento del entorno se acompaña de una acción, es decir, cuando aparte de reconocer al auto por su forma y el ruido de su motor, aprendemos a conducirlo. El aprendizaje asociativo requiere de la asociación entre dos estímulos (condicionamiento clásico), o bien la asociación entre una respuesta y sus consecuencias (condicionamiento operante o instrumental).

El condicionamiento clásico fue descrito por Iván Pavlov a partir de una serie de experimentos, donde demostró que se podía asociar un sonido a la presencia de comida, de manera que el perro empezaba a salivar con la sola presencia del sonido y antes de que la comida llegara a su boca. El aprendizaje mediante condicionamiento operante, en cambio, explica cómo se aprende en situaciones concretas; es decir, una determinada conducta es reforzada de forma positiva o negativa, de manera que incremente o disminuya la probabilidad de su ocurrencia. Los refuerzos dependerán de la situación y de las preferencias del individuo, por ejemplo, un niño que participa en clase y es reforzado socialmente, mediante reconocimiento público por la maestra, ante sus compañeros, probablemente, repita su conducta de participación en las próximas veces (Gruat, 2008).

El aprendizaje relacional es la forma más compleja de los tipos de aprendizaje básico, y éste supone el reconocimiento de objetos, su localización espacial y la secuencia de acontecimientos en una determinada situación. Por ejemplo, no solamente podemos conducir un automóvil, sino que también podemos hacerlo en direcciones diversas y siguiendo las señales de tránsito que se han aprendido previamente (Gruat, 2008).

Algunas teorías relevantes sobre el aprendizaje son la teoría psicoanalítica (Sigmund Freud)

donde se afirma que las impresiones recibidas en los primeros años de vida dirigen la conducta futura en la vida adulta; y la teoría cognoscitiva del aprendizaje (Jerome Bruner y David Ausubel) que centra su estudio en las actividades mentales y los procesos cognitivos, y trata de explicar los procesos de pensamiento que mediatizan la relación estímulo-respuesta.

El aprendizaje y la memoria permiten a los animales interactuar con más éxito frente a las variaciones impredecibles del ambiente, al recordar se puede encontrar soluciones más eficaces cuando las experiencias se repitan a futuro. Se entiende que memoria son los eventos moleculares y celulares que hacen posible que el establecimiento de la información de una experiencia dada (Kandel et al., 2000). Por otra parte, la memoria constituye esa información que después de aprendida se mantiene en el sistema nervioso por un tiempo variable (Kandel et al., 2000).

Existen diferentes tipos de memoria, y una de las formas más utilizadas para clasificarlas es por su duración y contenido. Por su duración, la memoria se clasifica como sensorial, corto plazo y de largo plazo, si se torna relativamente estable. El paso de una a la otra requiere una fase intermedia entre la memoria a corto plazo y largo plazo, denominada de consolidación, fase que ocurre cuando el individuo duerme.

La memoria a corto plazo o retención consciente de una información durante un tiempo breve se basa en cambios efímeros, eléctricos o moleculares, en las redes neurales implicadas. Pero, si como consecuencia de la repetición de la experiencia tales cambios persisten, pueden activar la maquinaria anteriormente descrita y dar lugar a síntesis de nuevas proteínas y cambios estructurales. Esto se considera un indudable diálogo entre los genes y la sinapsis (Gruart, 2008). La memoria de corto plazo es muy limitada en contener la información, como en el tiempo a disposición de la misma, pero con la práctica uno puede incrementarla.

Por su contenido, la memoria es implícita o explícita. La memoria implícita también es llamada procedimental o no declarativa, y agrupa la información que nos permite ejercer hábitos cognitivos y motores, dicho de otra forma, es la memoria de las cosas que solemos hacer. Éste tipo de memoria suele ser rígida y duradera, se adquiere gradualmente y se perfecciona con la práctica. En su expresión es automática, inconsciente y difícil de verbalizar. Un ejemplo de este tipo de memoria es repetir unos pasos de baile o andar en bicicleta.

En cambio, la memoria explícita es la suma del almacenamiento cerebral de hechos (memoria semántica) y eventos (memoria episódica). La ejercemos, por ejemplo, al describir una serie de sucesos ocurridos en el pasado. En humanos, también se la conoce como memoria declarativa, puesto que es fácil de declarar verbalmente o por escrito, y se expresa conscientemente. (Morgado, 2005).

Algunos autores, añaden a la clasificación anterior, la memoria de trabajo, a veces conocida por Cognición ejecutiva. Este sistema de memoria consiste en la representación consciente y manipulación temporal de la información necesaria para realizar operaciones cognitivas complejas, como el aprendizaje, la comprensión del lenguaje o el razonamiento. Su expresión suele darse en tareas de respuesta demorada, por ejemplo, cuando un sujeto tiene que memorizar temporalmente cierta información que le permitirá responder más tarde adecuadamente ante una tarea. (Morgado, 2005).

Para integrar, teniendo en cuenta las formas de clasificación antes vistas, puede entenderse que dentro de la memoria a corto plazo se encuentra la memoria de trabajo (*working memory*), que es la memoria que utilizamos para mantener la continuidad de una tarea que nos hemos propuesto; y dentro de la memoria a largo plazo, se encuentran la memoria explícita e implícita. A su vez, la memoria explícita está compuesta por la memoria episódica, relacionada con los eventos de nuestra vida; y la memoria semántica que contiene la información de los conceptos y significados abstractos.

Neuroplasticidad

La importancia de las sinapsis en los procesos de almacenamiento de información se ha postulado desde la época de Ramón y Cajal en el siglo XIX y posteriormente en otros trabajos (Hebb, 1949; Matthies, 1986). Estos modelos atribuyen, por lo tanto, propiedades plásticas a las sinapsis y rompen con los conceptos iniciales que consideraban a las sinapsis inmutables en sus propiedades funcionales, como puntos de soldadura entre los componentes de un circuito eléctrico (Bergado-Rosado y Almaguer-Melian, 2000).

Don Santiago Ramón y Cajal, fue el primero en proponer la plasticidad en el número y fuerza de las conexiones neuronales como la base física del aprendizaje y el soporte de la memoria. Años después, desde la psicología, Donald Hebb proponería la plasticidad como el mecanismo por el que la coincidencia de la actividad pre y post-sináptica podría modificar las conexiones neurales en determinadas estructuras del cerebro.

Más tarde, dos investigadores, Lomo y Tim Bliss refrendaron experimentalmente los postulados de Hebb. Descubrieron que una estimulación de alta frecuencia en una misma vía nerviosa presináptica producía incrementos estables y duraderos de la respuesta postsináptica, el sostenimiento de dicha actividad postsináptica en largo tiempo fue denominado potenciación a largo plazo (LTP por sus siglas en inglés Long-Term Potentiation).

En adelante, estas investigaciones se convirtieron en un modelo mediante el cual se explicaban los mecanismos cerebrales de la memoria y el aprendizaje. En esta misma línea de investigación, se mostraron también que el aprendizaje y la LTP, artificialmente inducidos, producen cambios morfológicos en las espinas dendríticas, lo cual perfilaba un modelo importante para constituir la base estructural de la memoria (Bliss & Lomo, 1973).

Por otro lado, partiendo de los postulados de Hebb, otro investigador, John O'Keefe, mostró hallazgos importantes de cambios morfológicos a

nivel de las espinas dendríticas de las células del hipocampo en individuos que eran sometidos experimentalmente a aprendizajes de mapas cognitivos (O'Keefe & Nadel, 1978).

La actividad neuronal generada por interacciones con el mundo exterior en la vida postnatal proporciona un mecanismo por el cual el medio ambiente puede influir en la estructura y la función del sistema nervioso. Los efectos de la actividad neuronal, generalmente, se traducen a través de vías de señalización que modifican los niveles de calcio (Ca^{+2}) intracelular e influyen así en la organización del citoesqueleto local y en la expresión genética de las neuronas. Esta influencia es más importante durante las ventanas temporales denominadas períodos sensibles o críticos, a medida que procede la maduración de los individuos, el encéfalo se torna cada vez menos sensible a las lecciones de la experiencia, y los mecanismos celulares que modifican la conectividad neural se tornan menos eficaces (Hernández, Mulas & Matos, 2004; Morales, Rozas, Pancetti & Kirkwood, 2003).

Períodos sensibles

Un período sensible o crítico es definido como el tiempo durante el cual un comportamiento dado es especialmente susceptible a las influencias ambientales específicas y requiere de ellas para desarrollarse normalmente (Morales y cols., 2003).

Los ejemplos más comunes de este hecho son los relacionados a la visión, audición y el lenguaje. Por ejemplo, niños con cataratas perderán la visión en el ojo afectado (ambliopía), a menos que se les operen antes de llegar a la pubertad (Daw, 1995). De igual forma, el resultado positivo de un implante coclear es más alto cuando la operación se realiza a una edad temprana (Sharma, Dorman & Spahr, 2002). Otros estudios de visualización de la función cerebral indican que la respuesta 'disparada' por notas musicales es mucho mayor en músicos iniciados a temprana edad (Pantev, Enge-

lien, Candia & Elbert, 2001). La manifestación notable de plasticidad es la activación de la corteza visual primaria durante la lectura de Braille en ciegos que perdieron la visión en edad temprana (Sadato y cols., 1998).

En todos los casos documentados, tanto en humanos como en animales, el período sensible o crítico para inducir cambios corticales termina más o menos con la pubertad. Esta coincidencia temporal sugiere que los mecanismos de plasticidad son comunes en todas las distintas regiones corticales. Más aún, existe un consenso de que mecanismos similares de plasticidad podrían estar involucrados en el aprendizaje y la memoria en adultos, así como también la mayor capacidad de recuperación después de un trauma durante la infancia (Morales y cols., 2003). De lo anterior se desprende que el esclarecimiento de los mecanismos celulares de plasticidad neuronal en la corteza tiene importantes implicaciones terapéuticas para la restauración de funciones neuronales en el adulto (Ortiz y cols., 2010).

Una aproximación a la educación

La actividad educativa actual plantea la necesidad de formar puentes con diversas especialidades, sin embargo, los objetivos, métodos de estudio y aplicaciones de estrategias no son necesariamente similares en todos los campos. La neurociencia aplica un modelo desde las ciencias médicas para sus estudios, hablamos entonces de un aproximación positivista y cuantitativa, por otro lado, en la educación la búsqueda sigue un modelo cualitativo, donde la observación y el análisis a fondo interpretan un fenómeno. (Puebla & Talma, 2011).

Si bien los educadores no reciben una formación profesional en neurociencia, la colaboración entre neurociencia, educación y psicología han abierto nuevos campos de estudio, hoy tenemos colaboraciones a través de las neurociencias cognitivas, la psicología educativa y la psicología cognitiva.

El *Programa de enseñanza aprendizaje del Consejo de Investigación Económica y Social* o ESRC –TLRP por sus siglas en inglés, es un proyecto propuesto en el Reino Unido que ha ido modificándose y creando valiosos aportes en este campo, ha comprendido diversas fases desde 1999 hasta el 2012 cuando el programa paso a una nueva propuesta.

La primera fase estuvo vinculada con la revisión de las investigaciones más recientes sobre el cerebro hasta el 2002 llevado a cabo por científicos internacionales. La siguiente etapa estuvo bajo la colaboración de importantes instituciones de Estados Unidos, Francia y Japón, este trabajo colaborativo se extendió hasta el 2006 donde los temas de estudio fueron alfabetismo, aritmética y aprendizaje en relación a conceptos desde la neurociencia.

Entre 2005 y 2007, los esfuerzos de este grupo de trabajo se enfocaron en comenzar a integrar los procesos de investigación en el campo educativo como también en la generación de espacios virtuales, asesoramiento, creación de materiales y recursos en línea.

Durante el tiempo de ejecución de este proyecto se sumaron a la colaboración países como Argentina, Chile, México, Portugal, España, Irlanda, Singapur, China, Brasil, Austria, entre otros. Finalmente, en 2012 el programa pasó a ser el Programa Tecnología para la mejora del aprendizaje o TEL donde la búsqueda se centra en las tecnologías de la información y la comunicación, como pueden ser utilizadas para apoyar el aprendizaje y la enseñanza.

VII. Conclusiones

Los estudios desde la neurociencia y del sistema nervioso han creado una ruta para comprender con mayor precisión el aprendizaje, articulando conceptos de la biología, fisiología, psicología, entre otras disciplinas.

En la actualidad, se cuentan con diversas herramientas que permiten el estudio, registro y

evaluación de un cerebro inmerso en aprendizaje; resonancia magnética funcional, electroencefalografía, magnetoencefalografía o la tomografía por emisión de positrones. Nos permiten conocer más sobre las neuronas y su actividad, los neurotransmisores, las frecuencias de onda relacionadas a funciones cognitivas; funciones que no pueden ser observadas directamente, pero que son estudiadas desde la conducta manifiesta.

Nuestra tarea actual es aplicar estos hallazgos en una metodología de estudio y registro del aprendizaje en un contexto educativo. La labor del científico inmerso en la neurociencia es poder construir conceptos que permitan una comunicación fluida con los educadores, como también, conocer al detalle las inquietudes, dificultades y problemáticas que surgen en el contexto educativo.

Es importante reconocer que aún con el avance de estas disciplinas algunos conocimientos son limitados, por ello, la información impartida debe ser válida, su errónea aplicación o divulgación pueden llegar a tener más riesgos que beneficios para el estudiante o docente.

Referencias Bibliográficas

- Aguado-Aguilar, L. (2001). *Aprendizaje y memoria*. Rev Neurol., 32(4), 373-381.
- Álvarez-Buylla, A. & Lois, C. (1995). *Neuronal stem cells in the brain of adult vertebrates*. Stem Cells. May; 13 (3), 263-72.
- Bergado-Rosado, J.A. y Almaguer-Melian, W. (2000). *Mecanismos celulares de la neuroplasticidad*. Rev Neurol, 31(11), 1074-1095.
- Bliss, T.V. & Lomo, T. (1973). *Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following simulation of the perforant path*. J. Physiol, 232, 331-56.
- Clarke, J.R., Cammarota, M., Gruart, A., Izquierdo, I. & Delgado-García, J.M. (2010). *Plastic modifications induced by object recognition memory processing*. PNAS U S A. 107(6), 2652-7.
- Coveñas, R. y Aguilar, L. (2010). *Avances en neurociencia. Neuropéptidos: Investigación básica y clínica*. Lima, Perú: Fondo Editorial UPC.
- Daw, N. (1995). *Visual development*. New York: Plenum Press.
- Fuster, J. (2010). *El paradigma reticular de la memoria cortical*. Rev. Neurol, 50 (Supl. 3), s3-s10.
- Gruart, Agnés (2008). *¿Porqué es el cerebro humano tan bueno para aprender y pensar?*. En F. Muñoz Gutiérrez (Dir.), *El ser humano* (Vol. 2., Capítulo 15). Córdoba, España: Biblioteca BenRosch de Divulgación Científica y Tecnológica.
- Hernández, S., Mulas, F. y Mattos, L. (2004). *Plasticidad neuronal funcional*. Rev Neurol, 38, 58-68.
- Howard, P. (2011) *Investigación Neuroeducativa: Neurociencia, educación y cerebro: de los contextos a la práctica*. Madrid: Editorial La Muralla
- Klein, B. Stephen. (2002). *Learning. Principles and applications* (Fourth Edition). Nueva York: McGraw-Hill Publishing Company. Publishing Company
- Morales, B., Rozas, C., Pancetti, F. y Kirkwood, A. (2003). *Períodos críticos de plasticidad cortical*. Rev Neurol, 37(8), 739-743.
- Morgado, I. (2005). *Psicobiología del aprendizaje y la memoria: fundamentos y avances recientes*. Rev Neurol, 40, 289-297.
- O'Keefe, John & Nadel, Lynn. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford University Press.
- Ortiz, T., Poch-Broto, J., Requena, C., Santos, J.M., Martínez, A. y Barcia-Albacar, J.A. (2010). *Neuroplasticidad cerebral en áreas occipitales en adolescentes ciegos*. Rev Neurol, 50 (Supl. 3), S19-S23.
- Pantev, C., Engelien, A., Candia, V. & Elbert, T. (2001). *Representational cortex in musicians. Plastic alterations in response to musical practice*. Ann N Y Acad Sci, 930, 300-14.
- Purves, D. (e) y cols. (2007). *Neurociencia* (3ra edición) Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Sadato, N., Pascual-Leone, A., Grafman, J., Deiber, MP, Ibañez, V. & Hallett, M. (1998). *Neural networks for Braille reading by the blind*. *Brain*, 121, 1213-29.

Sharma, A., Dorman, M. & Spahr, T. (2002). *A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants*. *Ear Hear* 23, 532-539.

Puebla, R. & Talma, M. (2011) *Educación y neurociencias. La conexión que hace falta*. *Estudios Pedagógicos* 37(2), 379-388