

# Tendiendo puentes entre las neurociencias y la literatura

Edgardo Romero Galván  
Claudia Labus

## Resumen

Se destaca la introducción del funcionamiento cerebral en el aula, orientando hacia una nueva disciplina en desarrollo, la neuroeducación y su aplicación a la literatura, dirigiendo hacia un aprendizaje compatible con el cerebro. El conocimiento biológico de diferentes estructuras anatómicas cerebrales aportaría nuevas estrategias de aprendizaje, las que se verán consolidadas en la memoria a largo plazo para una mejor formación de la comunidad educativa. La lectura aumenta la conectividad neuronal estimulando la neuroplasticidad desarrollando nuevas redes de conexión originando contactos sinápticos que son la base del aprendizaje y este debe ser realizado bajo emociones positivas, estimulando el circuito de recompensa en el núcleo accumbens en los momentos de evaluación, aumentando la liberación de dopamina. Se debe motivar al estudiante estimulando el sistema activador reticular ascendente con sorpresas, novedades, creatividad, usando metáforas para fomentar el pensamiento de alta jerarquía, proveer oportunidades y así asimilar la información que más interesa, discriminando lo relevante para transferirse al hipocampo y posteriormente a la corteza cerebral. El lenguaje es uno de los aprendizajes más complejos, del que participan dos áreas cerebrales, una vinculada con todos los movimientos musculares para articular la palabra y otra que se vincula con la interpretación y comprensión de este. Estas áreas están estrechamente relacionadas a las vías neurológicas de la lectura; a través de la vía visual llegan los estímulos al área occipital correspondiente, tomando dos vías, la fonológica dorsal parietal y la léxica ventral temporal, pudiendo codificar hasta cuatro palabras por segundo. Estas áreas han sido identificadas durante la lectura por imagenología funcional in vivo. Los buenos lectores desarrollan una mayor “caja de letras” ubicada a nivel temporal, lo cual es una manifestación de neuroplasticidad.

Palabras clave: neuroeducación, neuroplasticidad, sinapsis, núcleo accumbens, hipocampo.

## Abstract

The introduction of brain functioning in the classroom is highlighted, leading to a new discipline in development, neuroeducation and its application to literature,

leading to learning compatible with the brain. The biological knowledge of different cerebral anatomical structures would contribute new learning strategies, which will be consolidated in the long term memory for a better formation of the educational community. Reading increases neuronal connectivity by stimulating neuroplasticity by developing new connection networks causing synaptic contacts that are the basis of learning and this must be done under positive emotions, stimulating the reward circuit in the nucleus accumbens at the time of evaluation increasing the release of Dopamine. The student must be motivated by stimulating the ascending reticular activating system with surprises, novelties, creativity, using metaphors to encourage high-level thinking, provide opportunities and thus assimilate the information that matters most, discriminating what is relevant to transfer to the hippocampus and subsequently to the cerebral cortex. The language is one of the most complex learning involving two brain areas, one linked with all muscle movements to articulate the word and another is linked to the interpretation and understanding of it. These areas are closely related to the neurological pathways of reading through the visual path the stimuli reach the corresponding occipital area taking two routes, the parietal dorsal phonological and the temporal ventral lexical path reaching coding up to four words per second, being able to identify areas during reading by functional imaging in vivo. Good readers develop a larger “letter box” located at a temporal level, being an expression of Neuroplasticity.

Keywords: Neuroeducation, Neuroplasticity, synapse, nucleus accumbens, hippocampus.

La sociedad está sufriendo grandes cambios, emprendiendo una transformación en muchos sentidos y la educación no escapa a ella. Esta era tecnológica y de la información, con todo al alcance en tiempo real, conlleva cambios pedagógicos, nuevas formas de enseñanza, por lo que se debería rediseñar la educación de acuerdo con los nuevos aportes; en este sentido, lo que nos brindan las neurociencias, un conocimiento mejor el cerebro y de los mecanismos neurobiológicos del aprendizaje, puede ser aplicado en el aula. En el desarrollo de la capacidad cerebral se deben tener en cuenta los tiempos y formas en que se aprende y rediseñar los sistemas que influyen en todos los procesos de aprendizaje.

*El valor del conocimiento es lo único que crece con la abundancia a diferencia de todos los demás recursos que sus valores crecen con la escasez (Stewart, 1997). En el futuro ya no recurriremos a “mano de obra”, sino que se requerirá de “cerebro de obra”; se necesitan mentes en*

acción y en educación continua, donde el conocimiento representa uno de los valores más destacados para lograr un éxito sostenible en cualquier desempeño, y para ello debemos apuntar a una *educación compatible con el cerebro* (Hart, 1983), es decir, una educación diseñada que ajuste los escenarios y la instrucción a la naturaleza y función del cerebro.

Debemos adquirir habilidades para incorporar información, transformarla en conocimiento y luego consolidarla en aprendizaje que pueda ser compartido rápidamente y puesto en práctica dónde, cómo y cuando sea necesario; constituye la capacidad organizativa más destacada para enfrentarse a las complejas transformaciones sociales (Dogson, 1993), (Nonaka, 1994).

Es indispensable buscar un vínculo entre el conocimiento y la realidad a la cual nos enfrentaremos en el futuro, para poder aplicar de la mejor manera posible dichos conocimientos y analizar el alcance del impacto que pueda tener a nivel personal y social. El verdadero valor del conocimiento adquirido a través del aprendizaje reside en su integración en la forma del actuar docente, así como en las prácticas habituales; si bien el conocimiento por sí mismo no necesariamente conduce a mejores resultados, el gestionarlo y planificarlo puede moderar y facilitar los resultados al transmitir lo que queremos enseñar, transformando el conocimiento en una fuente de ventajas y de logros sostenibles (Vera y Crossan, 2000).

Al enfrentarnos a los rápidos cambios sociales, las tecnologías que hiperproliferan, a los competidores que se multiplican y productos que pronto quedan obsoletos, solamente podemos competir creando nuevos conocimientos y descubriendo el funcionamiento de nuestro cerebro para crecer en neuroplasticidad y mejorar así la capacidad de adaptación y anticipación a las exigencias del entorno, desarrollando y aplicando la inteligencia intra e interpersonal.

Hace algunos años surgió la idea de introducir el tema del cerebro a las aulas y el punto de partida fue el primer curso realizado sobre mente, cerebro y educación, inaugurado en la Escuela de Educación de Harvard por Howard Gardner y Kurt W. Fischer en el año 2000.

Este fue el nacimiento de una nueva ciencia, la neuroeducación, la cual está en plena construcción y une diferentes disciplinas como las neurociencias, la pedagogía, la psicología y sociología. Es una intersección entre las neurociencias y las ciencias de la educación (Bruer John, 1997, 2002, 2008), (Lipina y Sigman, 2011) y procura que los actores que participan en el proceso educativo identifiquen los orígenes y finalidades que provienen de todas estas ciencias que se amalgaman bajo esta nueva disciplina, que persigue afianzar la acción de los agentes educativos en el acto educativo, tanto en quien enseña como en quien aprende. Con estos nuevos conceptos se evidencia el advenimiento de una nueva profesión: la de neuroeducador (Mora, 2013).

Somos entidades biológicas diseñadas para aprender y no solo el cerebro participa sino todo el cuerpo en su totalidad, como una unidad, cuerpo, cerebro, mente y medioambiente (UCCMM). Debemos desarrollar una enseñanza, un ambiente escolar, un currículum y una evaluación acordes con el cerebro: conocer su actividad es una herramienta invaluable para la tarea docente.

Por lo general la mayoría de los docentes han estado prestando atención a lo que deben de hacer para enseñar, preparando sus clases, planificando cómo explicar, cómo examinar y evaluar, pero pocas veces se han preguntado cómo aprenden nuestros alumnos, que es lo que verdaderamente les interesa aprender y cuánto queda de todo lo aprendido en la formación de cada estudiante, cuánto verdaderamente usará para su desempeño en la sociedad del futuro. Se debe *considerar y valorar el aprendizaje como la única habilidad competitiva a largo plazo* (Papert, S., 1981), desarrollando el construccionismo como una visión del aprendizaje. Podemos orientar mejor el aprendizaje de cada estudiante si se conoce cómo aprende; conocemos poco sobre el cerebro del que enseña y aún menos del que aprende; enseñando aprendemos constantemente, como lo afirmaban los maestros de la antigüedad, *docendo discimus*. Nuestro cerebro, independientemente de la edad, es capaz de aprender y enseñar en cualquier momento y lugar: no existen fronteras para educar el cerebro humano, somos un constante aprendizaje. *Si lo que aprendemos evoluciona rápidamente, la forma en que ha de aprenderse y enseñarse debería también evolucionar a la par* (Pozo, 1996).

Para mejorar la capacidad de aprender se debe proporcionar estrategias para la solución de problemas, una buena y correcta planificación, desarrollar creatividad, potenciar la virtualidad, despertar el interés y darle al alumno habilidades de aprender a aprender: *deuteroaprendizaje* (Bateson, 1991). En una sociedad del conocimiento, uno de los objetivos es el logro de aprendices eficaces y que estos preparen para transitar un proceso de educación permanente, dándole contenido, sentido y significado a toda la información adquirida para convertirla en conocimiento productivo. El alumno debe asumir el control activo de su aprendizaje, autocontrol y autorregulación responsabilizándose de su propio aprendizaje, dirigido por un docente enseñante y aprendiz a la vez (Varela, Ivanchuk, 2010).

La neuroeducación nos posibilita el conocimiento de los mecanismos de aprendizaje, así como de enseñanza, explicando los métodos neurobiológicos y neurocognitivos, estudiando el cerebro de quien aprende y de quien enseña a través de técnicas de imagenología in vivo, como resonancia magnética funcional y tomografía por emisión de positrones. Debemos tener muy presente que todos aprendemos en tiempos y formas diferentes, que aprendemos de todos hasta nuestro último día de vida, y que la educación debe ser continua y permanente, extendiéndose a toda la vida.

Introducir el cerebro en las aulas, conocer su anatomía y sus funciones enriquecerá la actividad docente. Al estimular la neuroplasticidad con los nuevos aprendizajes, los docentes tienen una gran responsabilidad porque moldean cerebros en sus aulas, lo cual se intensifica con el trabajo en equipo e interdisciplinario, que permite un enriquecimiento mutuo.

El cerebro codifica, procesa y reinventa el mundo tal como un escritor concibe una novela o un lector la descifra y la imagina. Es una constante creatividad en la que participan diferentes áreas cerebrales que son de especial interés para los docentes; conocerlas y buscar estrategias para estimularlas.

El cerebro como órgano pesa 1350 gramos y consta de un número de neuronas que se calcula en cien mil millones, a razón de un millón

por milímetro cúbico de corteza cerebral y cada una con más de diez mil sinapsis, calculándose unos cien trillones de sinapsis que podrían guardar trescientos trillones de bits de información. El cerebro consume un 20% de la energía, 40% de oxígeno y unos 700 ml de sangre. La corteza cerebral consta de seis capas celulares con un espesor de 4,5 milímetros y si extendiéramos toda la corteza abarcaría entre 1500 a 2200 centímetros cuadrados.

Las neuronas se intercomunican a través de estímulos eléctricos y químicos; los primeros se inician con el intercambio de iones sodio, potasio y cloro a través de la membrana neuronal generando un potencial de acción con una velocidad de casi 500 km por minuto. La comunicación química se realiza a través de neurotransmisores sintetizados por las neuronas a partir de aminoácidos, aportados por la dieta proteica y administrados a las neuronas por intermedio de los astrocitos que están en contacto con la red capilar. Estos neurotransmisores son trasladados envueltos en vesículas a través de microtúbulos por el axón y a diferentes velocidades, desde 5 a 400 mm por día, por medio de la proteína kinesina que interactúa con las proteínas vesiculares, hasta llegar a la membrana final del axón de la neurona presináptica, para fusionarse a través de interacciones proteicas generando un poro, expulsando 34 mil moléculas por milisegundo de neurotransmisores hacia la hendidura sináptica; su principal destino es unirse a receptores en la neurona postsináptica, permitiendo el ingreso del ion calcio para activar proteínas kinasas intracitoplasmáticas de señalización estimulando genes a nivel nuclear que participan en la síntesis de proteínas como la CREB, principal componente en la memoria a largo plazo, y llevando a un crecimiento dendrítico a partir de estructuras denominadas filopodios y espinas dendríticas las que crecen con el nuevo aprendizaje, estimuladas por el factor neurotrófico. Si los nuevos conceptos adquiridos tienen vinculación con el aprendizaje previo, se refuerza las sinapsis, fenómeno denominado *metaplasticidad* (Abraham y Bear, 1996), reforzando redes ya existentes; en cambio si no hay vinculación entre ambos y los conceptos cambian radicalmente, esto implica un obstáculo para el nuevo aprendizaje, ya que la sinapsis debe desconectarse y la dendrita correspondiente va a la

atrofia, suprimiendo viejas redes para crecer por nuevas vías y formar nuevos contactos sinápticos.

Durante todo nuevo aprendizaje se producen estos fenómenos descritos, con un amplio desarrollo y crecimiento dendrítico formando nuevas redes que han sido denominadas redes *hebbianas* (Hebbs, 1949), regla de Hebbs, por activación en forma repetida y simultánea de neuronas vecinas denominándose *teoría de la asamblea celular*.

Estos cambios constantes que se producen en el cerebro durante el aprendizaje son denominados *neuroplasticidad* y se pueden definir como el potencial para el cambio, la facultad de modificar nuestra conducta y adaptarnos a las demandas de un determinado contexto (Gollin, 1981), es una capacidad de armar, de fortalecer, de desarmar y debilitar redes neuronales.

La primera área anatómica de interés para los docentes es el sistema activador reticular ascendente que denominaremos SARA, es un núcleo neuronal situado en el tronco cerebral, en el cerebro reptiliano (Mac Lean, 1969); ha sido el primero en la etapa evolutiva hace unos 300 millones de años, denominado *arquicerebro*, cuyas principales funciones son de supervivencia, transmitir el material genético y el mantenimiento físico del cuerpo, controlando las necesidades básicas a través de los centros vitales. Responde rápidamente a situaciones de peligro y está siempre alerta, ataca o huye, reaccionando en forma agresiva. Es instintivo, resistente, ritualista y cuida su territorio.

El aprendizaje se verá favorecido si ayudamos el cerebro reptiliano generando confianza a través de un gesto positivo por parte del docente, en un ambiente áulico armónico y seguro, destacando los logros personales, aumentando la autoestima con espacios para el humor, la música, la alegría y lectura de cuentos o diferentes obras literarias. Se debe destacar los logros personales y las diferentes habilidades que poseen los alumnos.

El SARA es el núcleo al que llegan la mayor cantidad de información a través de los sentidos, constituyendo el primer filtro donde se hace una selección de lo que verdaderamente interesa, de lo relevante, para continuar hacia el tálamo y de este a la corteza cerebral

para quedar como aprendizaje. La forma de estimular el SARA es con novedades, sorpresas y motivaciones, es el centro de la atención focalizada que es la capacidad de dirigir la información hacia una sola fuente, que suele ser el estímulo más relevante, y es el primer proceso atencional que se adquiere durante el proceso madurativo. La atención es uno de los principales factores para un buen aprendizaje, sin atención no se aprende, sobre todo, en los momentos actuales, donde se encuentra erosionada, fraccionada e interrumpida por múltiples estímulos; la tecnología en la era digital implica fenómenos distractores, por lo que los docentes tendrán que ser entrenadores de atención para obtener un mejor aprendizaje.

Estamos enfrentados a una verdadera cultura de la interrupción y una atención fraccionada que erosiona e incide negativamente en el aprendizaje; el grado de fragmentación se correlaciona con estrés, frustración y baja creatividad. *La erosión de la atención se explica por los efectos de la sobrecarga, la alta velocidad, la hiperfragmentación y la multitarea sobre la capacidad de atención* (Jackson Maggie, 2008). Actualmente existen programas para docentes y alumnos que ayudan a entrenar la atención para obtener un mayor rendimiento en el aprendizaje y en la memoria de trabajo (Klingberg, 2008), la atención es considerada como un sistema y debería estar en los planes de estudio con algún programa de capacitación para trabajar la atención, en un mundo con sobrecarga de información y estímulos de todo tipo.

La atención es un sistema complejo compuesto de tres redes o tipos de atención que interactúan entre sí y corresponden a la red de alerta, la red de orientación, que orienta ante la aparición de cada nuevo estímulo, y la red de atención ejecutiva, que regula la planificación al tomar decisiones, modelo propuesto por Posner (Petersen, Posner, 2012). Desde los trabajos de Torkel Klingberg diseñando programas informáticos para mejorar la atención ejecutiva y la memoria de trabajo, denominado *RoboMemo*, Michael Posner y otros neurocientíficos han investigado sobre el entrenamiento de la atención en niños de 6 años; estos mostraron un patrón de actividad en la corteza del módulo cingular anterior, considerado el epicentro de la atención ejecutiva, por lo que se aconsejan a los educadores incorporar

programas de entrenamiento de la atención en la educación desde la etapa preescolar (Rothbart, 2011). El tema de la atención se plantea como una problemática del siglo XXI; su interrupción y fragmentación debería ser una cuestión social colectiva, a nivel docente, a pesar de que aún se desconocen los circuitos neuronales que se activan durante su interrupción.

Otra estructura de interés para los docentes es el sistema límbico formado por la amígdala cerebral, el hipocampo, la circunvolución del cíngulo, el tálamo, hipotálamo, entre otras regiones anatómicas interconectadas entre sí; este sistema surgió con la aparición de los mamíferos hace unos 180 millones de años siendo denominado por Paul Mac Lean como cerebro de mamífero, cerebro medio, emocional o paleocerebro, formado por encima del reptiliano, y con él aparece en la evolución la capacidad de aprender (Mac Lean, 1969).

Esta región anatómica es fundamental en el aprendizaje por ser el centro donde se generan las emociones, sobre todo la amígdala, emociones tanto positivas como negativas. Las primeras perduran menos tiempo que las negativas y estas últimas, como la depresión, la angustia y todas las ideas corrosivas como la envidia, vergüenza, avaricia, odio, ira, la culpabilidad, inciden muy negativamente en todo aprendizaje; solo se aprende si tenemos emociones positivas, las que son verdaderos impulsos para la acción y favorecen los procesos de atención, de recuerdo, el significado y la toma de decisiones. Se debe captar la atención de la amígdala por medio de novedades, creatividad, situaciones motivadoras y obras literarias que despierten entusiasmo y gran interés. Un gesto amigable, una sonrisa cálida por parte del docente en la clase enciende al sistema límbico de los alumnos hacia un aprendizaje libre de amenazas, en cambio un gesto de enojo lo encenderá hacia la alerta llevando a una conducta de alejamiento; esta es la verdadera función del sistema límbico, siempre estar alerta para actuar frente a cualquier estímulo que represente un peligro o una amenaza.

El hipocampo es una importante región en el lóbulo temporal que participa directamente en la consolidación de la memoria de corto plazo a largo plazo, en el almacenamiento, en codificar y recuperar

la información, en evaluar los estímulos ponerlos en su contexto. Se descubre que esta estructura participa directamente en la memoria desde el caso clínico de Henry Gustav Molaison (H. M.) en la década del 50, que sufría de convulsiones incontrolables desde los 16 años; para resolver su epilepsia postraumática Milner y Scoville en 1953 le realizaron una neurocirugía del lóbulo temporal que logró eliminar las convulsiones, pero el paciente nunca más recuperó su memoria a largo plazo (murió en 2008 a los 82 años), por haberse involucrado ambos, hipocampos y las amígdalas en la exéresis temporal. Es considerado el caso que más ha aportado a la neurociencia (Scoville, Milner, 1957); H. M. sufrió toda su vida de amnesia anterógrada, la cual afecta marcadamente el aprendizaje a partir de información nueva de tipo conceptual.

En esta región se ha confirmado la formación de nuevas neuronas, neurogénesis a partir de células indiferenciadas en la zona denominada *girus dentado* en sus zonas subventricular y subgranular (Erickson, 1998). Cuando se aprende una nueva tarea, el número de neuronas en esta región aumenta en forma abundante, por lo que el aprendizaje, además de estimular el crecimiento de dendritas para formar nuevas sinapsis, estimula la proliferación de nuevas neuronas, su supervivencia, la migración neuronal y la diferenciación. Un ambiente enriquecido y el ejercicio físico incrementan la neurogénesis, la dendrogénesis y la sinaptogénesis; este efecto positivo está dado por favorecer la síntesis y liberación de neurotransmisores, de proteínas como el factor neurotrófico (BDNF), que aumentan con el ejercicio por el incremento de la hormona muscular irisina, descubierta en 2012 (Bostrom, 2012), que estimula la síntesis de estos factores, activando genes que participan en la memoria y el aprendizaje. Esta hormona muscular tiene efectos neuroprotectores por estimular la neuroplasticidad e interactuar directamente en hipocampo; se aprende más y mejor en movimiento.

El factor neurotrófico (BDNF) fue identificado por Rita Levi Montalcini (Cohen, Levi-Montalcini, 1954), es sintetizado por los astrocitos, estimulan el crecimiento dendrítico y actualmente se han

descrito alteraciones en el gen que codifica dicha proteína llevando a una atrofia del hipocampo con deterioro progresivo en la memoria.

El girosgingular anterior a nivel del lóbulo prefrontal corresponde al módulo de la atención sostenida, que es la capacidad de mantener la atención en determinado proceso en un período de tiempo; este centro es importante en el aprendizaje ya que mantener la atención en todo el proceso incrementa lo cognitivo. Se debe conocer los ciclos de atención durante una clase de cuarenta minutos: el primer período de alta atención corresponde a los primeros 15 minutos; la atención desciende hasta los 30 minutos; por último, luego tenemos un segundo ciclo de atención hacia los 40 minutos, aunque más bajo que el primero. Es interesante conocer este ciclo para aprovechar el momento de máxima atención al dictar una clase, ya que permite desarrollar estrategias en cuanto al tiempo de descanso y las actividades motivadoras según los ciclos. El tiempo que duran las clases está siendo estudiado y reevaluado, sobre todo a partir de los conceptos de Francisco Mora, quien plantea que las clases deberían ser de menor tiempo, erradicando la duración de 45 o 50 minutos para aprovechar los ciclos de mayor atención. Plantea que estar horas sentado es antipedagógico por la falta de movimiento, por el fraccionamiento de la atención y por su constante interrupción (Mora, 2013); asimismo, el autor menciona que se debe romper con algún elemento disruptor cada 15 minutos para que no desciendan los niveles de atención y, debido a lo selectiva que es la capacidad cognitiva para seleccionar estímulos en ambientes con muchos distractores, y mantener la concentración, el alumno va a optar por el estímulo más relevante. Esto muy importante en las clases numerosas, en las que hay muchos distractores que impiden un buen aprendizaje. Explicar un nuevo contenido a los alumnos debería ser corto, muy preciso, claro y no emplear más de 15 minutos, aprovechando el tiempo de máxima atención para una mayor concentración. Si tenemos en cuenta estos conocimientos sobre los ciclos de atención, se deberían establecer programas de aprendizaje en períodos cortos e insertando momentos de descanso y relajación o reflexión sobre los temas enseñados, para dar tiempo al procesamiento, asimilación y consolidación. La atención se mantiene por más tiempo

cuando tenemos mucha información sobre algo o de un determinado tema, debido a que el procesamiento de dicha información es mayor y más áreas cerebrales se ponen al servicio de la atención.

Sin emociones y sin motivación no se puede aprender; es necesario despertar una constante curiosidad, que es el mecanismo cerebral que detecta lo diferente en la monotonía habitual diaria, por lo cual es comenzar la clase con algún elemento provocador, con frases o imágenes chocantes; la región anatómica vinculada a estos procesos es el núcleo accumbens, que participa directamente en la motivación de los alumnos, en la risa, el placer y las adicciones; es un núcleo dopaminérgico, que libera dopamina. Este neurotransmisor mantiene el entusiasmo, genera iniciativas e incentiva a seguir avanzando en las tareas planificadas, como en la lectura de una obra literaria, por ejemplo. Genera un circuito de recompensa al momento de las evaluaciones por parte del docente; cuando se evalúa la tarea de un estudiante se está actuando en este núcleo, generando un mayor estímulo para seguir avanzando en el aprendizaje. Se produce un circuito de retroalimentación inmediata de los docentes con el trabajo del estudiante, liberándose endorfinas y más dopamina, para así poder disfrutar con entusiasmo, motivación e iniciativa de lo que estamos haciendo, leyendo y aprendiendo; en estos procesos participan tanto variables biológicas y psicológicas como sociales y cognitivas, además de la propia de personalidad de cada participante. La motivación es como un estado energético, excitatorio y de intensidad emocional que nos lleva hacia una conducta positiva frente al estudio y aprendizaje, sobre todo cuando el docente emplea un lenguaje positivo hacia sus alumnos, siendo más destacado si se presentan ciertas dificultades en el aprendizaje de un determinado tema, en este caso literario. Todo dependerá de la forma de enseñar: es necesaria una enseñanza activa, dinámica, con ritmo y cambios en la exposición, todos estos factores que favorecerán la atención, en comparación con una clase monótona y aburrida.

Hay factores que pueden alterar la motivación y la atención como un ambiente áulico negativo, poco iluminado, una temperatura inadecuada, la falta de sueño, así como la pobre alimentación y el poco aporte hídrico, asociados a alteraciones emocionales y estados de es-

trés; todo esto incide negativamente en la enseñanza y el aprendizaje. Es importante incidir sobre la motivación con nuevos estímulos para explorar y conocer, siempre en la búsqueda de novedades y con atracción en los contenidos que llevarán a la liberación de dopamina a nivel del accumbens. Se debe evitar actitudes amenazantes, muy pasivas, descorteses, aburridas y estables las que inciden negativamente en el aprendizaje y llevan a una falta de motivación. Hay una estrecha interrelación y sincronización entre el núcleo accumbens, hipocampo y lóbulo prefrontal en el momento de almacenar una nueva información, que proporciona un mecanismo para actualizar los recuerdos guiando los comportamientos futuros, de acuerdo con la información almacenada previamente. El núcleo accumbens participa también directamente en la consolidación de la memoria, hallazgos recientemente descubiertos de neuronas de consolidación en este sistema de recompensa (Canals, Gino, 2018).

No solo participa este núcleo en estos procesos, sino también neuronas del lóbulo prefrontal izquierdo, relacionado con pensamientos positivos por liberación de dopamina y endorfinas placenteras; se debe lograr que estos estados positivos permanezcan el mayor tiempo posible recurriendo a diferentes estímulos y evitar la desmotivación temporal del alumno. La falta de motivación puede deberse a un ambiente incómodo en la clase, por un tono de voz, un gesto negativo o una mirada distante por parte del docente o de un compañero y hasta el propio estilo de enseñanza que llevan a alterar la atención y dar un resultado negativo en el aprendizaje. La desmotivación puede también proceder del propio alumno por falta de interés en la literatura, por falta de objetivos personales, por inseguridad en el tema, por tener una personalidad y emociones negativas. Pero el propio cerebro es capaz de usar recursos y vías neurobioquímicas que contrarresten estos fenómenos si se enfrenta a un hecho novedoso que incite la curiosidad y el entusiasmo, que sea relevante. Se trata de enseñar a disfrutar del conocimiento y de obra literaria por su propio valor, como agente motivacional, y lo que quiso expresar y transmitir el autor. Despertar interés por el conocimiento, conocer las expectativas y logros para poder llegar al éxito como vehículo en la enseñanza.

Las funciones ejecutivas en el aula son de vital importancia; en este punto, debemos centrarnos en el lóbulo prefrontal (LPF), que en la evolución es el que nos ha hecho humanos, con capacidad de razonamiento, de asimilación de todo lo aprendido, con dedicación al hacer, actuar, ejecutar, elegir, manejar adversidad y relaciones interpersonales, evaluando la información procedente de las regiones anatómicas estudiadas previamente que corresponden a lo subcortical. Cumple con funciones y estrategias de organización, de planificación, de capacidad de concentración selectiva y atención sostenida. Nos permite el relacionamiento con los demás y crecer en inteligencia emocional, tomar decisiones voluntarias y tener capacidad de elección.

Las funciones ejecutivas primordiales son: la memoria de trabajo, que permite retener la información por cortos períodos de tiempo y que puede perderse fácilmente con la mínima interferencia; la flexibilidad cognitiva, que nos permite cambiar la atención en respuesta a diferentes demandas, y la inhibición, como capacidad de frenar respuestas impulsivas y el autocontrol emocional procedente del sistema límbico.

El LPF es la región más desarrollada, ocupando la tercera parte de toda la corteza cerebral y un 20 % del lóbulo frontal, completa su maduración hacia los 25 años, entendiéndose por maduración la formación de vainas de mielina axonales por parte de una célula denominada oligodendrocito la cual va envolviendo los axones.

En el LPF izquierdo se encuentra el módulo de la interpretación; si bien aún no se ha identificado su núcleo, se conoce su activación al momento de poder interpretar lo que estamos leyendo o haciendo, evalúa constantemente el estado del cuerpo y la mente para encontrar un sentido coherente a todo lo percibido, nos permite comprendernos, comprender al otro y controlar situaciones e impulsos que se verán reflejadas en el relacionamiento social, controlando las emociones negativas e ideas corrosivas y guía nuestras percepciones (Gazzinaga, 2006).

Este lóbulo consta de cuatro módulos neuronales: el orbitofrontal, el dorsolateral, el ventromedial y el cingular anterior, cada uno

cumpliendo funciones diferentes. El dorso lateral es el responsable de seleccionar entre varias opciones posibles, de tomar decisiones voluntarias y hacer planes futuros. Es el encargado de la perseverancia hasta conseguir un objetivo. Analiza los resultados de los planes, de acciones y cambiar si fuera necesario. El orbitofrontal nos libera de los impulsos inhibiendo las acciones inapropiadas, veta el impulso emocional procedente del sistema límbico, sobre todo de la amígdala. El ventromedial es el lugar donde las emociones se convierten en sentimientos y da sentido a nuestra existencia. Finalmente, el cíngulo anterior es el módulo de la atención sostenida y ejecutiva, como ya mencionamos, y es importante para un mejor aprendizaje, controlando los distractores, desarrollando planes y elaborando metas.

La lectura es el verdadero gimnasio de la mente: cuanto antes se automatice esta, más podrá el alumno concentrar su atención en comprender lo que lee y volverse así un lector autónomo, tanto para aprender como para su propia diversión y entusiasmo con la lectura.

La literatura debe ser como un juego, con música y en movimiento; la música estimula cinco áreas diferentes en el cerebro: la auditiva, la motora, al tocar un instrumento, el LPF con su módulo de la atención sostenida, la amígdala despertando emociones positivas y el área visual. Se trata de leer una obra literaria siempre jugando y compartiendo el tiempo de la actividad, formando grupos de estudiantes, aportando diferentes ideas, complementándose en el aprendizaje.

Los mayores progresos de la neuroeducación han sido en el dominio de la lectura y escritura. En este sentido, se sabe que existen vías neurológicas de la lectura y del lenguaje; se ha identificado el área de formación visual de la palabra (VWFA), ubicada en la región ventral occipitotemporal, también denominada por Dehaene como *caja de letras*, la cual se ve muy estimulada en los grandes lectores, con una gran conectividad por conexiones neuronales (Dehaene, 2013), activándose el centro de Déjerine ubicado en la zona de transición entre el lóbulo parietal y occipital, es el área de integración simbólica de la lectura. Es considerada la zona de máxima integración e interpretación simbólica de los estímulos visuales y nos permite comprender el contenido de

un mensaje escrito, por lo que se considera el centro de la lectoescritura porque percibe y analiza los grafemas. Asocia la configuración gráfica a las imágenes auditivas, verbales y motrices de los fonemas del lenguaje a través de conexiones con las áreas de Broca y Wernicke (Ortiz, 2009) y usando la vía fonológica dorso parietal y una vía ventral temporal denominada léxica. Esta área está interconectada con las del lenguaje como la de Wernicke situada en el lóbulo temporal, su función es de comprensión y descifrar el lenguaje, codificándose cuatro palabras por segundo, a razón de una cada 250 milisegundos. Desde esta área se conecta con el área de Broca en el lóbulo frontal, con función en la formación de las palabras y con el complejo sistema muscular de articular las palabras.

Leer una novela aumenta la conectividad, ya que construimos simulaciones mentales intensas de las escenas (Jeffrey, 2009), (Berns, 2013), lo que estimula el sistema límbico, participando las diferentes emociones que inciden en el aprendizaje.

Es muy importante generar el hábito de la lectura desde temprana edad. Según un estudio de la NOP, los países que más leen en el mundo son India, Tailandia, Filipinas y Egipto leyendo más de 10 horas por semana, mientras que en el otro extremo está Uruguay, donde se lee menos de 3 horas por semana (WCSI, 2017).

Una forma importante de aprendizaje es por imitación, en la que participan las neuronas en espejo (Rizzolatti, 1996) que reproducen acciones de otros sujetos; son de destacada importancia en el aprendizaje ya que también aprendemos de este modo. Demuestra que somos sociales y necesitamos de la experiencia, de la motivación, de la empatía y de la creatividad. Estas neuronas participan directamente en la ficción y en la capacidad que tenemos de reflejar los estados emocionales de los que nos rodean, de ponernos en el lugar del otro.

Esta capacidad de simulación nos permite entender una obra de teatro tanto si somos actores como si somos espectadores; al leer una novela nos ponemos en el lugar de los personajes, prácticamente vivimos su mundo y hasta adoptamos perspectivas al desarrollarse la narración. Un escritor, cuando crea su obra literaria, también utiliza

estos recursos. La lectura, como las artes plásticas y las obras de teatro, activan circuitos neuronales en espejo y nos vuelven más sensibles, estimulan la simpatía y la empatía. Leer novelas nos transporta, ya que experimentamos en nuestro cerebro sensaciones físicas y de movimiento que son idénticas a la que vive el protagonista de la historia narrada; esto se ha confirmado por imagenología in vivo (Gregory Berns) observándose la activación neuronal que se expresa en conectividad, transformando, moldeando el cerebro. En los casos de novelas surrealistas, su lectura aumentaría la capacidad expresada en inteligencia, y si es una literatura de ficción, incide en la creatividad conduciendo hacia una mente en crecimiento ayudando a tomar mejores decisiones. La lectura produce un afecto antiestrés, sobre todo de relatos de ficción y aumenta la reserva cognitiva, obliga al cerebro a pensar, a ordenar las ideas, a interrelacionar conceptos y a imaginar, permitiendo mejorar la capacidad intelectual estimulando nuestras neuronas, como lo afirma García Ribas. Se ha demostrado que a mayor reserva cognitiva mayor es la capacidad cerebral para compensar el daño producido por ciertas enfermedades degenerativas.

Desde hace unos años se está realizando metaanálisis (Hattie, 2012) abarcando 800 trabajos publicados, reuniendo 240 millones de alumnos, lo que ha permitido establecer las 150 influencias más relevantes sobre el aprendizaje, siendo la primera la expectativa del alumno, lo que espera del aprendizaje. Esto plantea la relevancia del aprender de forma significativa, en forma realista, con motivación y para la práctica, que les sirva a los alumnos para salir del aula hacia la realidad social. Le siguieron la autoestima y la confianza, así como las creencias propias sobre su rendimiento académico. Las variables que afectan el rendimiento de los estudiantes han sido evaluadas en otro metaanálisis (Hattie, 2015, analizando 1200 trabajos publicados con 65 mil estudios y 1,5 millones de estudiantes, desde edad preescolar hasta universitarios, donde el 50% de las variables dependen de los propios estudiantes y un 25% dependían de los docentes. El docente debe ser un buen evaluador de su propio proceso de aprendizaje, sin olvidar que aprendemos de nuestros alumnos y que los errores son siempre bienvenidos porque también aprendemos de ellos; debemos

tener en cuenta que la inteligencia es muy cambiante, es expresión de la neuroplasticidad y que no tenemos una mentalidad fija.

Como ya lo mencionamos, todos aprendemos en tiempo y formas diferentes, con cierta afinidad por tal o cual asignatura. Y a aquellos que creen que tienen una mentalidad fija para la literatura, debemos enseñarles cómo cambia nuestro cerebro hacia una mentalidad de crecimiento (Dweck, 2008, 2012). Los alumnos con mentalidad fija evitan el fracaso y los retos, se atienen solo a lo que saben, no cambian ni mejoran, muestran escaso interés por el crecimiento académico; en cambio, los que ya son con una mentalidad de crecimiento desean aprender continuamente, abriéndose a los retos sin temor a fallar y poniendo mucho esfuerzo por aprender.

Un estudio observacional (Blackwell, 2007) con alumnos en cursos de matemáticas demostró un mejor rendimiento en aquellos que creían tener una mentalidad de crecimiento, versus los de mentalidad fija, y en un grupo de 99 alumnos de séptimo grado con mentalidad fija, fueron divididos en dos subgrupos dándoles a los primeros un curso sobre cerebro y neuroplasticidad versus al segundo subgrupo, que no recibió dicho curso. Los primeros tuvieron un cambio muy favorable en su mentalidad fija, hacia el crecimiento, y los del segundo subgrupo tuvieron un progresivo empeoramiento en sus calificaciones. Se concluye que al enseñarles que nuestro cerebro cambia permanentemente y que todos podemos, si nos lo proponemos, estos alumnos pudieron pasar de la mentalidad fija a una de crecimiento; este estudio es uno de los más destacados que confirman los aportes de las neurociencias en la educación y que la comprensión y estudio del cerebro nos introduce al nacimiento de la ciencia del aprendizaje. Este estudio debería ser aplicado a todas las demás asignaturas para demostrarles a los estudiantes que siempre se puede lograr un aprendizaje.

Estudios de imagenología (Moser, 2011) han confirmado estos fenómenos biológicos, ya que hoy podemos estudiar el cerebro in vivo; los alumnos con mentalidad fija tienen una escasa actividad eléctrica cerebral, en cambio aquellos con mentalidad de crecimiento presen-

tan una gran actividad eléctrica y metabólica con un alto consumo de oxígeno, de glucosa y aumento en la síntesis de neurotransmisores.

El cerebro para aprender necesita de movimientos y no de sedentarismo, los movimientos estimulan el crecimiento dendrítico con una mayor conectividad. Efecto también producido si se aprende con humor y sin emociones negativas, con un buen aporte hídrico, debido a que el cerebro tiene 75 % de agua, y con una equilibrada alimentación rica en aminoácidos y en glucosa. Un cerebro con hambre no puede aprender.

Es fundamental para el aprendizaje un descanso saludable, dormir entre 7 a 8 horas, con una buena regulación del conjunto de neuronas del hipotálamo que se vinculan con las actividades sueño/vigilia; siendo este uno de los ciclos más complejos del cerebro humano, es muy importante que se tome en cuenta este proceso durante el aprendizaje y la educación. Los cambios sociales y tecnológicos han conducido a una sociedad que permanece más tiempo despierta, afectando la adaptación natural de millones de años del ciclo diario luz y oscuridad. El cerebro está sufriendo las consecuencias de la pérdida de horas de sueño (se calcula una pérdida de más de 2 horas en las últimas décadas).

Habitualmente no se contempla en los horarios escolares y liceales las necesidades del sueño, afectando un sano y correcto aprendizaje, por lo que se debería respetar la cronobiología. Surge así el concepto de *cronoeducación*, que permitiría tomar decisiones pedagógicas acordes con el ritmo circadiano sueño/vigilia de los alumnos y encontrar los momentos óptimos para aprender.

Las clases deberían comenzar más tarde en el tiempo, ya que actualmente los estudiantes llegan a los centros educativos fatigados y somnolientos, con pocas ganas de encarar estudios exigentes y, sobre todo, cuando a primera hora comienzan con matemática, ya que en ese horario, se deben evitar asignaturas de razonamiento; lo ideal en las primeras horas es comenzar con música, expresión plástica, dibujo, deportes y prácticas educativas acordes a los conocimientos crono-

biológicos, para mejorar de esta manera la calidad del aprendizaje e incidir directamente en la consolidación de la memoria.

Habiendo analizado los mecanismos neurobiológicos del aprendizaje y las complejas redes neuronales que participan en este, donde interactúan las diferentes estructuras anatómicas, podemos concluir que los docentes debemos estimular la lectura incentivando el SARA y desencadenar emociones positivas estimulando el sistema límbico, generar liberación de dopamina para que el cerebro mantenga la atención, fijar los nuevos conocimientos e incentivar motivación, además de estimular en núcleo accumbens al momento de evaluar el aprendizaje. Se debe aprovechar el tiempo óptimo de la atención, adecuando la duración de las clases, llamando la atención al SARA, incorporando en las clases sorpresas y novedades. En todo proceso de aprendizaje, vamos a recordar con mayor facilidad lo significativo, lo que capta mayor atención, lo vinculado a nuestros conocimientos anteriores y aquello que nos causa gran impresión; por el contrario, olvidaremos con facilidad lo que no tiene sentido aprender, lo que no tiene vinculación con aprendizajes previos y que, muchas veces, implican un verdadero obstáculo para el nuevo aprendizaje.

## Bibliografía

- Abraham, W. y Bear, M. "Metaplasticity: the plasticity of synaptic plasticity". *Trends Neurosci* 19, (1996), 126-130.
- Bateson, G. *Pasos hacia una ecología de la mente*. Buenos Aires: Ed. Planeta, 1991.
- Berns et al. *Brain connectivity* 3, 6, (2013), 590-600.
- Bostrom P. et al. "A PGC1- $\alpha$ - dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis". *Nature* (2012), 481:463-8.
- Blackwell, L. et al. "Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition: a longitudinal study and an intervention". *Child Development* 78, 1 (2007), 246-263.
- Bruer, J. *Escuelas para pensar. Una ciencia del aprendizaje en el aula*. Buenos Aires: Paidós, 1997.

- Cohen S., Levi-Montalcini R. y Hamburger V. A nerve growth stimulating factor isolated from sarcom AS 37 and 180. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 40 (1954), 1014-1018.
- Dehaene, S. "Inside the letterbox: how literacy transforms the human brain". *Cerebrum: the Dana forum on brain science* 7 (2013).
- Dehaene, S. et al. "Illiterate to literate: behavioral and cerebral changes induced by reading acquisition". *Nature Review Neuroscience* 16, 4 (2015), 234-244.
- Dogson, M. "Organizational Learning: A Review of Some Literatures". *Organization Studies* 14, 3 (1993), 375-394.
- Dweck, C. "Mindsets and math/science achievement". *Carnegie-LAS Commission on Mathematics and Science Education* (2008).
- *Mindset: how you can fulfil your potential*. Londres: Constable & Robinson, 2012.
- Erickson, P. S. "Neurogenesis in the adult hippocampus". *Nat. Med.* 4 (1998). 1313-1317.
- Gazzaniga, M. *El cerebro ético*. Barcelona: Paidós, 2006.
- Gino Del Ferraro et al. "Finding influential nodes for integration in brain networks using optimal percolation theory". *Nature Communications* 9 (2018).
- Gollin, E. *Developmental and plasticity: behavioral and biological aspects of variation in developmental*. Nueva York: Academic, 1981.
- Hart, L. *Human Brain, Human Learning*. New York: Longman, 1983.
- Hattie, J. *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. Londres/Nueva York: Routledge, 2009.
- *Visible Learning for Teachers: Maximizing Impact on Learning*. Londres/ Nueva York: Routledge, 2012.
- Hebb, D. *The Organization of Behavior*. New York: Ed. Wiley, 1949.
- Jackson, M. *Distracted. Reclaiming our focus in world of lost attention*. Nueva York: Prometheus Books, 2008.
- Klingberg Torkel. *The Overflowing Brain. Information overload and the limits of working memory*. Oxford N.Y.: Oxford University Press, 2008.
- Lipina, S., y Sigman, M. (2011). *La pizarra de babel. Puentes entre neurociencia, psicología y educación*. Buenos Aires: Libros del zorzal, 2011.

- Mac Lean, P. *Teoría del cerebro triuno*. EE.UU., National Institute of Mental Health, 1969.
- Mora, F. *Neuroeducación. Solo se puede aprender aquello que se ama*. Madrid: Ed. Alianza, 2013.
- Moser, J. et al. "Mind your errors: evidence for a neural mechanism linking growth mind-set to adaptive posterror adjustments". *Psychological Science* 22, 12 (2011), 1484-1489.
- Nonaka, I. "A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation". *Organization Science* 5, 1 (1994), 14-37.
- NOP World. *World Culture Score Index* [ranking que publica la firma NOP World], 2017.
- Ortiz, T. *Neurociencia y Educación*. Madrid: Ed. Alianza, 2009.
- Papert, S. *Desafío a la mente. Computadoras y Educación*. Buenos Aires: Ediciones Galápagos, 1981.
- Petersen, S., y Posner, M. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience* 35 (2012), 73-89.
- Pozo, J. *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Ed. Morata, 1996.
- Rizzolatti, G. et al. "Premotor cortex and the recognition of motor actions". *Cognitive Brain Research* 3 (1996), 131-141.
- Rothbart, M., Sheese, B., Rueda, M., y Posner, M. (2011). "Developing Mechanisms of Self-Regulation in Early Life". *Emotion Review* 3, 2 (2011), 207-213.
- Scoville, W. y Milner, B. "Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions". *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* 20, 1 (1957), 11-21.
- Stewart, T. (1997): *Intellectual Capital. The New Wealth of Organizations*. Nueva York: Currency/ Doubleday.
- Varela, M. e Ivanchuk, S. *Enseñar y aprender estratégicamente en las clases de ciencias*. Montevideo: Ed. Grupo Magro, 2010.
- Vera, D. y Crossan, M. *Organizational Learning, Knowledge Management, and Intellectual Capital: An Integrative Conceptual Model*. Working Paper, 2000.