

Perspectiva desde las neurociencias a la educación peri-post pandemia

Perspective from neurosciences to peri-post pandemic education.

Point de vue des neurosciences à l'éducation péri-post
pandémique.

Rocío Loyola Navarro & Enrique Lorca Ponce

rocio.loyola@umce.cl, enriqueantonio.lorca@gmail.com

RESUMEN

La actual crisis sanitaria ha requerido medidas extremas de distanciamiento social para salvaguardar la salud poblacional. Esto ha repercutido en diversos niveles de la vida de la ciudadanía, incluida la forma de generar espacios pedagógicos, exigiendo movernos a espacios virtuales de interacción. Desde las neurociencias cognitivas, los procesos cognitivos que forman parte del fenómeno del aprendizaje (como la memoria, la atención, las emociones, entre otros) parecen estar sustentados en las operaciones que se llevan a cabo en el sistema nervioso. El presente trabajo pretende discutir sobre la influencia que el actual contexto de crisis puede estar teniendo sobre la manera de operar del sistema nervioso, y, por consiguiente, sobre los procesos cognitivos que permiten el proceso de aprendizaje de nuestras y nuestros estudiantes. El presente trabajo aborda los efectos de la percepción, la atención, la memoria, el sueño, las emociones, el estrés y las adicciones sobre los procesos de aprendizaje, sobre todo desde una perspectiva de la actual crisis sanitaria y las consecuencias de un futuro desconfinamiento.

Palabras clave: neurobiología del aprendizaje en pandemia, estrés y aprendizaje, sueño y aprendizaje, emociones y aprendizaje

Abstract

The effects of the current health sanitary crisis have required extreme measures of social distancing people to be quarantined, to safeguard the health of the population having repercussions at every level of our daily life, including the way we create the pedagogical space. For these reasons, the pedagogical space has needed to move

from a physical space to a virtual space of social interactions. From the cognitive neurosciences, the mental processes that are part of the learning phenomenon, (such as memory, attention, emotions, among others) and computations made by the nervous systems seem to be based on, and underlie the operations, including and that are carried out in the nervous system. Those that are taking part of the learning phenomenon (such as perception, memory, attention, emotion, sleep, stress, addiction on learning processes, among others). Our work; this paper seeks, aims to discuss the influence of the current crisis context may be having on the nervous system's way of processing, and operates; therefore, and consequently, on the cognitive processes that allow our students to learn. In order to achieve that, our work discusses the effects of perception, attention, memory formation, sleep, emotions, stress and addictions on learning, highlighting how the actual sanitary crisis and the future lifting lockdown influence those cognitive processes. We address these effects, especially from the perspective of the current health crisis and the consequences of a future lack of focus.

Keywords: neurobiology of learning pandemic, stress and study, sleep and intellect, emotions and knowledge.

Résumé

Les effets de la crise sanitaire actuelle ont nécessité la mise en quarantaine de mesures extrêmes de distanciation sociale, afin de sauvegarder la santé de la population ayant des répercussions à tous les niveaux de notre vie quotidienne, y compris dans la manière dont nous créons l'espace pédagogique. Pour ces raisons, l'espace pédagogique a dû passer d'un espace physique à un espace virtuel d'interactions sociales. À partir des neurosciences cognitives, les processus mentaux, qui font partie du phénomène d'apprentissage, (comme la mémoire, l'attention, les émotions, entre autres) et les calculs effectués par les systèmes nerveux semblent être basés sur et sous-tendre les opérations, y compris et que sont effectuées dans le système nerveux. ceux qui participent au phénomène d'apprentissage (comme la perception, la mémoire, l'attention, l'émotion, le sommeil, le stress, la dépendance aux processus d'apprentissage, entre autres). Notre travail; cet article cherche, vise à discuter de l'influence que le contexte de crise actuel peut avoir sur le mode de traitement et de fonctionnement du système nerveux; donc, et par conséquent, sur les processus cognitifs qui permettent à nos élèves d'apprendre. Pour y parvenir, notre travail examine les effets de la perception, de l'attention, de la formation de la mémoire, du sommeil, des émotions, du stress et des dépendances sur l'apprentissage, en soulignant comment la crise sanitaire actuelle et le futur verrouillage de la levée influencent ces processus cognitifs. Nous abordons ces effets, en particulier du point de vue de la crise sanitaire actuelle et des conséquences d'un futur manque de concentration.

Mots clés: neurobiologie de l'apprentissage en cas de pandémie, le stress et l'étude, le sommeil et l'intellect, les émotions et la connaissance.

Introducción

El 2020 ha sido un año en el cual gran parte de la población mundial, incluyendo Chile, se ha visto enfrentada a la emergencia sanitaria generada por la rápida propagación de la enfermedad COVID-19. Esta enfermedad se origina por la acción del virus SARS-CoV-2, contra el cual existe una vacuna específica, pero que aún se encuentra en proceso de masificación por lo que la extensión temporal de esta crisis sanitaria mundial es aún incierta. En este contexto, una de las medidas adoptadas para contener la propagación del virus ha sido el cierre de los establecimientos educacionales en todos sus niveles, desde prebásica hasta educación superior. Esta medida ha conllevado que la población en general, incluidos las y los estudiantes, profesores y administrativos, se vean sometidos a un escenario de confinamiento a favor de su propia seguridad. Bajo este escenario, cuya extensión aún no podemos determinar, el sistema educacional chileno ha realizado sus mayores esfuerzos para permanecer operativo. Pero ¿cómo este contexto influye en la manera en que nuestras y nuestros estudiantes aprenden, y nuestras y nuestros docentes enseñan?

Desde las neurociencias cognitivas, los procesos cognitivos que forman parte del fenómeno del aprendizaje (como la memoria, la atención, las emociones, entre otros) se sustentan en las operaciones que se llevan a cabo en el sistema nervioso. De esta manera, la forma en cómo funciona nuestro sistema nervioso como parte del cuerpo de la persona que está aprendiendo, parece sustentar físicamente aquellos procesos cognitivos que le permiten aprender. Bajo este dominio del conocimiento, es que el presente trabajo pretende poner de relieve los mecanismos mediante los cuales el sistema nervioso adquiere información, así como algunos factores que pueden estar influyendo en la manera de funcionar del sistema nervioso en contexto de crisis, y por consecuencia, cómo esto repercute en el aprendizaje de nuestras y nuestros estudiantes.

Comenzaremos en el primer apartado describiendo de manera general el proceso de memoria y los mecanismos neurobiológicos que lo sustentan. En el segundo apartado, describiremos cómo la percepción y la atención permiten la codificación de información en la memoria. Destacaremos el rol que el propio individuo tiene en la construcción de su percepción, así como en los procesos inherentes que permiten focalizar la atención. Asimismo, diversas investigaciones han demostrado que el sueño parece tener un rol crítico en la conformación de cierto tipo de memorias, de tal manera que se hace importante conocer estos mecanismos, y cómo se afectan en tiempos de crisis, para tomar acciones congruentes que propicien un buen sueño entre los y las estudiantes, así como entre el cuerpo docente. Esto se abordará en tercer apartado de este capítulo. Otro punto de suma importancia para el aprendizaje es el rol de las emociones en tanto que éstas modulan de manera extensiva el funcionamiento del sistema nervioso, y, por ende, el proceso de aprendizaje. En el cuarto apartado se desarrollará de manera general cómo operan las emociones y los mecanismos de regulación de la respuesta emocional que existen, y que pueden ser potencialmente beneficiosos en el actual contexto de incertidumbre e inseguridad. Asimismo, uno de los aspectos más evidentes que ha dejado de manifiesto el cierre de los espacios educativos físicos, es la importancia de la interacción social dentro del proceso de aprendizaje, y cómo la falta de esta se vuelve un factor estresor que dificulta dicho proceso. En el apartado de “estrés y aprendizaje” se abordará en mayor profundidad este aspecto, y cómo podemos valernos de este conocimiento sobre el funcionamiento del estrés para propiciar el aprendizaje presencial, en el momento en que este pueda volver a ser implementado. Finalmente, se ahondará en los efectos de la crisis sanitaria sobre los patrones de consumo de estímulos que potencialmente generan adicciones, ya sea sustancias psicoactivas, redes sociales o pantallas de dispositivos electrónicos.

1. Nociones generales de memoria y aprendizaje desde las neurociencias cognitivas

1.1 Definición de memoria y aprendizaje y tipos de memoria

La memoria es el proceso por el cual las personas codifican, almacenan y luego recuperan información (Squire, 2009). El proceso de codificación se ha planteado como el uso de los sistemas perceptuales para construir una imagen mental, lo que se discutirá con mayor extensión en el siguiente apartado. El proceso de almacenamiento requiere que ese objeto perceptual sea mantenido y guardado en forma de código neuronal, en ausencia del estímulo físico. Es decir, existen poblaciones neuronales cuya actividad permitirá la mantención de algunas características de los estímulos, siendo que estos ya no están siendo procesados por los órganos sensoriales. Finalmente, la etapa de recuperación implica utilizar esa información almacenada con un cierto objetivo. Esa información codificada, almacenada y recuperada, resulta en un cambio evidente en la conducta de la persona que memorizó esa información, lo que se considera como aprendizaje.

La memoria puede dividirse tomando en cuenta dos aspectos: el tiempo en el cual ésta dura, y el tipo de información que se memoriza (Kandel, 2013). En cuanto al tiempo de duración, la memoria puede dividirse en memoria a corto y largo plazo. Dentro de las memorias a corto plazo, se encuentra la memoria sensorial y la memoria de trabajo. La memoria a largo plazo, a su vez, puede clasificarse según el tipo de información que se puede memorizar. De acuerdo con esto, se ha distinguido entre la memoria declarativa (también denominada explícita) y la memoria no declarativa (también conocida como memoria implícita) (Anderson, 1976). La memoria declarativa corresponde a aquella memoria que, como su nombre lo indica, se puede declarar o explicitar mediante el uso del lenguaje. La memoria declarativa se subdivide en memoria episódica y semántica, siendo la memoria episódica la capacidad para

recordar eventos o hechos que han sucedido en la vida personal, o en la historia; y la semántica, el conocimiento sobre los objetos del mundo (su nombre), sus atributos y el contexto en el cual suele encontrarse. Por otro lado, la memoria no-declarativa suele definirse también como memoria implícita, en tanto que el individuo demuestra haber aprendido una conducta *“mediado por una experiencia previa, pero sin la necesidad de la recuperación intencional y consciente de dicha experiencia”* (Schacter, 1987). Dentro de las memorias no declarativas, se incluyen el condicionamiento clásico demostrado por Pavlov, el efecto de preparación o facilitación (en inglés priming) y la memoria procedural. La memoria procedural hace referencia a la capacidad de los sujetos para recordar secuencias de movimientos como coreografías, los movimientos que se hacen al tocar un instrumento, al realizar un dibujo o los movimientos de la mano que se requieren para escribir (Baddeley et al., 2015). La facilitación, por otro lado, puede ser definida en donde la exposición previa a un estímulo aumenta la probabilidad de que este sea recuperado o reconocido, lo que ocurre sin la necesidad de que el sujeto esté consciente de que la exposición previa influyó en su respuesta (Reder, Park, Kieffaber, 2009).

1.2 Neurobiología de la memoria.

Existen diversas regiones asociadas al almacenamiento de información. El hipocampo, una estructura ubicada en el lóbulo temporal medial, ha sido ampliamente vinculada a la generación de memorias declarativas (Roesler, & McGaugh, 2019). En cuanto a la formación de memorias procedurales, esta memoria requiere de la activación de los núcleos basales (Kandel, 2013).

Durante la etapa de codificación de información declarativa, el hipocampo recibe información desde las neo cortezas que participan en la formación del objeto perceptual. Esta recepción de información se hace mediante un “circuito” de entrada, en la que las cortezas que participan en la percepción, primero se comunican con otras regiones

del lóbulo temporal medial, como la corteza parahipocampal y la corteza entorrinal (Hjorth-Simonsen, & Jeune, 1972; Klausberger & Somogyi, 2008). Para que las memorias sean duraderas y se conviertan en memorias de largo plazo, debe ocurrir el proceso de consolidación. La consolidación hace referencia a los procesos neuronales mediante los cuales la nueva información se estabiliza, resultando en que se conviertan en memorias duraderas (Roesler & McGaugh, 2019). En la consolidación, el flujo de información es invertido respecto a la codificación. Es decir, en la consolidación el hipocampo vuelve a activar aquellas cortezas que se activaron durante la codificación. En otras palabras, aquellas poblaciones neuronales que participaron durante la construcción de los objetos perceptuales vuelven a activarse, pese a que dicho objeto perceptual no está siendo censado por los órganos sensoriales. Esta reactivación mediada por el hipocampo, implicaría la potenciación de conexiones sinápticas de dichas poblaciones neuronales corticales, lo cual parece estar a la base de la consolidación de la información (Kruskal, Li & MacLean, 2013; Watson & Buzsaki, 2015).

2. La percepción y la atención modulan la memoria.

El aprendizaje implica la adquisición de habilidades y conocimientos que previamente la persona en cuestión no poseía. Para que ese aprendizaje ocurra, uno de los primeros requisitos es que la persona se exponga experiencialmente a esa información, y que la perciba, lo que se define como “codificación”.

2.1 Percepción como un proceso de construcción del sistema nervioso.

Clásicamente, se ha descrito la “sensación” como el efecto resultante que se produce cuando un estímulo interactúa con los órganos sensoriales

(Kandel, 2013). Nuestra experiencia sensorial incluye la sensación visual, auditiva, olfativa, gustativa, táctil, dolorosa, de temperatura, propioceptiva (sensación de saber dónde está ubicado el propio cuerpo y sus partes en el espacio), vestibular (sensación de la ubicación de la cabeza), así como de otras sensaciones corporales internas que pueden ser conscientes (hambre, sed) o inconscientes (nivel de oxígeno en la sangre). La sensación se produce, entonces, cuando por ejemplo un fotón estimula los fotorreceptores de la retina, o una molécula química proveniente de la comida estimula las papilas gustativas de la lengua. Este proceso que parece ser tan simple involucra que el individuo que está censando el ambiente, lo haga de manera activa, de tal modo que, para poder censar los estímulos, los individuos mueven sus órganos sensoriales (Ahissar & Assa, 2016). Por ejemplo, para explorar y censar una escena visual, los ojos realizan movimientos oculares; para explorar y censar un objeto físico, la superficie de la piel (como las yemas de los dedos o las manos) se mueven sobre el objeto. La interdependencia entre sensación y movimientos se hace más patente si tenemos en cuenta las observaciones realizadas por Yarbus en 1967 sobre cómo cambia la manera de explorar una escena visual dependiendo del objetivo que debemos realizar, de tal manera que nuestros ojos se mantienen por más tiempo en los objetos que conforman una escena visual si el objetivo es determinar la identidad del objeto, en comparación a cuando la objetivo es buscar un objeto entre varios otros (Yarbus, 1967). Esto apunta a que ya desde el proceso de censar el ambiente, los individuos que están sensando participan activamente de este proceso, generando movimientos que le permiten seleccionar aquellos estímulos que se encuentran en el ambiente. La interacción entre los estímulos y los órganos sensoriales (la cual es modulada por los movimientos que el propio sujeto hace de sus órganos sensoriales), genera una serie de señalizaciones en el sistema nervioso, que permiten construir la experiencia de la percepción. Según la Asociación Americana de Psicología (APA), la percepción puede ser definida como:

“El resultado de volverse consciente de los objetos, relaciones y eventos mediante los sentidos, lo que incluye actividades como reconocer, observar

y discriminar. Estas actividades les permiten a los organismos organizar e interpretar los estímulos recibidos [en los órganos sensoriales] en conocimiento significativo, así como actuar de una manera coordinada”.

En este sentido, desde la teoría de la cognición corporizada (del inglés *embodied cognition* (Varela et al., 1991), la percepción más que ser el resultado de una representación cortical del ambiente externo (todo lo que está fuera del límite de nuestro cuerpo) e interno (nuestro cuerpo), como postulan otros autores desde las neurociencias computacionales (Marr, 1982), correspondería a una construcción generada por el sistema nervioso a partir de cómo interactúa con dichos ambientes. La distinción entre representación y construcción implica, en el primer caso, que los objetos que se encuentran en el medio externo son “copiados” internamente en el cerebro, formando una imagen mental de dicho objeto externo. Por otro lado, al hablar de construcción de la percepción, se hace referencia a que el sistema nervioso, a partir de los estímulos que interactúan con los órganos de los sentidos, “crea” lo que se está percibiendo. Vale decir, bajo esta teoría la percepción corresponde a *“una forma de experiencia que se constituye a través de los patrones emergentes de actividad neuronal”* (Varela, Thompson & Rosch, 1991, p.166). Por ejemplo, al observar una figura como la del cubo de Necker (fig. 1a), la percepción de este estímulo debiese ser sólo una y mantenerse estable en el tiempo, ya que el estímulo del ambiente (es decir, el cubo) no está cambiando. Sin embargo, la experiencia perceptual es que el cubo “puede cambiar de orientación”, pudiendo percibirse como un cubo cuya cara frontal está hacia abajo y a la izquierda, o hacia arriba a la derecha. Que la experiencia perceptual cambie ante un estímulo estático, que no está variando de manera “externa”, sugiere que la percepción (en este caso de un objeto visual en forma de cubo) se construye en el sistema nervioso, más que ser una copia exacta del mundo externo.

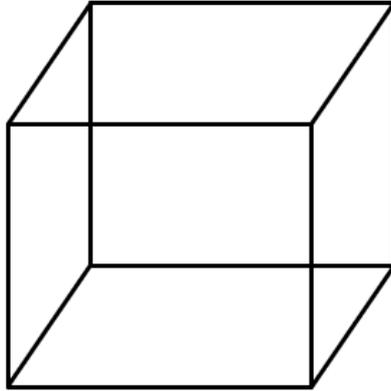


Figura 1. Cubo de Necker. Un estímulo estático puede percibirse como un cubo cuya cara frontal está orientada hacia abajo y a la izquierda, o hacia arriba a la derecha.

Cabe destacar, sin embargo, que la teoría de la cognición corporizada apunta a que la percepción no es meramente “la propia proyección del mundo realizada por la cognición” independiente del ambiente (Varela, Thompson & Rosch 1991, p.172), sino que emerge de la interacción entre la manera en que el sistema nervioso funciona y el ambiente tanto físico-biológico como cultural. Notablemente, la percepción se desarrolla a lo largo de los años y también con la experiencia a la que cada persona se ha expuesto. Un claro caso de este último aspecto es lo que sucede con personas usuarias de implantes cocleares. Este implante funciona, a grandes rasgos, tratando de suplir la función del órgano sensorial de la audición (la cóclea), el cual previo al implante no permite censar todo el rango de sonidos (de 20 a 20.000 Hertz) a una intensidad adecuada: dichas personas escuchan sonidos con intensidades sobre los 70 decibeles (dB), siendo el rango normal de intensidad entre 0 y 20 dB. Sin embargo, la mera implantación del dispositivo no implica que los usuarios hagan inmediatamente uso de los estímulos sonoros que son captados por el dispositivo. Tendrán que pasar por un periodo de

aprendizaje guiado que les permita hacer sentido a los sonidos que van detectando, aprendiendo a segmentar los sonidos como “objetos” un mundo sonoro que no tiene límites claros (a diferencia de la percepción visual, donde la mayoría de los objetos tienen bordes), y a asociar esos sonidos con las fuentes que los emiten.

De esta perspectiva se desprende que cuando nos enfrentamos a nuestras y nuestros estudiantes, no podemos esperar que ellos generen representaciones exactas de la información a la cual los estamos exponiendo en nuestras clases. Por el contrario, la teoría de la cognición corporizada apunta a que las y los estudiantes construyen su propia percepción, explorando activamente (mediante movimientos de su superficie sensorial) y, por lo tanto, seleccionando activamente qué percibir del ambiente. A esto se suma el hecho de que la percepción puede ser modulada por procesos atencionales, los cuales también dependen del propio individuo que está atendiendo.

2.2 Procesos atencionales relevantes para el aprendizaje

La atención es el proceso cognitivo que permite “*extraer información de cada estímulo entrante*” (Cowan, 1998). Sabemos que en el ambiente externo e interno existen variadas fuentes de las cuales pueden provenir estímulos que interactúen con nuestros órganos sensoriales. Sin embargo, no extraemos información de cada uno de esos estímulos de manera consciente, sino que nuestra atención permitirá focalizarnos en aquellos estímulos que de alguna manera son relevantes respecto del resto. Se han postulado al menos dos maneras de orientar la atención: la atención orientada de manera *bottom-up*, y la atención orientada de manera *top-down*. La atención *bottom-up* permite atender a aquellos estímulos que tienen alguna característica física sobresaliente respecto del resto de los estímulos, actuando como un atractor de la atención. Por ejemplo, el sonido de un celular durante una clase o mientras se hace un trabajo, es un estímulo que sobresale del resto de los sonidos.

Pero también, si leemos la siguiente lista de palabras:

La palabra “frágil” captura la atención por tener características sobresalientes (estar en mayúscula y en negrita). De este modo, la atención *bottom-up* parece actuar como un filtro temprano de los estímulos de acuerdo con sus características físicas, los cuales parecen estar influidos por la experiencia de la persona que atiende (Cowan, 1998).

susceptible **FRÁGIL** libertad paciencia elegante fe

Por otro lado, la atención *top-down* parece estar sujeta al control de la persona que atiende, e implica extraer información que se considera relevante para cumplir un objetivo. Por ejemplo, en la misma lista de palabras anterior, si se solicita marcar aquellas palabras que son sustantivos, se tendrá que ignorar la palabra frágil (pese a ser sobresaliente), ya que no corresponde a un adjetivo. De este modo, queda de manifiesto que la percepción es modulada por procesos cognitivos de la propia persona. Este punto es importante de remarcar, ya que, si bien es conocido que la atención se desarrolla con la edad (Reynolds & Romano, 2016), el proceso de atención no será exactamente igual en todas las personas. Es así que existe un amplio espectro en las capacidades personales para, por un lado, inhibir aquellos estímulos sobresalientes que capturan la atención, y, por otro lado, para mantener sostenidamente la atención focalizada de manera *top-down*. Modelos actuales de control atencional proponen que la atención se desplegará y focalizará luego de una integración entre los objetivos actuales de la persona que está atendiendo (orientación *top-down*), de la sobresalencia del o los estímulos físicos en el ambiente interno o externo (orientación *bottom-up*), y un tercer elemento, que corresponde al “historial de selección”. Esto hace referencia a la tendencia de orientar la atención hacia estímulos que previamente han sido atendidos, o con características

similares (por ejemplo, color o forma similar, o pertenecientes a la misma categoría) (Awh et al. 2012).

En términos neurobiológicos, la atención parece emerger debido las interacciones neuronales de regiones parietales y frontales, que permiten modular la actividad neuronal de las áreas relacionadas al estímulo que está siendo atendido (Corbetta & Shulman, 2002). De acuerdo con el modelo de Corbetta y Shulman (2002), existiría una red atencional fronto-parietales que se activan cuando la intención de la persona es fijar su atención de manera top-down, y otra red atencional fronto-parietal que se activa cuando la atención se orienta de manera bottom-up. La red top-down incluye la activación orquestada del lóbulo parietal (surco intraparietal y lóbulo parietal superior) y del lóbulo frontal (campo visual frontal) derechos e izquierdo. Por otro lado, cuando un estímulo captura la atención, se activan zonas más inferiores del lóbulo parietal (lóbulo parietal inferior) y frontal (corteza frontal ventral), así como una zona posterior del lóbulo temporal (giro temporal superior), todos del lado derecho. ¿Cómo estas redes modulan la percepción? Bajo la teoría de la competición, la atención aumentaría la actividad relacionada al procesamiento del estímulo atendido, mientras que disminuiría la actividad relacionada a estímulos que distraen del objetivo de la tarea (Buehlmann & Deco, 2008). Los sistemas perceptuales se activan para construir un objeto perceptual cuando los sensores envían información sobre los estímulos que los están estimulando (a los sensores). Como en el ambiente se encuentran variados objetos que pueden generar sensaciones, existirán, entonces, poblaciones neuronales relacionadas a la construcción de cada objeto perceptual. Sin embargo, como ya se ha descrito, no todos estos objetos serán atendidos. Las redes atencionales parecen aumentar la actividad de las poblaciones neuronales relacionadas con el procesamiento del objeto que está bajo el foco atencional. Así, el sistema atencional dará “preferencia” a dicho estímulo, mediante un aumento de la activación de las neuronas que lo procesan. Además de aumentar la activación de poblaciones neuronales relacionadas al estímulo atendido, las redes atencionales disminuirían la actividad de las

poblaciones neuronales que están codificando los estímulos que pueden distraer en el cumplimiento de la tarea. Estudios sugieren que la unión témporo-parietal se encargaría de integrar la actividad de ambas redes, *top-down* y *bottom-up* (Wu et al., 2015).

Es necesario remarcar que existe un amplio espectro en las capacidades personales para, por un lado, inhibir aquellos estímulos sobresalientes que capturan la atención, y, por otro lado, para mantener sostenidamente la atención focalizada de manera *top-down*, que dan pie para la enorme diversidad de habilidades atencionales que se pueden encontrar dentro del aula. En este contexto de crisis sanitaria, se hace aún más necesario tener en cuenta no sólo estas diferencias en las habilidades atencionales, sino que, de manera natural, es esperable que la atención de nuestros estudiantes y sus familias están abocadas a poder satisfacer necesidades inmediatas en cuanto a seguridad sanitaria y social. Como se expondr  con detalle en el capítulo siguiente, la atención puede ser modulada por otros procesos cognitivos y fisiológicos, como las emociones y el estrés.

3. Sueño y aprendizaje

El sueño (entendido como el acto de dormir, y no necesariamente de soñar mientras se est  dormido), no sólo tiene una función relacionada con el descanso, sino que, además, parece cumplir un rol clave en el almacenamiento de las memorias a largo plazo. Debido a ello es que comprender tanto la configuración como la función del sueño puede aportar a implementar políticas tanto de cuidado del sueño y descanso en nuestros estudiantes, como de autocuidado del sueño dentro de los propios docentes.

3.1 Configuración del sueño

Durante este periodo, el sistema nervioso cambia su manera de funcionar de manera global, de lo cual deriva que el sueño sea un estado distinto al estado de vigilia. Sin embargo, el sueño no es un estado uniforme, sino que tiene 5 etapas que se van alternando cíclicamente durante el periodo de tiempo que se permanece dormido (Lee-Chiong, 2008). A grandes rasgos, el sueño puede subdividirse en sueño de movimientos oculares rápidos (sueño MOR) y sueño no-MOR. Este último, tiene 4 etapas que progresan desde un estado de ensoñamiento (etapa 1 de sueño no-MOR), en donde se transita del estado de vigilia al sueño, a un estado de sueño profundo, en el que la respiración es lenta y regular, los músculos se relajan y la temperatura comienza a descender (etapa 4). Pasar del estado de vigilia al de sueño no-MOR profundo puede ocurrir en 30 minutos (Kandel, 2013). Pasados esos 30 minutos, el ciclo de sueño no-MOR se invierte, pasando del sueño profundo a la etapa 2. Durante el ciclo del sueño, en lugar de pasar a la etapa 1, se pasa a un estado de sueño MOR. En el sueño MOR se producen movimientos oculares rápidos, la respiración y la frecuencia cardíaca aumentan, y el tono muscular está reducido (i.e., atonía) (Lee-Chiong, 2008). En los adultos, este ciclo puede repetirse alrededor de 4 o 5 veces durante la noche. Tanto en el sueño MOR como no-MOR las personas pueden experimentar soñar, pero las características de esos sueños son distintas. Mientras que en el sueño MOR, los sueños son largos, vívidos, con imágenes y tienden a tener contenidos emocionales, en el sueño no-MOR, los sueños son más cortos y conceptuales (Axmacher & Rasch, 2017).

3.2 El rol del sueño en la conformación de memorias

La importancia del ciclo del sueño para el aprendizaje radica en dos puntos. El primero, es que la privación de sueño genera efectos adversos a varios niveles del funcionamiento corporal (como cambios en la respuesta inmunitaria, en la producción de hormonas y la regulación

de la temperatura) y cognitivos) (Avidan & Barkoukis, 2011). Dentro de estos últimos, la privación de sueño provoca una disminución del estado de alerta durante la vigilia y propensión a quedarse dormido, lo que dificulta la capacidad para codificar nueva información. A esto se suma una dificultad para concentrarse y para atender, un enlentecimiento en el procesamiento de información y en la generación de respuestas, disminución de funciones ejecutivas y propensión a cometer errores. El segundo punto, es que el sueño de ondas lentas (especialmente la etapa 2 del sueño no-MOR) facilita la consolidación de las memorias declarativas y no declarativas (Lee-Chiong, 2008). Luego de la reactivación que ocurre en etapas tempranas del sueño no-MOR, las conexiones sinápticas se refuerzan en etapas de sueño no-MOR más profundas. El sueño MOR, por su lado, parece ser importante en la consolidación de memorias con contenido emocional (Axmacher & Rasch, 2017). Williams & Horst, (2014), evidencian esta importancia mediante un estudio realizado en niños de 3 años. En dicho estudio, probaron que aquellos infantes que tomaron una siesta después de leerles repetidamente un cuento tenían mejores índices de adquisición de vocabulario respecto a los niños que no tomaban siestas. Esta mejoría se observó tanto inmediatamente después de la siesta, como 7 días después del estudio. Cabe destacar, que los grupos de infantes se separaron según su hábito de tomar o no siestas de manera natural, y a ninguno se le privó de la siesta (Williams & Horst, 2014).

Por lo expuesto anteriormente, se hace imperativo informar a nuestros estudiantes sobre la importancia de un adecuado sueño para su salud y aprendizaje, y tratar de desnaturalizar las conductas de estudiantes como “quedarse estudiando en vela la noche anterior a la prueba”. Asimismo, se hace patente lo indispensable que es que los docentes automonitoreen sus hábitos de sueño, y posibles cambios en él, evitando y desnaturalizando hábitos que impliquen continuar trabajando durante altas horas de la noche. Sería deseable que el ministerio de educación impulse políticas educacionales que velen por un adecuado sueño tanto en cantidad (entre 6 y 9 horas en personas adultas, 11 horas promedio

en preescolares, 9 horas promedio en niños en edad escolar entre 6 y 11 años, y 7 en promedio en adolescentes (Chaput et al., 2018), como en la calidad del sueño.

Cabe destacar que el proceso de consolidación también parece ocurrir durante la vigilia, específicamente en los momentos en los que no se está codificando nueva información (Kaefer et al., 2020). Esto destaca la gran importancia del descanso para el aprendizaje. Además, sugiere que una de las ventajas que los videos educativos pueden tener, es que los estudiantes pueden pausarlos y entonces fomentar este periodo de codificación durante la vigilia. Esta podría ser una de las razones que explicarían estudios que reportan una mejor retención de información en aprendizajes mediados por clases grabadas en videos versus clases presenciales (Bevilacqua et al., 2019). En el futuro de las clases presenciales, será relevante intencionar estos periodos de descanso para que los estudiantes reformulen y consoliden la información abordada.

Un punto importante para tener en cuenta en el contexto de pandemia y postpandemia, es el impacto que los problemas de salud mental implican en el sueño. Se ha descrito que la depresión y los trastornos ansiosos pueden provocar alteraciones del sueño, como insomnio, un sueño menos eficiente, y disminución en las etapas 3 y 4 del sueño no-MOR, afectando la consolidación de las memorias. La depresión, también puede provocar, en lugar de insomnio, una constante sensación de sueño y aumento en el tiempo de dormir, sin que este sea eficiente (Lee-Chiong, 2008), generando una sensación de fatiga durante el día, influyendo así también en el proceso de aprendizaje. El conocimiento de los docentes de estos síntomas puede permitirles empatizar mejor con los estudiantes, generar adecuaciones y también alertar a las y los apoderados de modo de generar una derivación oportuna a especialistas en salud mental, en caso de detectar este tipo síntomas. Esto se hace especialmente importante, ya que la OMS ha advertido sobre los efectos psicológicos que la actual crisis sanitaria genera en toda la población. Es así, que se espera que los casos de trastornos del ánimo

o de ansiedad aumenten no sólo durante la pandemia, sino también después de esta. Por dicha razón, un factor clave dentro las políticas de las instituciones educacionales debe ser velar por la salud mental tanto de sus estudiantes como de sus trabajadores, docentes y no docentes. A un profesor con un cuadro depresivo y/o ansioso, le costará mucho más esfuerzo generar un clima emocional positivo que pueda favorecer el aprendizaje y bienestar de sus estudiantes.

4. Emociones

La emoción es una respuesta fisiológica y automática, que involucra a todo el cuerpo, desde nuestro sistema hormonal, musculoesquelético, cardiovascular, digestivo, inmune, hasta el sistema nervioso (Adolphs & Anderson, 2018). Ya que las emociones modulan de forma tan masiva cómo funciona y responden nuestros cuerpos, es indispensable la comprensión de cómo ocurre esta modulación. Esto permitirá entender los efectos que los estados emocionales pueden generar en los y las estudiantes con quienes nos relacionamos en la sala de clases, y apuntar a propiciar climas emocionales positivos, los cuales actúan como factores protectores en diversas esferas del ámbito escolar.

Asimismo, es crucial propiciar el autoconocimiento emocional dentro de la planta docente, tal que conocer cómo se producen las emociones y qué efectos tienen en nuestro cuerpo puede permitir monitorear y mejorar la comprensión de nuestra propia emocionalidad.

Existen estímulos específicos que gatillan las respuestas emocionales, pudiendo dividir las en respuestas emocionales de connotación (o valencia) positiva y negativa, pues generan sensaciones placenteras (positivas) o displacenteras (negativas). Las emociones se pueden distinguir de los sentimientos, en tanto que éstos son la experiencia subjetiva y consciente de las emociones, siendo una parte acotada de la respuesta emocional como tal.

Las conductas que se originan ante un estímulo emocional abarcan tres componentes: uno conductual, uno fisiológico automático, y uno hormonal. El componente conductual implica una disposición corporal que cambia la postura de la persona que genera la respuesta emocional, involucrando al sistema musculoesquelético para ello. Adicionalmente, se genera una respuesta fisiológica automática que modula el funcionamiento del cuerpo, como el control de la frecuencia cardíaca, la presión sanguínea, la frecuencia respiratoria, la dilatación pupilar, pero también el funcionamiento del sistema nervioso, de tal manera que la respuesta emocional implica modulaciones en el funcionamiento de las redes atencionales, de la memoria y de funciones ejecutivas (Dunning, Fetchenhauer, & Schlösser, 2017; Flykt & Caldara, 2006; Kajiwara et al., 2003). La respuesta fisiológica automática que permite facilitar la respuesta conductual está mediada por el sistema nervioso autónomo, con sus divisiones simpática y parasimpática. Finalmente, también se produce una respuesta hormonal que refuerza la respuesta fisiológica, permitiendo aumentar el flujo sanguíneo hacia los músculos de las extremidades, y aumentar la disponibilidad de energía almacenada en caso de requerir generar conductas como huir o luchar (Carlson, 2010). Estas hormonas también pueden cambiar el funcionamiento del sistema nervioso, tal como se detallará en mayor profundidad en el apartado sobre estrés. En resumen, un estímulo emocional orquestará respuestas fisiológicas automáticas y hormonales, que permitirán cambios conductuales a nivel de todo el cuerpo.

4.1 El sistema nervioso orquesta las respuestas emocionales

El procesamiento de los estímulos emocionales, y la generación de las respuestas emocionales involucran la actividad de varias estructuras del sistema nervioso, incluyendo a la amígdala, la corteza insular, la corteza cingulada y la corteza prefrontal. Dentro del sistema emocional, la amígdala, ubicada en la profundidad del lóbulo temporal, es una parte esencial. La amígdala recibe información de áreas sensoriales y

sensitivas (como información visual, auditiva y sensaciones viscerales), y a su vez se conecta con regiones que pueden orquestar respuestas fisiológicas, como el sistema nervioso autónomo. Para ello, la amígdala se comunica con el hipotálamo, el cual se encargará de controlar la respuesta emocional a nivel de la musculatura somática (músculos de miembros) y lisa (músculos del sistema cardiovascular y digestivo), así como de la respuesta hormonal.

En tanto que la amígdala parece ser una región de conexión entre la construcción perceptual del estímulo emocional (ya que recibe información de áreas sensoriales), y de las áreas de generación de la respuesta emocional (como el hipotálamo), se ha reportado que la amígdala permitiría generar el vínculo entre un objeto y su significado afectivo, especialmente si la emoción asociada es de miedo. De este modo, se ha postulado como una región importante para la consolidación de memorias emocionales. Por ejemplo, si alguien sufrió una caída de un caballo, la actividad de la amígdala permitiría la asociación entre el miedo (además de la experiencia corporal de sudoración y cambio en el ritmo cardíaco) y el caballo. Diversos estudios en animales han demostrado que, si la amígdala se extirpa por medio de una cirugía, las asociaciones ya aprendidas se pierden, además de impedirse la generación de nuevas asociaciones entre emociones y estímulos potencialmente nocivos. De esta manera, la actividad de la amígdala parece ser muy importante para el aprendizaje por condicionamiento, en especial si este se asocia al miedo. Asimismo, se ha observado que personas con lesiones en la amígdala presentan dificultades para *relacionar* los gestos faciales con las emociones asociadas. Sin embargo, pueden seguir reconociendo las características físicas de los rostros de las personas, como: la edad, el género, la etnia. De este modo, la lesión de la amígdala no genera una alteración en la percepción de rostros, sino sólo en la detección de las emociones que pueden expresarse mediante las expresiones faciales (Axmacher & Rasch, 2017).

4.2 Las emociones modulan el aprendizaje

Las emociones son cruciales para nuestro desarrollo, en tanto que, además de modular respuestas fisiológicas y permitir conductas que permitan preservar la integridad corporal, también media aspectos claves de las relaciones y comunicaciones con otras personas. Vincularnos afectivamente con otros o reconocer el estado emocional de la persona con la que conversamos son habilidades esenciales, tanto dentro como fuera del aula. Asimismo, la respuesta emocional es capaz de influir en otros procesos cognitivos como la atención y la consolidación, influyendo tanto en la codificación como en el almacenamiento de las memorias a largo plazo.

Existen mecanismos neuronales gatillados por estímulos emocionales, que hacen que éstos destaquen sobre aquellos estímulos que no tienen un valor emocional. Esto tendría relación con un componente evolutivo, en donde es bueno que atendamos a estímulos potencialmente peligrosos -como animales peligrosos, accidentes o caras enojadas- para poder alejarnos de ellos. Esto parece deberse a que las regiones de procesamiento emocional, como la amígdala, se comunican no sólo con el hipotálamo sino también con las redes atencionales que permiten orientar la atención (Mohanty & Sussman, 2013) y modular la memoria (Kajiwara et al., 2003).

De manera similar, los estímulos que generan una respuesta emocional tienden a recordarse más fácilmente que los estímulos sin contenido emocional. Por ejemplo, en la semana, es más probable que se recuerde el día en que haya sucedido algún evento emocional como una buena noticia o un evento negativo como un accidente, mientras que los días en que no suceden eventos emocionales tienden a no ser recordados en mayor detalle. La amígdala estaría involucrada en los efectos de la emoción sobre la memoria, modulando la actividad de regiones cerebrales involucradas en la memoria de trabajo (corteza prefrontal

dorsolateral) y con la memoria a largo plazo (hipocampo), llevando a una mejora en la memoria para eventos emocionales (Axmacher & Rasch, 2017; Hamann, 2001).

Ya que dentro de las respuestas emocionales naturales que generan los estímulos emocionales se encuentra una captura de la atención y una mejora en el recuerdo de los eventos emocionales, mucho tiempo se utilizaron estímulos aversivos para modular las conductas en las salas. Gracias a los avances en la psicología y a las investigaciones en educación, esta práctica se considera obsoleta. En cambio, la evidencia sugiere que climas emocionales positivos en la sala de clase se asocian con mejores niveles de logros en los estudiantes, especialmente en cursos con pequeños grupos de estudiantes (17 estudiantes) (Allen et al., 2013). Además, los climas emocionales positivos también se asocian a menor probabilidad de sufrir aislamiento social por sus pares (Kiuru et al., 2012) y con una mayor sensación de bienestar por parte de los estudiantes (Liu et al., 2016). Este punto parece ser especialmente importante en el actual contexto de crisis sanitaria, en la cual las oportunidades de interacción social de las y los estudiantes se han reducido considerablemente. Un aspecto interesante por evaluar sería determinar cómo el contexto y la metodología a distancia ha impactado en el “clima escolar”, y de qué manera se genera este clima en esta nueva forma de interacción.

Asimismo, fomentar un clima emocional positivo dentro del aula podría ser un factor protector para aquellos estudiantes que puedan desarrollar o agudizar cuadros de trastornos del ánimo o depresión, o ansiedad, los cuales pueden impactar grandemente sobre el aprendizaje de las y los estudiantes. Como mencionamos anteriormente, los trastornos del ánimo y los trastornos depresivos impactan severamente en el sueño de las personas que las padecen.

4.3 Regulación de la respuesta emocional

Las emociones son una dimensión esencial dentro del desarrollo humano. Como se ha descrito en los párrafos anteriores, esta es una respuesta automática que modula la función general del cuerpo, y dentro de ellas, las funciones que permiten el aprendizaje. Por esta misma razón, la regulación de las emociones es crucial: por ejemplo, todos hemos sentido que concentrarse es mucho más difícil cuando estamos demasiado eufóricos o tristes. Ya que las emociones son respuestas automáticas, regularlas de manera consciente y voluntaria requiere de mayor esfuerzo que no regularlas. No obstante, las estrategias conscientes y voluntarias para modificar la respuesta emocional son conductas que se aprenden y pueden convertirse en hábitos a medida que se ponen en práctica.

La regulación de la respuesta emocional puede ejercerse mediante diversas estrategias, las que pueden estar enfocadas en regular la percepción del estímulo que gatilla la respuesta emocional (técnicas proactivas), o en regular dicha respuesta una vez que esta ya se ha generado (técnicas reactivas). Dentro de las técnicas proactivas, se encuentran aquellas que modifican la exposición al estímulo, que modulan la atención o de cambio cognitivo. La primera estrategia, implica disminuir la exposición al estímulo que genera la respuesta emocional. Si es que esta exposición no puede ser evitada, se puede modular consciente y voluntariamente la atención prestada a dicho estímulo. Las estrategias de cambio cognitivo apuntan a revalorizar el estímulo que gatilla la respuesta emocional (por ejemplo, pensar en las consecuencias positivas que un estímulo valorado inicialmente como negativo puedan traer), o a un distanciamiento emocional (como, por ejemplo, saber que, pese a que esa emoción la estoy experimentando, no me define completamente como persona). Por otro lado, también se puede tratar de suprimir la respuesta emocional una vez que esta ya ha sido gatillada (Armony & Vuilleumier, 2013).

Se ha visto que la actividad de la corteza prefrontal y la corteza cingulada estarían relacionadas con estas aproximaciones de regulación emocional.

Se ha postulado que la actividad de estas cortezas se relacionaría con una modulación de la actividad de la amígdala, lo que a su vez regularía la respuesta emocional que ésta gatilla.

El rol de las técnicas de meditación sobre la regulación emocional ha sido ampliamente estudiado. Se ha reportado que la regulación emocional es mejorada con la práctica habitual de técnicas como el *mindfulness* (Guendelman et al., 2017) y meditaciones contemplativas basadas en la focalización de la atención hacia emociones positivas (Valim et al., 2019). Estas parecen reclutar regiones de la corteza prefrontal relacionadas al control emocional, lo que a su vez disminuye la respuesta de la amígdala ante los estímulos emocionales (Lutz et al., 2008). Cabe destacar que la práctica sostenida de meditación conlleva una reorganización funcional de circuitos neuronales relacionados al control emocional (Davidson & Lutz, 2008; Manna et al., 2010)

5. Estrés y aprendizaje

La definición de estrés es compleja. No solo aborda un componente meramente biológico, sino que, además, contiene variables físicas, mentales, emocionales e incluso químicas. No obstante, todos y todas al momento de leer la palabra o solo masticar mentalmente qué significa, sabemos las consecuencias que tiene para nuestro organismo.

El estrés es una condición biológica de los seres vivos para adaptarse a situaciones que perturban el equilibrio dinámico entre el medio interno y el entorno. En términos mamífero - reduccionista, el estrés es la activación de las funciones neuroendocrinas (sistema límbico-hipotalámico-pituitario-suprarrenal) (Bonfiglio, et al., 2011) y hormonal (liberación de corticosterona) (Fuchs & Flügge, 1998). Lo anterior conlleva que nuestro sistema nervioso central, se encuentre constantemente modulando estímulos externos e internos con la finalidad de mantenernos en condiciones que denominamos de “tranquilidad y bienestar”, también

denominada como homeostasis sistémica. Entonces, esta tranquilidad y bienestar depende de la capacidad que tenemos para reaccionar eficazmente frente al ambiente, sin embargo, los distintos sistemas de nuestro cuerpo que nos ayudan a tener una reacción adecuada a los cambios pueden estresarse de manera individual, causando múltiples patologías (Kumar, et al., 2013).

Patologías como depresión, ansiedad, trastornos post traumáticos, entre otras, son frecuentes cuando las personas son sometidas a altos niveles de estrés por periodos prolongados de tiempo (Godoy, et al., 2018). Más aún, estos trastornos podrían modificar de manera permanente distintos tipos de redes neuronales, lo que causaría alteraciones a nivel de cortezas cerebrales y funciones vegetativas. No obstante, el correcto manejo del estrés puede aportar a varios procesos cognitivos como la atención, la memoria y el aprendizaje (Vogel & Schwabe, 2016).

Es por estas razones que modular el estrés y comprenderlo desde su origen podría aportar a la disminución de la incidencia de múltiples enfermedades relacionadas a este proceso. Además, si tomamos las medidas correspondientes para su correcto manejo, podríamos construir herramientas que aporten a los procesos de memoria y aprendizaje.

5.1 Neurobiología del estrés

La respuesta al estrés es un fenómeno modulado por múltiples estructuras cerebrales implicadas en los procesos de memoria, aprendizaje y toma de decisiones (Godoy, et al., 2018).

Se inicia con la construcción de un objeto perceptual a partir de un estímulo externo. Esta percepción permite generar una respuesta que es modulada de forma específica tanto por nuestro cuerpo como por nuestro cerebro. En términos generales, cuando estamos en un periodo tanto de estrés crónico (prolongado en tiempo) como agudo (acotado en el tiempo), a nivel corporal, se gatillan modificaciones relacionadas

al metabolismo, al sistema inmune, la disminución de los procesos digestivos, entre otros. Paralelamente, a nivel de sistema nervioso central, se modula el nivel de excitabilidad neuronal, además de la plasticidad y los eventos sinápticos (Godoy, et. al., 2018, Ulrich-Lai & Herman, 2009).

Nuestro cerebro es capaz de clasificar la naturaleza del estímulo estresor entre físico y psicológico, reclutando estructuras cerebrales diferenciales según el tipo de estímulo procesado. Por ejemplo, el dolor físico, las enfermedades, los accidentes, permanecer en un ambiente extremadamente frío, perder sangre o un desastre ambiental, son estresores físicos; mientras que exponerse ante el público, tener una prueba importante, la acumulación de trabajo, el aislamiento social, la pérdida de libertad y la incertidumbre son factores de estrés psicológicos. A nivel neuronal, estructuras como el núcleo accumbens, el pulvinar del tálamo y el área tegmental ventral, que están involucradas en la regulación del movimiento y la liberación de dopamina, cambian la actividad de sus circuitos de retroalimentación con el estrés, provocando que usualmente tomemos ciertas posturas corporales particulares frente al estrés físico (Daviu, et al., 2019). Por otra parte, la amígdala, relacionada al sistema de procesamiento emocional, se correlaciona más directamente al estrés de origen psicológico. Adicionalmente, existe un grupo de estructuras cerebrales comunes involucradas en la respuesta ante el estrés tanto físico como psicológico. Estructuras como la corteza prefrontal, relacionada con la toma de decisiones y el actuar lógico y consciente, y el hipocampo, relacionado con la memoria y el aprendizaje, cambian su actividad eléctrica en presencia tanto de estrés físico como psicológico (Axmacher & Rasch, 2017). Este punto es de especial interés, ya que estas dos últimas estructuras se encuentran estrechamente vinculadas en los procesos educativos, y, por ende, podrían verse afectadas frente a cuadros de estrés crónico.

A nivel biológico, el estrés se mide por la liberación de un agente químico llamado cortisol. El cortisol es liberado por las glándulas adrenales, las

cuales se localizan muy cerca de nuestros riñones, y modifican la actividad sistema de nuestro cuerpo, además, de ciertos circuitos neuronales. Por lo tanto, una forma cuantificable de medir el nivel de estrés es por medio de los niveles de cortisol en sangre. Esto ha permitido la realización de múltiples estudios que evalúan las dinámicas de liberación de cortisol y las distintas modificaciones en nuestro comportamiento.

5.2 Estrés en el aprendizaje

Existen múltiples situaciones complejas en el aula que son potenciales agentes estresores: desde conflictos interpersonales entre estudiantes o estudiantes y profesores, pasando por una exposición al resto del curso, hasta la evaluación final que determina si se aprueba una determinada asignatura. Todos estos eventos pueden amenazar el equilibrio interno y externo, llamado homeostasis, lo que conllevaría la aparición de un cuadro de estrés (de Kloet, et.al., 2005). No obstante, la exposición a cortos periodos de estrés tiende a generar efectos positivos sobre algunos procesos cognitivos, como la atención y la memoria, por sobre posibles consecuencias fisiopatológicas. Se ha reportado que el aumento de los niveles de catecolaminas (agentes químicos precursores del cortisol) 90 minutos antes de iniciar un proceso de adquisición de información parece provocar una mejora en la integración de información de nuestro entorno, un aumento en la capacidad de atención, favoreciendo los procesos de aprendizaje (Vogel & Schwabe, 2016).

El efecto contrario parece tener el estrés sostenido en el tiempo, también llamado estrés crónico. Algunos estudios han demostrado que estar bajo los efectos de un estrés permanente, provoca que los niveles de cortisol se encuentren elevados constantemente, trayendo consecuencias más bien negativas a nuestros procesos de aprendizaje (Shields, Sazma & Yonelinas, 2016). Un estudio demostró el impacto que tiene aumentar el estrés frente a una tarea de memorización de imágenes. Se evaluó a dos grupos de estudiantes, de los cuales, sólo uno de ellos fue sometido

a un evento estresor permanente mientras debían memorizar un set de imágenes. Al día siguiente los estudiantes debían contestar una serie de preguntas relacionadas al contenido y la localización de ciertas imágenes. Los estudiantes que no fueron sometidos a estrés tuvieron un desempeño significativamente mayor en comparación a los que fueron estresados de manera constante, apuntando a que el estrés sostenido parece perjudicar los procesos de almacenamiento de información (Schwabe & Wolf, 2009).

Otro punto importante, además del periodo que se permanece en estrés, es la cantidad de estrés experimentada. Los efectos beneficiosos del estrés sobre la atención y la memoria tienen una forma de “U” invertida, de tal modo que a bajos niveles de estrés, la persona no tiene tan buen rendimiento como a niveles de estrés medios. Asimismo, niveles muy altos de estrés, generarán efectos perjudiciales, en comparación con niveles medios. Es importante remarcar, además, que cada individuo posee diferencias corporales que determinan que las respuestas al estrés sean diversas, habiendo personas que tienen mayor tolerancia a altas cantidades de estrés, mientras que otras son más sensibles a agentes estresores (Axmacher & Rasch, 2017).

Por todo lo recién mencionado, es posible manejar nuestros niveles de estrés de manera temporalmente específica para así favorecer los procesos de aprendizaje. Sin embargo, no se sabe cómo orientar estos hallazgos de manera efectiva en las actividades realizadas en aula u otros espacios educacionales.

5.3 Estrés post confinamiento y manejo para el aprendizaje

La privación social es un evento que puede causar los más variados cambios del comportamiento. Se ha reportado que animales sometidos a un aislamiento social total desarrollan ciertas patologías con mayor facilidad, tales como ansiedad y depresión (Berry, et.al., 2012). Por lo tanto, es prácticamente imposible saber cuáles serán nuestras nuevas

formas de comportarnos y reintegrarnos a un ambiente académico después del confinamiento sanitario post pandemia.

Es muy probable que gran parte de nuestras habilidades sociales se vean claramente disminuidas, como por ejemplo la capacidad de comunicarnos de manera específica, la integración de la información paraverbal, la atención sostenida en el tiempo, entre otros. No obstante, es una realidad que muchos individuos presentarán niveles de estrés elevados durante los primeros meses de reintegración social.

Nuestra labor como educadores debe centrarse en guiar los niveles de estrés de los estudiantes hacia actividades que les permitan enfocar sus esfuerzos en un aprendizaje efectivo y personalizado. Sabemos que es extremadamente complejo hacerse cargo de cada uno de nuestros estudiantes, sobre todo, si tenemos múltiples cursos, ramos o instituciones donde entregamos contenidos tanto teóricos como prácticos. Sin embargo, es posible tomar este conocimiento neurobiológico para guiar a todos y todas en virtud de los procesos de memoria y aprendizaje.

Ahora bien, la recomendación siempre será no sobresaturar de contenidos y actividades que demandan un tiempo significativamente mayor al reglamentario. Es más, cambiar las sesiones teóricas por sesiones prácticas, o bien, modificar los criterios de evaluación a evaluaciones más innovadoras que solo una hoja de respuestas con los conocimientos vomitados de los estudiantes es el primer paso para enfocar los procesos neurobiológicos del estrés a un buen aprender.

6. Conductas repetitivas potencialmente nocivas.

Los entornos socialmente complejos conllevan al desequilibrio tanto físico como emocional. Por ejemplo, individuos impulsivos, que no balancean el riesgo en relación con el ambiente, que tienen conflictos con la autoridad, que se aíslan social, entre otros, tienen una alta

correlación entre la dependencia y abuso de sustancias (Wise & Koob, 2013, Cerniglia, et al., 2017, Eitan, et al., 2017).

Existen múltiples estudios que han determinado los mecanismos y redes neuronales que se modifican al momento de poner un refuerzo exógeno condicionado asociado a una recompensa en particular (Magoon, Critchfield, Merrill, Newland & Schneider, 2017). Sin embargo, también se ha demostrado la implicancia que tiene la sobrealimentación de estos circuitos de recompensa en las actividades de la vida diaria (Koob & Volkow, 2016).

Utilicemos el siguiente ejemplo: Dos grupos de animales de experimentación tienen acceso a una alimentación rica en azúcares. Uno de los grupos tiene libre acceso a determinado alimento, mientras que el segundo grupo sólo puede acceder durante un periodo limitado de tiempo a dicha dieta. El grupo con acceso libre tiene un consumo controlado de los alimentos, distribuyendo la ingesta en función de su actividad metabólica. No obstante, el grupo con acceso restringido consumía el alimento en dosis altamente significativas en comparación al grupo de acceso libre. Además, el segundo grupo, modificó claramente su conducta por el hecho de no tener acceso a la dieta rica en azúcares, similar a lo que sucede cuando se priva a los individuos sustancias que provocan una sensación hedónica (Coulatoni, et., al., 2001, Avena & Hoebel, 2008).

Estos hallazgos son fundamentales para describir muchos de los procesos psicológicos asociados a los circuitos de recompensa. Es más, se ha llevado este tipo de prácticas a ámbitos educacionales, en donde se busca premiar los buenos resultados de los estudiantes con algún refuerzo positivo.

No obstante, algunos estudios se han enfocado en determinar los cambios plásticos del cerebro cuando éste se acostumbra a tener los circuitos de recompensa permanentemente activados, ya sea por una acción física o la ingesta de alguna sustancia. De hecho, existe una gran cantidad

de patologías que se asocian directamente al abuso de sustancias. Más aún, hoy en día, el refuerzo emocional pareciera cumplir un rol mucho más potente que el uso de sustancias. Es común para nosotros visualizar cómo las nuevas generaciones tienen la necesidad de estar atentos a sus dispositivos móviles, compartir su vida de manera constante y que los adulen por las acciones realizadas durante su vida (Cerniglia, et al., 2017, Kuss & Griffiths, 2017). Cuántas veces hemos visto la trágica noticia de un chico o chica que decide quitarse la vida por no tener la aceptación social que tanto anhela por redes sociales.

No obstante, podemos ocupar los intereses personales de cada individuo a nuestro favor en el ámbito educacional, haciendo sentir a los estudiantes pertenecientes y logrados cuando se acercan a cumplir una meta específica, como, por ejemplo, el buen resultado en un examen o exposición. Además, valorizar y destacar el proceso o línea de pensamiento que tiene el o la estudiante, es mucho más significativo en el aprendizaje que sólo valorar el resultado final.

6.1 Adicción y circuitos de recompensa.

Una adicción se define según la Organización Mundial de la Salud (OMS) como “Una alteración física y psicoemocional que crea una dependencia o necesidad hacia una sustancia, actividad o relación. Se caracteriza por un conjunto de signos y síntomas, en los que se involucran factores biológicos, genéticos, psicológicos y sociales” (OMS, 2020). El abuso de sustancias conlleva una activación de los circuitos de recompensa, los cuales cambian su umbral de tolerancia y activación al ser permanentemente estimulados (Koob & Volkow, 2016). Vale decir, la cantidad de sustancia necesaria para generar el efecto hedónico varía según el tiempo de exposición, de tal manera que con el paso del tiempo, se requerirá más sustancia para generar el mismo efecto que antes se lograba con una menor cantidad. De hecho, Es importante remarcar que se definirá como “recompensa” a cualquier evento que active un

refuerzo hedónico positivo. Por lo que no sólo el uso de drogas está vinculado en la generación de una adicción, sino que pueden ser otro tipo de sustancias o eventos, como la comida, las compras, las pantallas, o la aprobación social (Wise, 2009).

Los procesos relacionados a una adicción se inician en el área tegmental ventral (VTA) del cerebro, lugar donde se sintetiza principalmente dopamina (60-65%) y GABA (30-35%). La dopamina es el neurotransmisor asociado a los circuitos de recompensa. De hecho, la liberación de este neurotransmisor desde el VTA modula directamente regiones como la amígdala, la corteza prefrontal y el núcleo accumbens. Todas estas estructuras cerebrales están implicadas directamente en la sensación de bienestar que tenemos cuando realizamos alguna acción o ingerimos algo que nos gusta (Cooper, et al., 2017).

Se ha determinado que existe una etapa crítica del desarrollo en donde los sujetos pueden tener una mayor preponderancia al abuso de sustancias. Esta etapa se encuentra cerca de los 20 años, en donde el cerebro lleva a cabo principalmente la articulación de nuevas redes neuronales, modificando las conexiones preexistentes y promoviendo la modificación del comportamiento (Giedd, et al., 1999).

Es más, algunos estudios han demostrado que el cambio de hábitos en este periodo del desarrollo podría provocar modificaciones permanentes en las actividades de la vida diaria de los individuos (Spear, 2013). Estas modificaciones conllevarán que los sujetos tengan la necesidad de recibir este refuerzo positivo de sus redes asociadas a los circuitos de recompensas, por lo que existe una alta probabilidad de que trastornos como depresión, agresividad permanente, cambios en el pensamiento formal, entre otros, sean las consecuencias más comunes de ver.

Sin embargo, la estimulación de los circuitos de recompensa no sólo causa trastornos en los individuos. Es más, la activación de estos circuitos podría provocar que aumente el desempeño en determinadas

tareas. Por ende, es crucial determinar los efectos positivos que trae la activación de estos circuitos.

6.2 Recompensas como promotoras del aprendizaje.

Se ha demostrado que la exposición a sustancias adictivas crea cambios duraderos en la estructura y función del cerebro, que subyacen en la transición a la adicción. Es más, aquellos pacientes que han sido diagnosticados con trastornos del comportamiento asociados a la adicción tienen una baja significativa en sus procesos de aprendizaje (Torregosa, et al., 2011). No obstante, algunos autores han propuesto la posibilidad de ver la adicción no como una patología absoluta, sino que contemplarla además como un evento relacionado con el aprendizaje (Lewis, 2018).

La psicología cognitiva revela que el aprendizaje implica procesos como planificación, toma de decisiones, control inhibitorio y cascadas de señales que eventualmente conducen a recompensas predichas. Es más, desde esta perspectiva el aprendizaje no es sólo una respuesta pasiva a los estímulos, sino que además incluye un componente activo con la integración de aspectos significativos del entorno (Wilson & Golonka, 2013). Por lo tanto, la activación de los circuitos de recompensa es fundamental para promover el aprendizaje significativo.

Es muy probable que muchos de los individuos que se encuentran en aislamiento social hayan aumentado el consumo de sustancias que alteran sus facultades presenciales. Por lo tanto, los sujetos prefieren estar en estados que les provoquen tanto placer físico como emocional en un contexto de privación social. Sin embargo, este sentir particular no sólo se encontraría vinculado al uso de sustancias, sino que, además, podría estar vinculado al uso de dispositivos con conectividad global. Por ejemplo, existen estudios que han propuesto la existencia de una suerte de adicción a internet. De hecho, hay ciertas alteraciones en el comportamiento similares a las descritas en el DSM-5 (*Diagnostic*

and Statistical Manual of Mental Health Disorders) que se asemejan a los pacientes con adicción a sustancias (Jorgeson, et al., 2016). En adición, el contexto de privación social fomenta que los individuos decidan ocupar estos dispositivos de manera reiterada, disminuyendo sus capacidades atencionales y su desempeño en contextos tanto laborales como académicos.

No obstante, es posible ocupar este tipo de cambios del comportamiento en favor de lograr un aprendizaje significativo. La utilización de refuerzos positivos ha demostrado tener un aumento en el desempeño de múltiples tareas, tanto simple como complejas, en varios modelos animales (Hansson & Neuringer, 2018). Es por esta razón que quitarles a los sujetos aquello que les da placer inmediato, pareciera no ser una buena metodología para promover la adquisición de conocimiento. Es más, si fuésemos capaces de valorizar en cierta medida aquellas recompensas que los individuos consideran importantes y enfocarlas para que puedan desempeñarse con un mejor rendimiento en ciertas tareas, probablemente aquellos cambios en el comportamiento adquiridos durante el aislamiento social no sean tan nocivos para la consolidación de los aprendizajes.

6.3 Cambios en la metodología de enseñanza con relación a la recompensa.

Para todos es sabido que grandes beneficios a futuro traerá estudiar o desempeñarse de manera óptima en determinados contextos. No obstante, esos resultados no son inmediatos. Las generaciones del siglo XXI nacieron y crecieron teniendo todo lo que necesitan de manera expedita y eficaz. La mayoría del conocimiento se encuentra a un par de clics de distancia, o en su defecto, en los dispositivos que todos llevan en su bolsillo. Esto pareciera ennegrecer considerablemente la labor docente en el proceso de adquisición del conocimiento. Se vuelve imperante, bajo este contexto, desarrollar nuevas estrategias que nos

permitan formalizar la labor docente en los procesos de formación académica de los estudiantes.

Sabemos que es imposible darles refuerzos positivos consumibles a los estudiantes cuando logran la adquisición de una competencia específica. Esto va en contra de cualquier modelo educacional que busca la transversalidad del conocimiento entre pares, ya que es lógico encontrar personas que intrínsecamente tienen más habilidades que otras en determinadas temáticas. No obstante, distender el ambiente, favorecer el acceso a aquellos espacios no nocivos y promover el uso de nuevas metodologías asociadas al refuerzo positivo (tales como la motivación, el agradecimiento y la valorización de la participación), podrían aportar de manera significativa en la consolidación de los aprendizajes. Renovar nuestros recursos docentes hacia las nuevas tecnologías y favorecer el sentimiento de pertenencia en el aula, son fundamentales para tener estudiantes dispuestos a aprender.

Es más, las métricas evaluativas actuales están enfocadas en la calificación de un producto en un contexto específico, dejando de lado el proceso y el desarrollo personal de cada individuo. En este sentido, es importante promover políticas que permitan valorizar los esfuerzos que hacen las y los estudiantes durante el transcurso de una actividad o asignatura. Esto posiblemente promoverá la activación de redes neuronales asociadas a los circuitos de recompensa, haciendo que el aprendizaje sea una experiencia placentera en lugar de traumática.

Conclusiones

No es una novedad asumir que nuestros estilos de vida han sido claramente modificados después de los eventos sanitarios del 2020. Es más, no sólo hemos adaptado nuestros hábitos, además, hemos modificado tanto la forma de acceder a la información como los contextos en los que se

producen los aprendizajes. Ante la incertidumbre aún imperante respecto a la evolución de la enfermedad causada por el virus SARS-COV2, es complejo determinar qué sucederá con los espacios educativos, y de qué manera y cuándo se logrará retomar una interacción física y presencial. Sin embargo, los avances realizados desde las neurociencias cognitivas pueden aportar a tomar medidas que beneficien a nuestros estudiantes dentro del corto, mediano y largo plazo, atendiendo a qué mecanismos neurofisiológicos se gatillan durante estados de encierro, incertidumbre y readaptación.

Partamos desde la premisa que los y las estudiantes no son agentes pasivos en su proceso de percepción, atención y memoria y, por lo tanto, no se les puede introducir conocimientos de manera automática con el sólo hecho de exponerlos a un contenido. Muy por el contrario, si concordamos con que el sistema nervioso opera de manera activa para adquirir nuevas conductas y conocimientos, se hace evidente que los sistemas educacionales y las políticas de enseñanza que se implementan en ellos deben tener en cuenta este rol activo de las y los estudiantes en su proceso de aprendizaje, así como de los distintos factores neurobiológicos que modulan dicho aprendizaje. Recordemos, además, que nuestros sistemas sensoriales necesitan del movimiento para tener un correlato coherente del ambiente que nos rodea. Por ello, no es menor la función que cumplen los docentes al momento de generar los espacios activos de la consolidación de los aprendizajes. Si bien es cierto que muchas veces los docentes realizamos clases expositivas en donde los estudiantes son meramente receptores de la información; la interpelación, la participación, el dinamismo, la conversación y la calidad de la presentación aportan de manera significativa en la consolidación de aprendizajes (Vogel & Schwabe, 2016).

Remarcando este punto, sabemos que nuestra atención debe ser renovada cada cierto tiempo para así asegurarnos que delimitamos todos nuestros recursos neuronales en virtud de comprender y adquirir una competencia específica. Si bien es cierto que la educación en línea en muchas ocasiones ha permitido que las sesiones de aprendizaje

virtual puedan ser grabadas y quedar disponibles para ser re-revisadas por los y las estudiantes en otros momentos, esto también ha conllevado a que las jornadas tiendan a ser más extensas que en la presencialidad. De este modo, el tiempo parece ser más relativo y laxo frente a un dispositivo electrónico, provocando que las jornadas académicas se vuelvan extenuantes y agotadoras, o bien, breves y resolutivas. En este sentido, las acciones tendientes a la delimitación y el acortamiento de los horarios podrían ayudar mantener óptimamente todos los procesos relacionados a la atención. Asimismo, las aulas virtuales han implicado nuevos contextos en los que tanto estudiantes como profesores se enfrentan, con realidades diversas en los espacios de estudio y trabajo. Ante tal diversidad, las instituciones han respondido, en distintos grados, tratando de flexibilizar y adaptarse a dichos contextos. Al respecto, se hace evidente la necesidad de nuevos estudios que permitan investigar el impacto de estos nuevos contextos sobre los procesos de atención, memoria y aprendizaje, sin dejar de lado otros aspectos esenciales para el aprendizaje, como son la sensación de pertenencia y de seguridad que les ha podido entregar cada institución educacional.

En este sentido, la actual realidad nos ha presentado un tiempo único para volver a pensar sobre el rol del docente, de los espacios educativos y de las comunidades educativas, así como el grado de impacto que cada una de ellas tiene sobre las y los estudiantes, no sólo en cuanto a su proceso de aprendizaje, sino también a nivel global. De este modo, gran parte de docentes y estudiantes se han adecuado al uso de herramientas tecnológicas que pueden fomentar la participación (como aplicaciones que permiten que los estudiantes voten “en vivo”) o el repaso de contenidos fuera del aula con material audiovisual.

Adicionalmente, cabe destacar que durante el confinamiento parámetros tales como los ciclos circadianos del sueño, el estrés por privación social y el abuso de pantallas y sustancias para hacer el confinamiento más llevadero, pueden ser un factor común entre los y las estudiantes. No obstante, no debemos ver esto como una desventaja en el ámbito educacional. Los esfuerzos docentes deben enfocarse en rescatar aquellos

procesos que parecieran ser perjudiciales, pero que desde el punto de vista neurobiológico podrían tener ventajas significativas en los procesos de aprendizaje de los alumnos. Dar espacios para que puedan entrar en cuadros de relajo y descanso, aumentar la presión en períodos específicos o estimular mediante la recompensa, han mostrado evidencia favorable en los últimos estudios relacionados a neurociencia y educación.

Finalmente, nos es imposible determinar si tanto docentes como estudiantes tendrán la misma predisposición en relación con la entrega y recepción del conocimiento. Nuestras formas de relacionarnos, de hablar, de aproximarnos e inclusive de saludarnos cambiarán radicalmente luego de la cuarentena. Sin embargo, de algo estamos seguros, que el aula y los nuevos avances en ciencia y tecnología nos abren nuevos caminos en relación con el proceso de aprendizaje.

Referencias

- Adolphs, R., & Anderson, D. J. (2018). *The Neuroscience of Emotion: A New Synthesis*. Princeton University Press.
- Ahissar, E., & Assa, E. (2016). *Perception as a closed-loop convergence process*. *eLife*, 5. <https://doi.org/10.7554/eLife.12830>
- Allen, J., Gregory, A., Mikami, A., Lun, J., Hamre, B., & Pianta, R. (2013). *Observations of Effective Teacher-Student Interactions in Secondary School Classrooms: Predicting Student Achievement with the Classroom Assessment Scoring System-Secondary*. *School Psychology Review*, 42(1), 76–98.
- Anderson JR. *Language, memory, and thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum; 1976
- Armony, J., & Vuilleumier, P. (2013). *The Cambridge Handbook of Human Affective Neuroscience*. Cambridge University Press.
- Avena, N. M., Rada, P., & Hoebel, B. G. (2008). *Evidence for sugar addiction: Behavioral and neurochemical effects of intermittent, excessive sugar intake*. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(1), 20–39.
- Avidan, A. Y., & Barkoukis, T. J. (2011). *Review of Sleep Medicine*. Elsevier Health Sciences.
- Awh, E., Belopolsky, A. V., & Theeuwes, J. (2012). *Top-down versus bottom-up attentional control: a failed theoretical dichotomy*. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(8), 437–443.
- Axmacher, N., & Rasch, B. (2017). *Cognitive Neuroscience of Memory Consolidation*. Springer.
- Baddeley, A., Eysenck, M. W., & Anderson, M. C. (2015). *Memory*. Psychology Press.

- Berry, A., Bellisario, V., Capoccia, S., Tirassa, P., Calza, A., Alleva, E., & Cirulli, F. (2012). *Social deprivation stress is a triggering factor for the emergence of anxiety- and depression-like behaviours and leads to reduced brain BDNF levels in C57BL/6J mice*. *Psychoneuroendocrinology*, 37(6), 762–772.
- Bevilacqua, D., Davidesco, I., Wan, L., Chaloner, K., Rowland, J., Ding, M., Poeppel, D., & Dikker, S. (2019). *Brain-to-Brain Synchrony and Learning Outcomes Vary by Student–Teacher Dynamics: Evidence from a Real-world Classroom Electroencephalography Study*. In *Journal of Cognitive Neuroscience* (Vol. 31, Issue 3, pp. 401–411). https://doi.org/10.1162/jocn_a_01274
- Bonfiglio JJ, Inda C, Refojo D, Holsboer F, Arzt E, Silberstein S (2011). *The corticotropin-releasing hormone network and the hypothalamic-pituitary-adrenal axis: Molecular and cellular mechanisms involved*. *Neuroendocrinology*. 94:12–20.
- Buehlmann, A., & Deco, G. (2008). *The neuronal basis of attention: rate versus synchronization modulation*. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 28(30), 7679–7686.
- Carlson, N. R. (2010). *Fundamentos de fisiología de la conducta*. ADDISON WESLEY.
- Cerniglia, L., Zoratto, F., Cimino, S., Laviola, G., Ammaniti, M., & Adriani, W. (2017). *Internet Addiction in adolescence: Neurobiological, psychosocial, and clinical issues*. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 76, 174–184.
- Chaput, J.-P., Dutil, C., & Sampasa-Kanyinga, H. (2018). *Sleeping hours: what is the ideal number and how does age impact this?* *Nature and Science of Sleep*, 10, 421–430.
- Cooper, S., Robison, A. J., & Mazei-Robison, M. S. (2017). *Reward Circuitry in Addiction*. *Neurotherapeutics*, 14(3), 687–697.

- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). *Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain*. *Nature Reviews. Neuroscience*, 3(3), 201–215.
- Colantuoni, C., Schwenker, J., McCarthy, J., Rada, P., Ladenheim, B., Cadet, J.L., Schwartz, G.J., Moran, T.H., Hoebel, B.G., 2001. *Excessive sugar intake alters binding to dopamine and mu-opioid receptors in the brain*. *Neuroreport* 12, 3549–3552.
- Cowan, N. (1998). *Attention and Memory*. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195119107.001.0001>
- Davidson, R. J., & Lutz, A. (2008). *Buddha's Brain: Neuroplasticity and Meditation [In the Spotlight]*. In *IEEE Signal Processing Magazine* (Vol. 25, Issue 1, pp. 176–174). <https://doi.org/10.1109/msp.2008.4431873>
- Daviu, N., Bruchas, M. R., Moghaddam, B., Sandi, C., & Beyeler, A. (2019). *Neurobiological links between stress and anxiety*. *Neurobiology of Stress*, 100191.
- Dunning, D., Fetchenhauer, D., & Schlösser, T. (2017). *The varying roles played by emotion in economic decision making*. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 15, 33–38. doi: 10.1016/j.cobeha.2017.05.006
- Eitan, S., Emery, M. A., Bates, M. L. S., & Horrax, C. (2017). *Opioid addiction: Who are your real friends?* *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 83, 697–712.
- Flykt, A., & Caldara, R. (2006). *Tracking fear in snake and spider fearful participants during visual search: A multi-response domain study*. *Cognition and Emotion*, 20(8), 1075–1091. <https://doi.org/10.1080/02699930500381405>

- Kruskal PB, Li L, MacLean JN. *Circuit reactivation dynamically regulates synaptic plasticity in neocortex*. Nat Commun. 2013; 4:2574. doi: 10.1038/ncomms3574. PMID: 24108320.
- Fuchs E, Flügge G (1998). *Stress, glucocorticoids, and structural plasticity of the hippocampus*. Neurosci Biobehav Rev. 23:295–300.
- Giedd, J.N., Blumenthal, J., Jeff, N.O., et al. (1999). *Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study*. Nat Neurosci. 2: 861–63.
- Godoy, L. D., Rossignoli, M. T., Delfino-Pereira, P., Garcia-Cairasco, N., & de Lima Umeoka, E. H. (2018). *A Comprehensive Overview on Stress Neurobiology: Basic Concepts and Clinical Implications*. Frontiers in Behavioral Neuroscience, 12. doi:10.3389/fnbeh.2018.00127
- Guendelman, S., Medeiros, S., & Rampes, H. (2017). *Mindfulness and Emotion Regulation: Insights from Neurobiological, Psychological, and Clinical Studies*. Frontiers in Psychology, 8, 220.
- Hamann, S. (2001). *Cognitive and neural mechanisms of emotional memory*. In Trends in Cognitive Sciences (Vol. 5, Issue 9, pp. 394–400). [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01707-1](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01707-1)
- Hansson, J., & Neuringer, A. (2018). *Reinforcement of variability facilitates learning in humans*. Journal of the Experimental Analysis of Behavior. doi:10.1002/jeab.475
- Hjorth-Simonsen, A., & Jeune, B. (1972). *Origin and termination of the hippocampal perforant path in the rat studied by silver impregnation*. The Journal of Comparative Neurology, 144(2), 215–231. doi:10.1002/cne.901440206
- Jorgenson, A. G., Hsiao, R. C.-J., & Yen, C.-F. (2016). *Internet Addiction and Other Behavioral Addictions*. Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America, 25(3), 509–520.

- Kaefer, K., Nardin, M., Blahna, K., & Csicsvari, J. (2020). *Replay of Behavioral Sequences in the Medial Prefrontal Cortex during Rule Switching*. *Neuron*, 106(1), 154–165.e6.
- Kajiwara, R., Takashima, I., Mimura, Y., Witter, M., Iijima, T. (2003) *Amygdala Input Promotes Spread of Excitatory Neural Activity From Perirhinal Cortex to the Entorhinal–Hippocampal Circuit*. *J Neurophysiol* 89: 2176–2184. Doi: 10.1152/jn.01033.2002.
- Kandel, E. (2013). *Principles of Neural Science*, Fifth Edition. McGraw Hill Professional.
- Kiuru, N., Poikkeus, A.-M., Lerkkanen, M.-K., Pakarinen, E., Siekinen, M., Ahonen, T., & Nurmi, J.-E. (2012). *Teacher-perceived supportive classroom climate protects against detrimental impact of reading disability risk on peer rejection*. In *Learning and Instruction* (Vol. 22, Issue 5, pp. 331–339). <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.12.003>
- Klausberger, T., & Somogyi, P. (2008). *Neuronal diversity and temporal dynamics: the unity of hippocampal circuit operations*. *Science* (New York, N.Y.), 321(5885), 53–57. <https://doi.org/10.1126/science.1149381>
- Kloet, E. R., Joels, M. & Holsboer, F (2005). *Stress and the brain: from adaptation to disease*. *Nat. Rev. Neurosci.* 6, 463–475.
- Koob, G. F., & Volkow, N. D. (2016). *Neurobiology of addiction: a neurocircuitry analysis*. *The Lancet Psychiatry*, 3(8), 760–773.
- Kumar, A., Rinwa, P., Kaur, G., & Machawal, L. (2013). *Stress: Neurobiology, consequences, and management*. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 5(2), 91–97.
- Kuss, D., & Griffiths, M. (2017). *Social Networking Sites and Addiction: Ten Lessons Learned*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(3), 311.

- Lee-Chiong, T. (2008). *Sleep Medicine: Essentials and Review*. Oxford University Press.
- Lewis, M. (2018). *Brain Change in Addiction as Learning, Not Disease*. *New England Journal of Medicine*, 379(16), 1551–1560.
- Liu, W., Mei, J., Tian, L., & Scott Huebner, E. (2016). *Age and Gender Differences in the Relation Between School-Related Social Support and Subjective Well-Being in School Among Students*. In *Social Indicators Research* (Vol. 125, Issue 3, pp. 1065–1083). <https://doi.org/10.1007/s11205-015-0873-1>
- Lutz, A., Slagter, H. A., Dunne, J. D., & Davidson, R. J. (2008). *Attention regulation and monitoring in meditation*. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(4), 163–169.
- Magoon, M. A., Critchfield, T. S., Merrill, D., Newland, M. C., & Schneider, W. J. (2017). *Are positive and negative reinforcement “different”?* *Insights from a free-operant differential outcomes effect*. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 107(1), 39–64.
- Manna, A., Raffone, A., Perrucci, M. G., Nardo, D., Ferretti, A., Tartaro, A., Londei, A., Del Gratta, C., Belardinelli, M. O., & Romani, G. L. (2010). *Neural correlates of focused attention and cognitive monitoring in meditation*. *Brain Research Bulletin*, 82(1-2), 46–56.
- Marr, D. (1982). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. San Francisco, CA: W.H. Freeman.
- Roesler, R., McGaugh, J.L. (2019). *Memory Consolidation. Reference Module in Neuroscience and Biobehavioral Psychology*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809324-5.21493-4>.
- Mohanty, A., & Sussman, T. J. (2013). *Top-down modulation of attention by emotion*. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 102.

- Reder, L. M., Park, H., & Kieffaber, P. D. (2009). *Memory systems do not divide on consciousness: Reinterpreting memory in terms of activation and binding*. *Psychological bulletin*, 135(1), 23–49. <https://doi.org/10.1037/a0013974>
- Reynolds, G. D., & Romano, A. C. (2016). *The Development of Attention Systems and Working Memory in Infancy*. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 10, 15.
- Schacter, D. L. (1987). *Implicit memory: History and current status*. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(3), 501–518. doi:10.1037/0278-7393.13.3.501
- Schwabe, L. & Wolf, O. T (2009). *The context counts: congruent learning and testing environments prevent memory retrieval impairment following stress*. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 9, 229–236.
- Shields, G. S., Sazma, M. A., & Yonelinas, A. P. (2016). *The effects of acute stress on core executive functions: A meta-analysis and comparison with cortisol*. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 68, 651–668.
- Spear, L.P. (2013). *Adolescent neurodevelopment*. *J Adolesc Health*. 52 (suppl 2): S7–13.
- Squire L. R. (2009). *Memory and brain systems: 1969-2009*. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 29(41), 12711–12716. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.3575-09.2009>
- Torregrossa, M.M., Corlett, P. & Taylor, J.R. (2011). *Aberrant Learning and Memory in Addiction*. *Neurobiol Learn Mem*. 96(4): 609–623.
- Ulrich-Lai, Y. M., and Herman, J. P. (2009). *Neural regulation of endocrine and autonomic stress responses*. *Nat. Rev. Neurosci.* 10, 397–409.

- Valim, C. P. R. A. T., Camila P R A, Marques, L. M., & Boggio, P. S. (2019). *A Positive Emotional-Based Meditation but Not Mindfulness-Based Meditation Improves Emotion Regulation*. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 10). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00647>
- Varela, F. J., Rosch, E., & Thompson, E. (1991). *The Embodied Mind*. <https://doi.org/10.7551/mitpress/6730.001.0001>
- Vogel S, Schwabe L (2016). *Learning and memory under stress: implications for the classroom*. *npj Science of Learning*. 1, 16011; doi:10.1038/npjscilearn.2016.11
- Watson, B. O., & Buzsáki, G. (2015). *Sleep, Memory & Brain Rhythms*. *Daedalus*, 144(1), 67–82. https://doi.org/10.1162/DAED_a_00318
- Williams, S. E., & Horst, J. S. (2014). *Goodnight book: sleep consolidation improves word learning via storybooks*. *Frontiers in Psychology*, 5, 184.
- Wilson AD, Golonka S (2013). *Embodied cognition is not what you think it is*. *Front Psychol*. 4:58.
- Wise, R. A., & Koob, G. F. (2013). *The Development and Maintenance of Drug Addiction*. *Neuropsychopharmacology*, 39(2), 254–262.
- Wise, R.A. (2009). *Roles for nigrostriatal—not just mesocorticolimbic—dopamine in reward and addiction*. *Trends Neurosci*. 32: 517–24.
- Wu, Q., Chang, C.-F., Xi, S., Huang, I.-W., Liu, Z., Juan, C.-H., Wu, Y., & Fan, J. (2015). *A critical role of temporoparietal junction in the integration of top-down and bottom-up attentional control*. *Human Brain Mapping*, 36(11), 4317–4333.
- Yarbus, A. L. (1967). *Eye Movements and Vision*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-5379-7>