

## Procesos neurocognitivos en el aprendizaje en la educación superior

Ana Gabriela Ramírez Flores  
Tania Ferrer Villada

### Introducción

El aprendizaje constituye un proceso mediante el cual se adquieren conocimientos, habilidades, actitudes y comportamientos a partir de experiencias. Los estímulos ambientales que intervienen en dichas experiencias conforman la base de este proceso, pues activan mecanismos neurobiológicos que, al ser modulados por estrategias pedagógicas adecuadas, facilitan la incorporación de nueva información (Lafontaine *et al.*, 2020). Para que estas estrategias sean efectivas, se debe considerar el empleo de estímulos adecuados, de acuerdo con el nivel de desarrollo neurológico, la madurez intelectual y la experiencia académica del estudiante, especialmente en los estudiantes universitarios, donde se busca fomentar el aprendizaje autónomo y se requiere la integración de información compleja (Blakemore y Frith, 2005; Lafontaine *et al.*, 2020).

Los procesos neurocognitivos que participan en el aprendizaje sustentan cómo los estudiantes adquieren, organizan y aplican información. Comprenderlos permite optimizar la gestión del conocimiento con el fin de potenciar los resultados académicos y profesionales. En este capítulo se analizarán los principales procesos neurobiológicos involucrados en el aprendizaje, comenzando con la sensopercepción, que permite la detección e interpretación de estímulos del entorno, y la neuroplasticidad, es decir, la capacidad del sistema nervioso para reorganizarse estructural y funcionalmente como respuesta a la experiencia de aprendizaje vivida. Se exploran también las emociones, que determinan si el estudiante se percibe

capaz de afrontar los diferentes retos académicos; la motivación, como un impulso interno o externo que guía y sostiene la conducta encaminada al aprendizaje; la atención, que permite la selección de la información que es pertinente; y finalmente, la memoria, un proceso esencial para el almacenamiento y recuperación de la información.

Comprender la influencia e interacción entre estos procesos proporciona una base sólida para interpretar el aprendizaje desde una perspectiva neurobiológica en estudiantes de educación superior, destacando el papel relevante de los entornos ricos en experiencias sensoriales en el proceso enseñanza-aprendizaje.

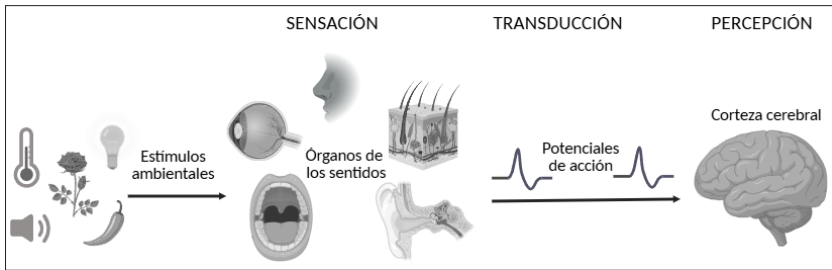
### **Sensopercepción y aprendizaje**

El aprendizaje es un proceso neurobiológico que permite la adquisición de conocimientos, el desarrollo de habilidades y que, además, puede generar cambios en la actitud y el comportamiento del individuo. Para que este proceso ocurra es necesaria la interacción con el medio a través de diferentes estrategias, desde las experiencias vividas y las observaciones realizadas, hasta las actividades más formales por medio de instrucciones y del estudio. A partir de esta información, una serie de procesos cerebrales la transforman permitiendo su codificación, integración, consolidación, mantenimiento, recuperación, actualización y aplicación (Lafontaine *et al.*, 2020).

A lo largo de toda la vida, la forma en que los individuos conocen y aprenden de su entorno y de sí mismos es a través de la detección e interpretación de los estímulos ambientales (Lafontaine *et al.*, 2020). El sistema encargado de poner al individuo en contacto con el medio que lo rodea, de detectar los estímulos, interpretarlos y almacenarlos, es el sistema nervioso y lo realiza a través de un complejo proceso denominado sensopercepción (Figura 1) (Pulido, 2018), descrito brevemente a continuación.

Los estímulos ambientales (visuales, auditivos, táctiles, olfativos y gustativos) son captados por los órganos de los sentidos, que traducen la energía del estímulo en señales eléctricas (potenciales de acción) (Figura 1). Estas señales viajan a través de diferentes vías hasta llegar a la corteza cerebral, donde se produce la percepción del estímulo.

Figura 1. Representación esquemática del proceso de sensopercepción

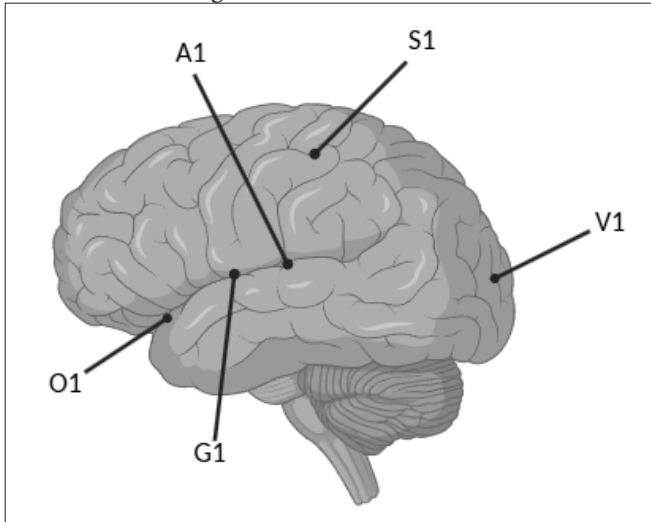


Fuente: Imagen creada con Biorender.com.

El ser humano posee cinco sentidos: la vista, el olfato, el gusto, el oído y el tacto; y en los órganos de estos cinco sentidos, el sistema nervioso periférico alberga grupos de células especializadas conocidos como receptores sensoriales. Estas células realizan dos funciones generales: sentir (detectar) un estímulo en particular (luz, moléculas suspendidas en el aire o disueltas en saliva, ondas sonoras o cambios de presión o temperatura), y transducir la información, es decir, generar un patrón específico de señales eléctricas denominadas potenciales de acción, que permitirá que la información sensorial así codificada llegue al cerebro y sea procesada (Pulido, 2018). Estos tienen una forma estereotipada, por lo que las características de la información sensorial están representadas por la secuencia o patrón específico de generación de los potenciales de acción, ya sea como potenciales de acción individuales o a manera de ráfagas, a frecuencias variables (Leisman, 2024).

Los potenciales de acción generados por los receptores de cada modalidad sensorial llegan a una zona específica del cerebro denominada corteza sensorial (Watson *et al.*, 2010): la información del sentido del tacto es recibida por la corteza somatosensorial primaria (S1) localizada en el lóbulo parietal; la de la visión llega a la corteza visual primaria (V1) ubicada en el lóbulo occipital; la del oído es recibida por la corteza auditiva primaria (A1) ubicada en la región temporal; la del olfato se recibe en la corteza orbito-frontal medial y lateral (O1) que se encuentra en el lóbulo prefrontal y la del gusto se recibe en la corteza de la ínsula (G1), en lo profundo de la fisura lateral del lóbulo parietal (Watson *et al.*, 2010) (Figura 2).

Figura 2. Corteza sensorial.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 se indica la localización de las áreas corticales primarias, encargadas de recibir, procesar e interpretar la información ambiental detectada por los receptores de cada sentido, S1 se refiere a la corteza somatosensorial primaria; V1, a la corteza visual primaria; A1, a la corteza auditiva primaria; con O1 se indica la corteza olfativa primaria; y con G1, la corteza gustativa primaria.

Desde las cortezas primarias, la información se dirige a las áreas de asociación circundantes donde se descifran las características de los estímulos sentidos (por ejemplo, el tono, volumen y frecuencia que caracterizan al sonido; o el color, tamaño y luminosidad de las imágenes). Posteriormente, la información se transmite a la corteza terciaria, un área de asociación multimodal donde se integra la información proveniente de varios sentidos, lo que permite percibir la experiencia completa y no solo la de cada modalidad sensorial de forma independiente (Watson *et al.*, 2010).

La interacción de las neuronas de la corteza cerebral con neuronas de otras estructuras cerebrales, principalmente subcorticales, permite que la información sensorial que llega al cerebro sea, además, integrada, interpretada, evaluada, comparada y almacenada en la memoria, de esta forma el individuo no solo logra una percepción de la situación, sino que también le

otorga un significado y la tendrá disponible para futuras experiencias (Cruz *et al.*, 2022; Watson *et al.*, 2010).

La información sensorial es percibida de acuerdo con el marco de referencia personal, es decir, el conocimiento del entorno es un proceso influenciado por factores individuales que inciden en la percepción. Entre estos factores se encuentran la cultura en que se ha desarrollado el individuo, las experiencias vividas, las creencias que ha interiorizado, su educación, edad, género, emociones que asocia a las experiencias, etcétera. Así, podemos definir a la experiencia perceptual como el proceso por el que el individuo organiza la información sensorial para comprender el mundo (Cubero, 2005).

En el contexto del aprendizaje, el proceso perceptivo es un mecanismo sensorial-cognitivo mediante el cual el ser humano sensa, selecciona, organiza e interpreta los estímulos con el fin de adaptarlos a sus niveles de comprensión (Scarborough, 2023). Además, le permite dar respuesta a la información mediante representaciones mentales de la información sensada, almacenamiento de la misma para ser utilizada posteriormente, elaboración de conceptos, generación o cambios de conducta y construcción y reconstrucción de sus estructuras cognitivas,<sup>1</sup> y todo esto se ve expresado como un aprendizaje (Scarborough, 2023; Mosquera-Jiménez, 2023; Pulido, 2018).

La individualidad del proceso perceptivo ha llamado la atención de investigadores, instituciones, estudiantes y profesores, quienes se han dado a la tarea de identificar individuos con diferentes estilos de aprendizaje. Se considera que algunas personas son aprendices visuales y otros son aprendices auditivos o aprendices cinestésicos, tal como lo propusieron Richard Bandler y John Grinder en la década de los 70 en el modelo denominado visual-auditivo-cinestésico (modelo VAK) (Hernández y Hervás, 2014). Este modelo fue posteriormente ampliado para considerar aprendices que procesan de mejor forma la información cuando está en palabras, ya sea verbalizando, escribiendo o leyendo (modelo VARK) (Fleming y Baume, 2006). Ambos modelos consideran que el sistema de representación perceptual (visual, auditivo, cinestésico, escritura/lectura, etc.) resulta fundamental para el aprendizaje y permite establecer estrategias educativas en las que, en las actividades y los materiales educativos, predomine información sensorial de acuerdo con la preferencia de cada estudiante.

<sup>1</sup> Las estructuras cognitivas son el conjunto de conceptos e ideas que un individuo tiene sobre un determinado conocimiento (Mosquera-Jiménez, 2023).

Aunque los estudiantes universitarios suelen tener ya identificado su estilo de aprendizaje y los receptores sensoriales funcionan inicialmente de forma independiente, el cerebro humano ha evolucionado para aprender y operar en entornos en los que la conducta es guiada por la información integrada a través de las diversas modalidades sensoriales y está demostrado que la formación educativa multisensorial puede dar mejores resultados en el aprendizaje (Shams y Seitz, 2008; Nancekivell *et al.*, 2021).

Concluyendo, se puede afirmar que la apropiada detección de la información sensorial y su posterior percepción son fundamentales para el aprendizaje. No obstante, estos procesos no se desarrollan de forma aislada, sino que están íntimamente relacionados con la neuroplasticidad, es decir, con la capacidad del cerebro para alterar su estructura y funcionamiento en respuesta a las diversas experiencias.

### **Neuroplasticidad como base del aprendizaje**

La neuroplasticidad, también conocida como plasticidad neuronal, es la capacidad del cerebro de reorganizar sus conexiones neuronales y adaptarse en respuesta a estímulos ambientales, experiencias vividas, aprendizajes y daños sufridos (Kourosh-Arami *et al.*, 2021). Este es un proceso dinámico, que involucra cambios cerebrales tanto a nivel estructural como sináptico, y requiere modificaciones en la expresión de genes, señalización molecular, procesos celulares, proliferación y poda sináptica, ensamblaje, reorganización y remodelación de redes neuronales (Ismail *et al.*, 2020). En el cerebro de un adulto, la plasticidad neuronal es crucial para el desarrollo y mantenimiento de la función cerebral, la formación de nuevos hábitos, la recuperación tras un daño cerebral, así como para los procesos de aprendizaje y memoria (Voss *et al.*, 2017).

Existen dos tipos fundamentales de neuroplasticidad que impactan la estructura y función del cerebro: la neuroplasticidad estructural y la neuroplasticidad funcional (Marzola *et al.*, 2023). La neuroplasticidad estructural, como su nombre lo indica, se refiere a la capacidad del cerebro de cambiar físicamente su estructura en respuesta a aprendizajes y experiencias nuevas. Este proceso implica alteraciones en la morfología neuronal, como el crecimiento de nuevas dendritas, la formación de nuevas sinapsis (sinaptogénesis) y la generación de nuevas neuronas (neurogénesis) en ciertas regiones del cerebro adulto (Jurkowski *et al.*, 2020; Leuner y Gould, 2010).

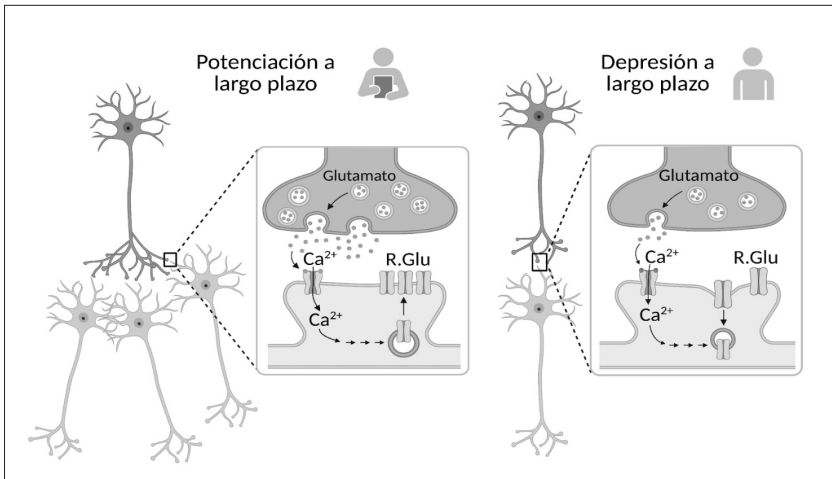
En contraste, la neuroplasticidad funcional involucra la reorganización funcional de los circuitos neuronales previamente establecidos e involucra cambios en la eficiencia, fuerza y sincronía de las sinapsis, impactando directamente la atención, la memoria, la percepción (Frizzell *et al.*, 2020; Takeuchi y Izumi, 2013) y, con esto, el aprendizaje.

La exposición a una nueva experiencia o a un cierto estímulo, activa ciertas vías neuronales que, ante una nueva exposición a la misma experiencia, se activan nuevamente. Siempre que una neurona se excita, se fortalecerán las conexiones sinápticas que forman parte de esta red neuronal. Este principio es fundamental para el aprendizaje y se conoce como la regla de Hebb, en honor al psicólogo Donald Hebb, que fue quien la describió en 1949 (Hebb, 1949). Cuando una neurona es inhibida, la vía neuronal estimulada se debilita, lo que se conoce como anti-regla de Hebb (Ismail *et al.*, 2020). De esta manera, cuando los estudiantes repiten una actividad, se fortalecen las conexiones neuronales que han sido activadas al realizar la misma y se favorece el proceso de aprendizaje. Esto sugiere que la inteligencia es maleable y que la práctica es clave para la adquisición de nuevo conocimiento y el almacenamiento del mismo en la memoria.

Existen dos mecanismos fundamentales a través de los cuales las conexiones neuronales pueden cambiar en respuesta a los patrones de actividad neuronal, contribuyendo así a la formación de la memoria, la adquisición de habilidades y la adaptación; y se conocen como potenciación a largo plazo (*LTP*, por sus siglas en inglés) y depresión a largo plazo ( *LTD*, por sus siglas en inglés). La *LTP* es un mecanismo de neuroplasticidad ampliamente estudiado y consiste en el fortalecimiento a largo plazo de las conexiones sinápticas que son estimuladas. Esto involucra una mejora en la transmisión sináptica entre las neuronas presinápticas y postsinápticas, el aumento del tamaño y forma de las espinas dendríticas, de la densidad postsináptica y del número de receptores de neurotransmisores en la neurona postsináptica (Gall *et al.*, 2023). También, se ha demostrado que este proceso incluye la formación de nuevas espinas sinápticas y el alargamiento de las mismas en neuronas piramidales de las cortezas sensoriales primarias, la corteza motora y el hipocampo (Keck *et al.*, 2017). De esta forma, la *LTP* sigue la regla hebbiana en la que las neuronas que se activan juntas, se conectan entre sí, facilitando las respuestas del cerebro para incorporar nuevo conocimiento. A partir de esto puede inferirse que la práctica favorece la permanencia de ese conocimiento en la memoria, cuanto más se estimula una red neuronal, más fuerte y eficiente se vuelve.

En contraparte, en la *LTD* se reduce la fuerza de la sinapsis, provocando que la transmisión de la señal sea menos eficiente (Pinar *et al.*, 2017). Aparejado a esto se produce una disminución en el tamaño de las espinas dendríticas (Nagerl *et al.*, 2004), que ha sido asociado con un remodelamiento en la expresión receptores en la membrana postsináptica (Hsieh *et al.*, 2006). Así, los circuitos neuronales que no se estimulan se hacen más débiles, lo que implica que si no se utilizan nuevas estrategias para reforzar lo aprendido y estimular las vías neuronales involucradas, la información adquirida va a ser olvidada (Figura 3).

Figura 3. Potenciación y depresión a largo plazo



Fuente: Imagen creada con Biorender.com.

Como se observa en la figura 3, en la potenciación a largo plazo cuando los circuitos neuronales son estimulados repetitivamente al realizar alguna actividad se fortalecen las sinapsis, aumentando la liberación de glutamato en la neurona presináptica. Este neurotransmisor se une a su receptor en la neurona postsináptica, aumentando la entrada de  $Ca^{+2}$  y favoreciendo la inserción de más receptores de glutamato en la membrana. En contraste, cuando un circuito neuronal es poco estimulado, se produce la depresión a largo plazo, debilitándose las conexiones neuronales, liberándose menos glutamato a la hendidura sináptica, disminuyendo la entrada de  $Ca^{+2}$  a la

neurona postsináptica y provocando la internalización de los receptores de glutamato.

Además de la *LTD*, existen otros mecanismos por los cuales se eliminan las conexiones neuronales para formar sinapsis más apropiadas, proceso que se conoce como poda sináptica (Shinoda *et al.*, 2010). Esta poda ocurre en el sistema nervioso central en diferentes períodos del desarrollo y en diferentes regiones (Faust *et al.*, 2021). El cerebro de un humano recién nacido cuenta, aproximadamente, con 100 billones de neuronas, 15% más de las que tiene un cerebro adulto (Sakai, 2020). En las primeras etapas del desarrollo neuronal se produce la pérdida de muchas de estas neuronas, sin embargo, las sinapsis continúan siendo eliminadas de forma selectiva, al menos durante la adolescencia, depurando las conexiones neuronales hasta tener circuitos maduros (Sakai, 2020). Así, a medida que avanza el desarrollo y adquirimos nuevas experiencias se favorecen ciertos circuitos neuronales, mientras que otros se debilitan y desaparecen, lo que relaciona estrechamente la poda sináptica con la *LTD* (Sakai, 2020; Shinoda *et al.*, 2010). Además de esto, se conoce que la microglía, una célula del sistema inmune que reside en el sistema nervioso central, y los astrocitos participan activamente en la poda sináptica, ya que estas células pueden engullir parcialmente las sinapsis que se van a eliminar para favorecer la formación de circuitos neuronales maduros (Chung *et al.*, 2013; Weinhard *et al.*, 2018).

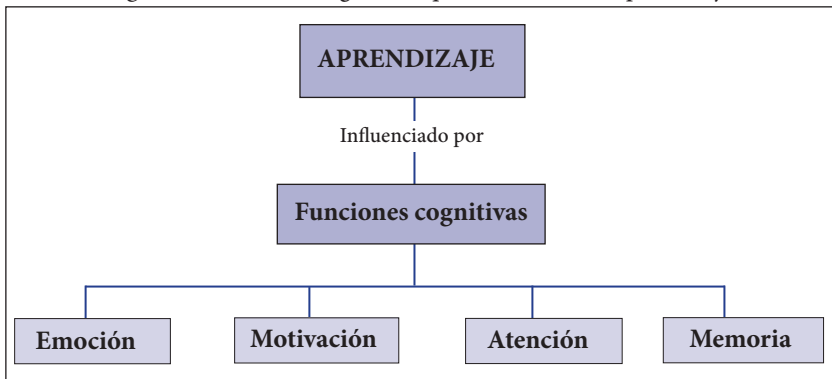
El hecho de que los estudiantes conozcan que el aprender significa construir nuevos circuitos neuronales o fortalecer los que ya existen y que todos somos físicamente capaces de incorporar nuevos aprendizajes y remodelar nuestro cerebro, podría ser algo que les brinde seguridad y les motive a estudiar, contribuyendo a mejorar su aprovechamiento académico. De este modo, si se incorporan en las clases proyectos donde se integre lo aprendido en varias materias y el estudiante logra establecer una relación entre los diferentes conceptos, se generaría una mayor actividad neuronal, potenciando así el aprendizaje y el establecimiento de la memoria a largo plazo.

Sin embargo, la capacidad de aprender y formar nuevas conexiones neuronales no depende únicamente de la remodelación estructural y funcional que tiene lugar en el cerebro, sino que también está estrechamente relacionada con diversos procesos cognitivos que influyen en la forma en que la información es procesada y almacenada (Cancino *et al.*, 2024).

## Procesos cognitivos que acompañan a la senso percepción

Si bien, tal como se expuso anteriormente, la senso percepción es fundamental para el aprendizaje, este no debe entenderse como la simple recepción e interpretación de estímulos sensoriales. El aprendizaje está influenciado y modulado por diversas funciones cognitivas (Figura 4) que desempeñan un papel fundamental en la forma en que se detecta, percibe, interpreta y responde a la información sensorial del entorno, y determinan, en gran medida, la calidad y efectividad del aprendizaje (Cancino *et al.*, 2024):

Figura 4. Funciones cognitivas que influyen el aprendizaje



Fuente: Elaboración propia.

El aprendizaje es modulado por diversas funciones, como la emoción, la motivación, la atención y la memoria, las cuales tienen un papel fundamental en la manera en que se detectan y perciben los estímulos sensoriales.

### Emociones

Las emociones constituyen respuestas neurofisiológicas que surgen como reacción a diversas experiencias, generando una percepción, consciente o inconsciente, de agrado o desagrado (Bisquerra, 2009; García-Retana, 2012). Desde un enfoque educativo, las emociones facilitan a los individuos la regulación de los procesos neurobiológicos que intervienen en el aprendizaje, les ayudan a enfrentar los desafíos que se presentan, median la interacción social entre los participantes en el proceso y se consideran

indicadores fiables de los resultados académicos (Tyng *et al.*, 2017; Tan *et al.*, 2021; García-Retana, 2012; Barrios y Gutiérrez de Piñeres, 2020).

La emoción asociada a una experiencia particular está determinada por el resultado de dos evaluaciones que realiza el individuo sobre dicha vivencia. La primera evaluación es rápida, automática y subjetiva, y está principalmente influenciada por recuerdos de experiencias pasadas y el contexto personal del individuo (Bisquerra, 2009). La segunda evaluación es más cognitiva y racional, permitiendo al individuo discernir si cuenta con los recursos necesarios para enfrentar la situación. En esta segunda valoración, las emociones pueden ser afectadas por recuerdos, inferencias, creencias e incluso la creatividad de cada persona (Immordino-Yang, 2016). Estas dos evaluaciones, al estar condicionadas por factores individuales, provocan que una misma experiencia pueda evocar diferentes emociones en distintas personas, impactando así las dos dimensiones de las emociones: valencia y excitación.

La valencia emocional se refiere a la naturaleza placentera o desagradable del estímulo, mientras que la excitación emocional describe la intensidad emocional que dicho estímulo puede generar (Tan *et al.*, 2021).

La asociación de emociones y las respuestas emocionales involucran diversas estructuras cerebrales que forman el sistema límbico, también conocido como cerebro emocional (Casey *et al.*, 2019). Este sistema se divide en dos áreas principales: la corteza cerebral y las estructuras subcorticales (Barrett, 2017; Casey *et al.*, 2019). Los circuitos neuronales responsables de la generación y expresión de las emociones se localizan principalmente en las áreas corticales prefrontales del cíngulo anterior y de la ínsula, así como en un conjunto de estructuras subcorticales que incluyen el hipocampo, la amígdala, los núcleos del tálamo y los núcleos del hipotálamo, entre otros (ver figura 2) (National Scientific Council on the Developing Child, 2004; Casey *et al.*, 2019; Birnie y Baram, 2022).

Las investigaciones recientes en el campo de las neurociencias indican que no existen circuitos neuronales específicos para cada emoción que se experimenta (Casey *et al.*, 2019; Birnie y Baram, 2022). En cambio, se sugiere que cada vez que una persona vive una experiencia emocional, se crean o modifican circuitos neuronales en función de esa experiencia y del contexto en el que se produce, gracias a los procesos de neuroplasticidad. Este proceso ocurre a lo largo de toda la vida, de tal manera que los circuitos neuronales involucrados en la expresión de emociones durante la infancia, que se localizan principalmente en áreas subcorticales del cerebro,

evolucionan a medida que el individuo se desarrolla, facilitando una comunicación entre neuronas subcorticales y corticales. Esto no solo permite la expresión de las emociones, sino también su modulación. Al final de la adolescencia se establecen circuitos predominantemente entre neuronas corticales, lo que implica un avance hacia una mayor complejidad emocional y cognitiva, otorgando así competencia emocional al individuo (Ahmed *et al.*, 2015; Casey *et al.*, 2019).

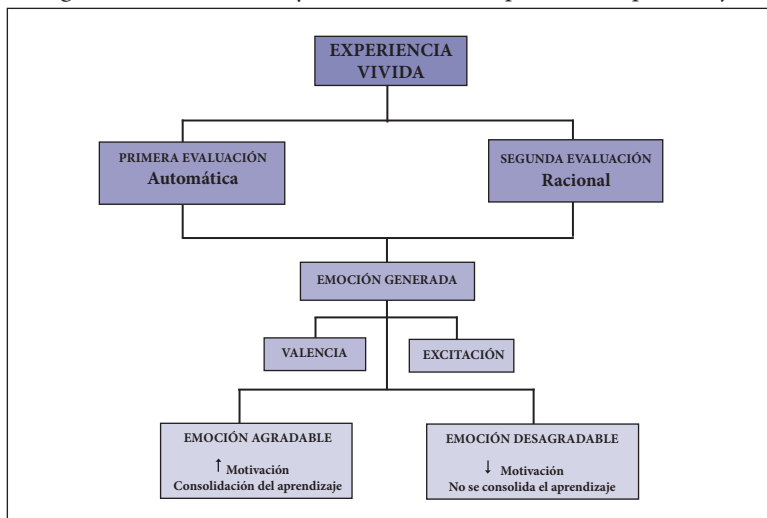
Estos circuitos neuronales participan también en establecer la respuesta emocional, es decir, la respuesta del organismo ante las emociones asociadas a una experiencia. La respuesta emocional consta de tres componentes: neurofisiológico, comportamental y cognitivo (Bisquerra, 2009):

1. Componente neurofisiológico: son cambios corporales regulados por el sistema nervioso autónomo que suceden cuando se experimenta la emoción: sudoración, cambios en las frecuencias cardíaca y respiratoria, secreción de hormonas y neurotransmisores, etc.
2. Componente comportamental: aspectos relacionados con la forma de manifestar la emoción. Incluye expresiones faciales, el volumen y tono de la voz, el movimiento corporal, etc.
3. Componente cognitivo: es la vivencia subjetiva de agrado-desagrado, tensión-relajación o excitación-calma que experimenta el individuo.

Este último elemento, vinculado a la valencia emocional, desempeña un papel crucial en la conducta de un estudiante frente a las diversas experiencias de aprendizaje. En general, cuando una experiencia no se considera amenazante y se percibe como un acercamiento a sus objetivos o bienestar, se generan emociones catalogadas como agradables o positivas (como la alegría, el orgullo, el alivio, la felicidad, entre otras). Por el contrario, si la experiencia se siente amenazante y aleja al estudiante de sus metas o bienestar, se producen emociones negativas o desagradables (como el miedo, la ira, la ansiedad, la frustración, la tristeza, la culpa, etc.) (Bisquerra, 2009). De esta manera, las emociones provocadas por las experiencias académicas son, en gran medida, el resultado de la evaluación que los estudiantes hacen sobre su posible éxito o fracaso (Pekrun, 2006; Barrios y Gutiérrez de Piñeres, 2020; Tan *et al.*, 2021). En términos generales, las percepciones que incluyen emociones positivas fomentan conductas de acercamiento, impulsan la motivación, el compromiso y el rendimiento académico; mientras

que las emociones negativas se asocian con una disminución de la motivación, el aburrimiento y el distanciamiento del estudiante respecto a las experiencias de aprendizaje (Figura 5) (Pekrun, 2006; Barrios y Gutiérrez de Piñeres, 2020; Tan *et al.*, 2021).

Figura 5. Las emociones y su influencia en el proceso de aprendizaje



Fuente: Elaboración propia.

Ante una experiencia de aprendizaje, ésta es valorada a través de dos evaluaciones que determinan la emoción generada. Esta emoción se caracteriza por su valencia (agradable o desagradable) y nivel de excitación, condicionando la respuesta emocional y su impacto en la motivación y la consolidación del aprendizaje.

Por lo anterior, es esencial en la educación superior desarrollar estrategias educativas que fomenten un entorno que favorezca emociones adecuadas para el aprendizaje: es crucial crear un ambiente positivo y seguro donde los estudiantes se sientan apreciados y apoyados. También resulta beneficioso utilizar narrativas o situaciones emocionales vinculadas al contenido para incrementar el interés y la conexión emocional. Además, siempre que sea factible, se sugiere instruir sobre técnicas básicas de regulación emocional, especialmente en situaciones de estrés, como durante exámenes o presentaciones.

## **Motivación**

La motivación es el proceso que le permite al individuo iniciar, mantener y guiar las conductas encaminadas a alcanzar un objetivo. Es un estado interno que actúa como una fuerza impulsora que dirige y mantiene el comportamiento de los individuos hacia una meta, en este caso hacia el aprendizaje. Los estudiantes con mayor motivación se comprometen e involucran más con su proceso, persisten en el tiempo y obtienen mejores resultados que aquellos con menos motivación (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine [NASEM], 2018; Urhahne y Wijnia, 2023).

Existen dos formas de motivación: extrínseca e intrínseca, y ambas desempeñan un papel fundamental en la motivación global de un estudiante (Naranjo-Pereira, 2009; NASEM, 2018; Urhahne y Wijnia, 2023).

La motivación extrínseca implica la realización de una actividad con el propósito de obtener una recompensa o evitar una sanción impuesta externamente. Este tipo de motivación suele ser una constante en el entorno educativo, ya que los sistemas de enseñanza tienden a emplear distintas estrategias para mantener o modificar la conducta con el fin de promover el aprendizaje. Entre estas estrategias se incluyen la recompensa (premiar la conducta con el fin de que se repita), la extinción (detener la recompensa con el fin de que desaparezca la conducta) y el castigo (recompensar negativamente, es decir, que la conducta tenga consecuencias aversivas con la finalidad de que desaparezca) (Naranjo-Pereira, 2009; NASEM, 2018; Urhahne y Wijnia, 2023).

Por su lado, la motivación intrínseca es el impulso interno que guía a una persona a participar en una actividad porque la encuentra atractiva y significativa para el logro de sus metas. Esta se encuentra en el extremo opuesto del aburrimiento y la apatía y favorece el desarrollo de actividades productivas de manera autónoma y voluntaria (Naranjo-Pereira, 2009; NASEM, 2018; Urhahne y Wijnia, 2023).

Desde una perspectiva neurofisiológica, la motivación se compone de dos fases (Reeve y Lee, 2012; Salamone y Correa, 2024):

- 1) La activación cerebral (*arousal*), que se refiere al estado de alerta mental asociado con el deseo de explorar y adquirir nuevos conocimientos. Este estado depende en gran medida de que los estímulos sentidos durante el proceso de aprendizaje sean apropiados para captar el interés, despertar

la curiosidad y presentar nuevos retos intelectuales al estudiante. Los circuitos neuronales que facilitan esta activación se localizan en el tronco encefálico formando el sistema de activación reticular ascendente. Este se extiende hacia el tálamo, el hipotálamo, el prosencéfalo basal y finalmente a la corteza cerebral, la cual está involucrada en la siguiente fase:

2) La activación de conductas orientadas a llevar a cabo actividades relacionadas con el aprendizaje, la cual está estrechamente vinculada y condicionada por la obtención de recompensas. En la realización de un comportamiento motivado se pueden distinguir tres etapas: la primera es el componente direccional de la motivación, que orienta al individuo hacia el objetivo a alcanzar; la segunda es la fase consumatoria, en la que el individuo interactúa con los estímulos que motivan su conducta; y la tercera es la fase instrumental, donde el individuo logra el resultado y las recompensas o castigos asociados (Reeve y Lee, 2012; Salamone y Correa, 2024).

Las recompensas funcionan como refuerzos positivos o placeres subjetivos que fomentan una conducta de aproximación y, por ende, actúan como estímulos motivacionales que ayudan a mantener la conducta. Mientras que los castigos se consideran refuerzos negativos que, con alta probabilidad, disminuirán, extinguirán o modificarán dicha conducta (Salamone y Correa, 2024; Berridge y Kringelbach, 2008; Reeve y Lee, 2012). De lo anterior se deduce que la obtención de recompensas a lo largo del proceso de aprendizaje es esencial para mantener la motivación del estudiante.

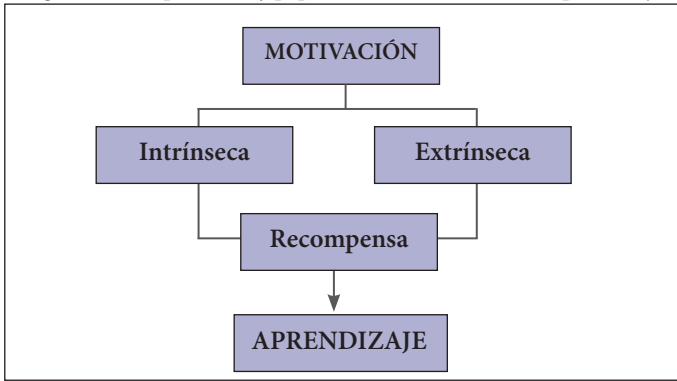
Estas recompensas se componen de tres elementos principales (Berridge y Kringelbach, 2008):

- El deseo (*wanting*): la motivación para alcanzar la recompensa.
- El gusto (*liking*): la satisfacción que se experimenta.
- El aprendizaje (*learning*): las asociaciones, representaciones y predicciones sobre recompensas futuras basadas en experiencias previas.

Es el tercer componente el que, mediante experiencias educativas repetidas, posibilita la creación de representaciones mentales que ayudan a prever recompensas. Así, la información obtenida de experiencias anteriores juega un papel fundamental en la formación de un valor motivacional anticipado, el cual resulta esencial en las conductas motivadas hacia el aprendizaje. Las expectativas sobre la recompensa afectan las preferencias del individuo en cuanto a la selección de información que considera útil, relevante y significativa en relación con sus objetivos, así como la cantidad

de esfuerzo que está dispuesto a dedicar a su proceso de aprendizaje (Figura 6) (Reeve y Lee, 2012).

Figura 6. Componentes y papel de la motivación en el aprendizaje



Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 6, la motivación incluye factores intrínsecos y extrínsecos que influyen en el proceso de aprendizaje. El comportamiento motivado encaminado al aprendizaje está sustentado en un sistema de recompensas y en las expectativas de dichas recompensas basadas en las experiencias previas.

Muchas instituciones de educación superior tienden a fomentar la motivación extrínseca a través de recompensar el esfuerzo mediante las calificaciones. Un riesgo significativo de que un estudiante dependa únicamente de la motivación extrínseca es que se enfoque en la competencia y dirija su esfuerzo hacia evitar el fracaso, en lugar de orientarlo hacia la comprensión y asimilación de los contenidos. Esto no solo puede resultar en un proceso de aprendizaje menos satisfactorio, sino que también aumenta las probabilidades de abandono y tiene un impacto limitado en su desarrollo personal y profesional.

Lo ideal es que el aprendizaje esté impulsado principalmente por la motivación intrínseca, que se basa en el deseo de superación y en los intereses personales y profesionales (Cancino *et al.*, 2024; Urhahne y Wijnia, 2023). Para fomentar este tipo de motivación, es aconsejable que las universidades implementen estrategias pedagógicas que vinculen los contenidos académicos con la vida cotidiana o las futuras profesiones de los estudiantes, lo que facilita un aprendizaje más significativo. Otra estrategia efectiva consiste en permitir que los estudiantes elijan temas, metodologías

de trabajo o métodos de evaluación, con el fin de aumentar su sentido de autonomía y control sobre su proceso de aprendizaje. Además, es esencial ofrecer retroalimentación constructiva que incluya comentarios positivos, que estimulen el progreso, la autoeficacia y el esfuerzo continuo.

### ***Atención***

A la capacidad de seleccionar cuáles estímulos del entorno serán procesados por el sistema nervioso y de ignorar los que no son relevantes para la tarea en cuestión, se le denomina atención (McDowd, 2007). La atención permite a los individuos activar procesos neurobiológicos enfocados en estímulos específicos, es decir, la atención asegura una percepción adecuada de los estímulos sensoriales relevantes. Así, junto con la sensopercepción, la atención es un proceso básico de entrada y procesamiento de estímulos del entorno (McDowd, 2007; Machado-Bagué *et al.*, 2021).

Han sido descritas dos redes neuronales responsables del control de la atención (Dosenbach *et al.*, 2008): la red fronto-parietal y la red cíngulo-opercular, las cuales están interconectadas a través del cerebelo. La red fronto-parietal incluye la corteza prefrontal dorsolateral, el lóbulo parietal inferior, el surco intraparietal, la corteza frontal dorsal, el precúneo y la corteza cingulada medial; y su función principal es iniciar y ajustar el control cognitivo, respondiendo de manera diferenciada según la retroalimentación recibida durante la ejecución de tareas. Por otro lado, la red cíngulo-opercular está compuesta por la corteza prefrontal anterior, la ínsula anterior, la parte dorsal de la corteza cingulada anterior y el tálamo. Su función esencial es mantener la estabilidad de las funciones cognitivas mientras se llevan a cabo las tareas.

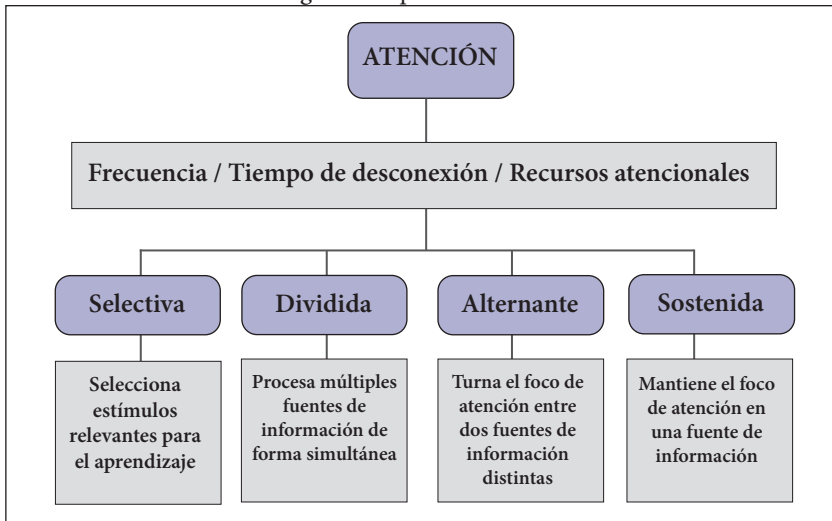
En el contexto del aprendizaje, la capacidad de mantener la atención está estrechamente vinculada al desempeño académico, ya que ésta determina en qué información, instrucción o material educativo se enfocará el estudiante y por cuánto tiempo (Cancino *et al.*, 2024). A la capacidad para focalizar la atención por periodos prolongados, suficiente para percibir, comprender, reflexionar, darle significado y memorizar la información de los estímulos que están siendo procesados, se le denomina concentración (Machado-Bagué *et al.*, 2021).

Existen diversos factores externos e internos que afectan el grado de atención y concentración de un estudiante: la intensidad de los estímulos,

el color y tamaño con que son presentados, la duración de la presentación de los estímulos, la frecuencia de cambio entre estímulos, la repetición, etc. Entre los factores internos se encuentran la relevancia e interés por los estímulos, la motivación en la actividad, las expectativas de la misma, además del estado emocional del estudiante.

De acuerdo con la frecuencia y tiempo de desconexión del foco de atención y el involucramiento de recursos atencionales en distintos grados, la atención se ha clasificado en cuatro tipos (Grossberg, 2021): selectiva, dividida, alternante y sostenida; y como se verá, cada tipo puede ser útil en el aprendizaje según las exigencias de la actividad pedagógica que se está realizando (Figura 7).

Figura 7. Tipos de atención



Fuente: Elaboración propia.

Los tipos de atención se clasifican en dependencia de la frecuencia con que se atienden los estímulos, el tiempo de desconexión y los recursos atencionales involucrados. Todos participan en el aprendizaje según las exigencias de la actividad académica que se está realizando.

La *atención selectiva* se define como la habilidad de los estudiantes para concentrarse en los estímulos relevantes para el aprendizaje, mientras ignoran aquellos que no contribuyen a sus objetivos académicos. La información que no resulta útil o pertinente es desestimada, a menudo sin que la persona

sea consciente de ello (Grossberg, 2021). Por ejemplo, un estudiante que lee un artículo en una sala de espera puede no prestar atención a las conversaciones que ocurren a su alrededor gracias a su atención selectiva.

El mantenimiento de la atención selectiva exige un esfuerzo considerable y no siempre se logra con éxito. Las interrupciones en la atención pueden llevar a distracciones, lo que disminuye tanto la eficiencia cognitiva como la conductual (Grossberg, 2021). Por esta razón, distraerse al leer un texto puede prolongar el tiempo necesario para completar la tarea y afectar negativamente la comprensión del contenido. Es importante señalar que estos momentos de distracción están estrechamente relacionados con la motivación y el nivel de activación cortical del individuo: en situaciones de baja activación y motivación, hay menos recursos cognitivos disponibles para procesar los estímulos, lo que puede resultar en un rendimiento subóptimo. Por otro lado, un estado de alta activación o excitación a menudo se asocia con un aumento en las distracciones, lo que significa que, aunque hay suficientes recursos cognitivos, la atención puede dispersarse hacia estímulos no pertinentes a la tarea en cuestión (Grossberg, 2021).

En la *atención dividida*, una persona es capaz de procesar múltiples fuentes de información simultáneamente o de llevar a cabo varias tareas al mismo tiempo (McDowd, 2007; Grossberg, 2021). Por ejemplo, un estudiante podría estar escuchando una conferencia mientras revisa mensajes en su teléfono móvil, o tomando notas mientras escucha una clase y observa imágenes. En muchas ocasiones es posible realizar dos o más actividades simultáneamente con escasa o ninguna reducción en el rendimiento, en comparación con situaciones donde cada tarea se ejecuta de manera aislada. No obstante, si las tareas son complejas y se acercan al límite de la capacidad cognitiva o física del individuo, el rendimiento en una o más de ellas puede verse afectado (McDowd, 2007). Esta disminución se denomina déficit de atención dividida.

Se han propuesto diversos modelos para explicar el fenómeno de la atención dividida. Uno de ellos es el modelo de recursos múltiples de Wickens (Wickens, 1976). En este enfoque se identifican cuatro dimensiones de recursos disponibles para el individuo: la modalidad (auditiva o visual), la etapa de procesamiento (codificación, procesamiento central y respuesta), el tipo de información (espacial o verbal) y el modo de respuesta (manual o vocal). Según este modelo, las tareas que se realizan simultáneamente en un contexto de atención dividida interferirán entre sí en función de si utilizan los mismos recursos. En cambio, si dos tareas requieren diferentes

dimensiones de recursos, pueden llevarse a cabo al mismo tiempo con relativa facilidad.

Los hallazgos empíricos han respaldado el modelo de Wickens; sin embargo, no permite predecir con total precisión el rendimiento del individuo al realizar dos tareas simultáneamente, ya que existen otros factores que influyen en el desempeño en situaciones de atención dividida, como la fatiga, que tiende a incrementar el déficit de atención, o la familiaridad y práctica con ambas tareas, lo que puede hacer que el desempeño se vuelva más automático y eficiente y menos exigente en cuanto a los recursos utilizados, lo cual tiende a disminuir la magnitud de dicho déficit (Hazeltine *et al.*, 2002).

En la *atención alternante*, el individuo turna su atención entre dos tareas o fuentes de información distintas. Este tipo de atención se emplea comúnmente cuando no se pueden utilizar los recursos cognitivos o físicos de manera simultánea, o cuando la complejidad de las tareas supera los recursos disponibles (McDowd, 2007; Grossberg, 2021). Por ejemplo, un estudiante puede necesitar alternar su atención entre la visualización de un video y responder un cuestionario sobre ese video.

La capacidad de cambiar de tarea sin perder información relevante es fundamental para el proceso de aprendizaje. El desempeño en actividades que requieren atención alternante puede ser comparable al de la atención dividida; sin embargo, los mecanismos atencionales que subyacen a cada uno son distintos. En la atención dividida se considera que la atención se reparte entre varias fuentes de información, mientras que en la atención alternante solo se concentra en una fuente a la vez, aunque el enfoque puede cambiar rápidamente entre diferentes fuentes (McDowd, 2007; Grossberg, 2021). A pesar de que la atención alternante podría parecer más eficiente que la atención dividida, esto no siempre es cierto. La alternancia implica mayores demandas de memoria. Cambiar de una tarea a otra exige que la persona retenga el estado de la tarea anterior mientras realiza la nueva, de modo que, al regresar a la primera, pueda continuar con una pérdida mínima de eficacia. Además, la atención alternante requiere reajustar las prioridades de las tareas con cada cambio y las exigencias cognitivas deben adaptarse a los requerimientos de cada actividad. Estos costos a menudo resultan en un rendimiento más lento o con mayor probabilidad de errores, especialmente justo después de un cambio en el foco de atención (McDowd, 2007).

La *atención sostenida* se refiere a la capacidad de mantener el foco de atención en una tarea durante períodos prolongados (McDowd, 2007; Grossberg, 2021). Este tipo de atención se compone de dos fases: la *vigilancia*, que implica detectar la presencia de un estímulo, y la *concentración*, que consiste en mantener la atención en dicho estímulo. Conservar el enfoque a lo largo del tiempo exige un esfuerzo considerable y un control efectivo de la atención, de modo que los pensamientos o eventos distractores del entorno no afecten la concentración. Si la atención se dispersa, incluso por un breve lapso, es probable que se omita información crucial para alcanzar el objetivo deseado. La probabilidad de pasar por alto información relevante incrementa a medida que se prolonga el tiempo dedicado a la tarea, ya que esto dificulta la capacidad de mantener la atención (McDowd, 2007). Esta disminución en la eficiencia de la atención sostenida a lo largo del tiempo se conoce como *disminución de la vigilancia*.

Al igual que otros tipos de atención, la efectividad de la atención sostenida se ve influenciada por la fatiga y el estrés, y también depende de la frecuencia con la que se presenta la información relevante y de la previsibilidad de su ubicación. La disminución de la *vigilancia* es más pronunciada cuando la presentación de los objetivos es poco frecuente y cuando hay incertidumbre sobre dónde aparecerán. Las variaciones en estos parámetros de la tarea aumentan la probabilidad de que surjan distracciones que dificulten el logro del objetivo (McDowd, 2007). Además, incluso en condiciones óptimas, la atención solo puede mantenerse durante un tiempo limitado, y los descansos pueden revitalizar la capacidad de mantener la atención a lo largo del tiempo (McDowd, 2007).

Cualquier interrupción en la atención sostenida, ya sea por pensamientos internos, como recordar que el perro no ha comido mientras se realiza un examen, o por estímulos externos, como el ruido de los automóviles mientras se lee un libro, puede ocasionar retrasos o la pérdida de concentración.

El grado de atención sostenida se ve afectado por diversos procesos, como las emociones y el nivel de activación cortical. Cuando los estímulos tienen relevancia emocional, es decir, provocan emociones, el procesamiento y la identificación de la información se vuelven prioritarios, lo que resulta en una mayor rapidez, una atención sostenida por más tiempo, mejor precisión en el recuerdo y una menor probabilidad de olvido en comparación con la información que carece de carga emocional (Yiend, 2010; Weinberg *et al.*, 2013). No obstante, la priorización de la atención hacia

estímulos emocionales no siempre resulta adaptativa en el contexto académico. Estos estímulos pueden ser irrelevantes para los objetivos académicos que se persiguen e interferir con los estímulos que facilitan el aprendizaje, lo que podría ralentizar el proceso o afectar la precisión de la atención. Además, la atención hacia estímulos que no son pertinentes para el aprendizaje puede incluso obstaculizar el procesamiento posterior de aquellos que sí lo son (Weinberg *et al.*, 2013).

Por otro lado, el nivel de activación cortical influye en la capacidad de atención sostenida en tareas específicas. Un nivel de activación bajo puede llevar a una persona a sentirse somnolienta o desinteresada, disminuyendo el tiempo de atención; en contraste, un nivel de activación elevado puede provocar emociones intensas, ansiedad o estrés, lo cual tampoco favorece la atención. Por lo tanto, es fundamental alcanzar un nivel de activación óptimo en función de la actividad de aprendizaje para lograr un rendimiento cognitivo adecuado (Grossberg, 2021).

Se pueden implementar múltiples estrategias para optimizar y preservar un nivel adecuado de atención en los estudiantes (Luna *et al.*, 2023): una de las más efectivas para fomentar la atención sostenida es la segmentación del contenido, que consiste en dividir las sesiones en bloques breves, intercalados con pausas activas donde el estudiante deba aplicar lo analizado en la sesión. La inclusión de diversos estímulos atractivos a través de recursos visuales, auditivos y tecnológicos (como videos, mapas conceptuales y simulaciones) contribuye a mantener la atención selectiva. Además, realizar preguntas y ejercicios a lo largo de la clase ayuda a que los estudiantes se mantengan en un estado óptimo de alerta mental, activos y concentrados.

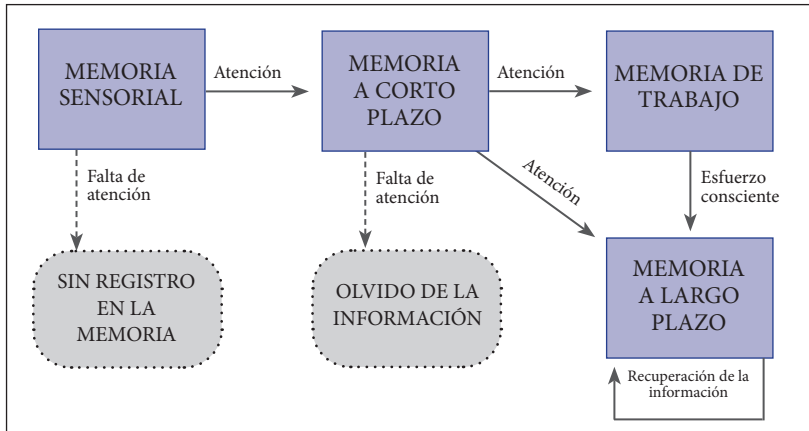
## ***Memoria***

Para el aprendizaje es fundamental otro proceso cognitivo: la memoria. Este proceso incluye la retención, el almacenamiento y la recuperación (evocación) de la información que se sensó y percibió, tal como se describió en la primera parte de este capítulo. Es decir, cuando se habla de memoria, se refiere a la capacidad de mantener la representación mental que un individuo construye a partir de una experiencia y la habilidad de evocarla cuando lo desee.

Existen diferentes tipos de memoria clasificadas de acuerdo con el tiempo de retención de la información (Blakemore y Frith, 2005): la

memoria sensorial, memoria a corto plazo, memoria de trabajo y memoria a largo plazo (Figura 8).

Figura 8. Tipos de memoria y su relación con el aprendizaje



Fuente: Elaboración propia.

La memoria se clasifica en diferentes tipos según su duración y función. El aprendizaje efectivo requiere del proceso de atención para consolidar la información desde la memoria a corto plazo y la memoria de trabajo, hacia la memoria a largo plazo, donde puede ser almacenada y recuperada para su uso posterior. La falta de atención conduce a que no se registre la información o a que existan olvidos.

La *memoria sensorial* es capaz de procesar una gran cantidad de información captada por los receptores sensoriales, lo que inicia el proceso de atención. Esto significa que, si se presta atención a los estímulos del entorno, la información se registrará como memoria sensorial, en caso contrario, la información no será registrada en la memoria. Esta forma de memoria se conserva durante un periodo muy breve, que varía entre unos pocos cientos de milisegundos y 1 o 2 segundos, antes de transformarse en *memoria de corto plazo*. Este proceso se considera el primer paso en la percepción, ya que solo cuando se toma conciencia de la información almacenada en la memoria sensorial, esta puede integrarse en la memoria a corto plazo.

Mantener la atención en esta información durante ese breve lapso permite, por un lado, que no haya olvidos, pero además permite su manipulación. Esta función, en la que la memoria actúa como un sistema de

procesamiento de información se conoce como *memoria de trabajo* o memoria operativa, y es fundamental en procesos cognitivos más complejos como la lectura, la resolución de problemas, la escritura y, por supuesto, el aprendizaje.

Cuando la información en las memorias a corto plazo y de trabajo es evocada, repetida y utilizada de forma consciente en diversas actividades se almacena en la *memoria a largo plazo*. Esta permite la consolidación de conocimientos y habilidades y facilita la evocación cuando se requiere.

En el aprendizaje, la memoria de trabajo juega un papel crucial en el procesamiento activo de la información, mientras que la memoria a largo plazo es fundamental para la consolidación del conocimiento. En ambos casos, la correcta codificación y recuperación de la información es fundamental, por lo que entre más detallado y profundo se realice este proceso, resulta en un recuerdo posterior más efectivo (Cancino *et al.*, 2024).

La información que se encuentra en la memoria a largo plazo se puede clasificar en dos tipos (Blakemore y Frith, 2005): el conocimiento que es posible recuperar de manera consciente y comunicar verbalmente o a través de otros códigos simbólicos, se denomina *memoria explícita*; y el conocimiento que opera de manera automática, que es de naturaleza procedimental y no necesita de un recuerdo consciente para ser utilizado, se denomina *memoria implícita*.

Ambos tipos de memoria juegan un papel importante en el aprendizaje (Cancino *et al.*, 2024): la memoria explícita hace referencia tanto al contenido de la información académica, como al momento de adquisición de ese aprendizaje. Por ejemplo, el aprendizaje de los elementos de la tabla periódica a través de los ejercicios en la clase de química o las partes anatómicas de una planta en una práctica de recolección. Mientras que la memoria implícita se refiere al aprendizaje mediante la experiencia, del que no se es totalmente consciente de cómo o dónde se aprendió y que cuesta poner en palabras una vez se ha adquirido. Por ejemplo, utilizar una pipeta o trabajar en la computadora.

Una de las estrategias para promover y consolidar la memoria en los estudiantes es la técnica de repetición espaciada (Cancino *et al.*, 2024; León *et al.*, 2014). Esta metodología implica revisar conceptos fundamentales en diferentes momentos a lo largo del curso, lo que facilita la evocación de la información y su conexión con el tema en estudio. Además, la repetición permite evaluar y reflexionar sobre el aprendizaje, enfatizando que los errores son una parte esencial del proceso educativo. Aunque la repetición

fortalece la memoria, es crucial que la adquisición de información académica relevante se realice de manera flexible, empleando el contraste y la comparación en lugar de la repetición rígida de los contenidos. Una actividad que ejemplifica este tipo de repetición es la preparación de una exposición sobre un tema. En estos casos, no solo se repite lo aprendido, sino que también se brinda al estudiante la oportunidad de crear repeticiones mentales de lo que va a presentar, organizando y priorizando el contenido.

Otra estrategia es la elaboración activa (Cancino *et al.*, 2024), que implica que los estudiantes describan procesos o conceptos utilizando sus propias palabras, formulen analogías o conecten ideas, lo que les permite enriquecer la información que han memorizado previamente. Asimismo, la estructuración de la información mediante la creación de esquemas, mapas conceptuales o tablas comparativas favorece un almacenamiento organizado del conocimiento (León *et al.*, 2014).

## Conclusión

El desarrollo de los procesos cognitivos relacionados con el aprendizaje está influenciado por factores tanto biológicos como ambientales. Estos procesos están estrechamente vinculados al nivel de desarrollo neurológico promovido por la plasticidad neuronal, la madurez intelectual y la experiencia académica.

Dada la edad y la trayectoria de los estudiantes de educación superior, se considera que estos estén transitando hacia procesos cognitivos con mayor grado de desarrollo y maduración (Naigeboren *et al.*, 2015; Barrera, 2020; Barrios y Gutiérrez de Piñeres, 2020): de un pensamiento abstracto inicial, que requiere apoyos concretos para entender conceptos complejos, hacia un pensamiento abstracto más sólido que les permita analizar teorías, formular hipótesis y manejar conceptos complejos de manera independiente. Se espera que pasen de necesitar apoyo externo en la planificación, organización y supervisión de su propio aprendizaje a un enfoque más autónomo y autorregulado, asumiendo la responsabilidad de la gestión del tiempo y el cumplimiento de sus tareas académicas. Asimismo, se espera una transición de una motivación mayormente extrínseca, influenciada por expectativas familiares o calificaciones, hacia una motivación intrínseca, con metas más definidas en relación a sus aspiraciones personales y profesionales. Además, un cambio de un procesamiento superficial de la información, con escasa

capacidad para integrar y establecer relaciones complejas, hacia un procesamiento más profundo, que incluye habilidades para sintetizar, comparar, criticar y aplicar el conocimiento. Finalmente, de una limitada conciencia sobre sus fortalezas y debilidades se transita a un desarrollo metacognitivo más avanzado, que les permite establecer sus propias estrategias y materiales de estudio, así como reflexionar sobre su proceso de aprendizaje.

Aunque estos cambios no son aplicables de manera uniforme a todos los estudiantes de educación superior, ofrecen un marco para adaptar y combinar estrategias pedagógicas y recursos didácticos (Mantari-Cruz y Sanchez-Garcia, 2024; Delgado-Saeteros *et al.*, 2024): es fundamental que en el ámbito universitario, el material y las estrategias pedagógicas tengan una profundidad conceptual, es decir, que vayan más allá de la simple memorización de datos y fomenten la comprensión de conceptos, teorías y su aplicación en contextos reales y complejos. Deben presentar una estructura lógica y coherente, con un contenido bien organizado, una secuencia clara, jerarquías conceptuales y transiciones que faciliten la integración del conocimiento. Además, es importante que estimulen el pensamiento crítico y analítico mediante la resolución de problemas, estudios de caso, preguntas abiertas y situaciones que requieran análisis, comparación, inferencia y toma de decisiones. La conexión con la práctica profesional y la investigación, relacionando el contenido con problemas actuales, investigaciones recientes o aplicaciones profesionales, refuerza la relevancia y promueve la motivación. También, la metodología debe ser flexible y permitir el aprendizaje autónomo, de modo que el estudiante pueda explorar diferentes rutas de aprendizaje, consultar fuentes complementarias y reflexionar sobre su propio proceso educativo. Es esencial incluir recursos visuales y tecnológicos, como esquemas, gráficos, simulaciones y plataformas interactivas, para mejorar la atención, comprensión y memoria, adaptándose a diversos estilos de aprendizaje. Por último, el lenguaje utilizado debe ser preciso y accesible, empleando terminología técnica adecuada al nivel universitario, pero claro y sin ambigüedades, facilitando así la asimilación de los conceptos.

Diseñar materiales y estrategias educativas con estas características, contribuye a propiciar la neuroplasticidad, a potenciar los procesos cognitivos superiores antes abordados y a fomentar un aprendizaje más significativo, autónomo y duradero.

## Referencias

- Ahmed, S. P., Bittencourt-Hewitt, A., & Sebastian, C. L. (2015). Neurocognitive bases of emotion regulation development in adolescence. *Developmental Cognitive Neuroscience, 15*, 11-25. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2015.07.006>
- Barrera, H. L. F. (2020). Variables cognitivas de los estudiantes universitarios: su relación con dedicación al estudio y rendimiento académico en universitarios. *Psicumex, 10*(1), 61-74. <https://doi.org/10.36793/psicumex.v10i1.342>
- Barrett, L. F. (2017). *How emotions are made: The secret life of the brain*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Barrios, T. H. y Gutiérrez de Piñeres, B. C. (2020). Neurociencias, emociones y educación superior: una revisión descriptiva. *Estudios pedagógicos (Valdivia), 46*(1), 363-382. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052020000100363>
- Berridge, K. C., & Kringelbach, M. L. (2008). Affective neuroscience of pleasure: reward in humans and animals. *Psychopharmacology, 199*, 457-480. <https://doi.org/10.1007/s00213-008-1099-6>
- Birnie, M. T., & Baram, T. Z. (2022). Principles of emotional brain circuit maturation. *Science, 376*(6597), 1055-1056. <https://doi.org/10.1126/science.abn4016>
- Bisquerra, A. R. (2009). *Psicopedagogía de las emociones*. Síntesis.
- Blakemore, S. J., & Frith, U. (2005). *The learning brain: Lessons for education* (1st ed.). Blackwell Publishing Ltd.
- Cancino, C. E. M., Mendoza, J. J. A., Mero, G. K., Cordero, D. T. M., & Párraga S. M. M. (2024). Neuroeducación: Proceso psicológicos en el marco de la educación superior, que interfieren en el aprendizaje y memoria. *Revista Social Fronteriza, 4*(4), e44355. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(4\)355](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(4)355)
- Casey, B. J., Heller, A. S., Gee, D. G., & Cohen, A. O. (2019). Development of the emotional brain. *Neuroscience Letters, 693*, 29-34. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.11.055>
- Chung, W. S., Clarke, L. E., Wang, G. X., Stafford, B. K., Sher, A., Chakraborty, C.,...Barres, B. A. (2013). Astrocytes mediate synapse elimination through MEGF10 and MERTK pathways. *Nature, 504*(7480), 394-400. <https://doi.org/10.1038/nature12776>
- Cruz, K. G., Leow, Y. N., Le, N. M., Adam, E., Huda, R., & Sur, M. (2022). Cortical-subcortical interactions in goal-directed behavior. *Physiological Reviews, 102*(4), 1681-1712. <https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2021>
- Cubero, M. (2005). Un análisis cultural de los procesos perceptivos. *Anuario de Psicología, 36*(3), 261-280.
- Delgado-Saeteros, E. Z., Lema-Cachinell, B. M., & Lema-Cachinell, A. N. (2024). Estrategias pedagógicas innovadoras para el desarrollo de aprendizajes significativos en la educación superior. *Prohominum. Revista de*

- Ciencias Sociales y Humanas*, 6(1), 80-88. <https://doi.org/10.47606/acven/ph0228>
- Dosenbach, N. U. F., Fair, D. A., Cohen, A. L., Schlaggar, B. L., & Petersen, S. E. (2008). A dual-networks architecture of top-down control. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(3), 99-105. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.01.001>
- Faust, T. E., Gunner, G., & Schafer, D. P. (2021). Mechanisms governing activity-dependent synaptic pruning in the developing mammalian CNS. *Nature Reviews Neuroscience*, 22(11), 657-673. <https://doi.org/10.1038/s41583-021-00507-y>
- Fleming, N., & Baume, D. (2006). *El cuestionario VARK. ¿Cómo aprendo mejor?* <https://vark-learn.com/wp-content/uploads/2014/08/The-VARK-Questionnaire-Spanish.pdf>
- Frizzell, T. O., Grajauskas, L. A., Liu, C. C., Ghosh Hajra, S., Song, X., & D'Arcy, R. C. N. (2020). White Matter Neuroplasticity: Motor Learning Activates the Internal Capsule and Reduces Hemodynamic Response Variability. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 509258. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.509258>
- Gall, C. M., Le, A. A., & Lynch, G. (2023). Sex differences in synaptic plasticity underlying learning. *Journal Neuroscience Research*, 101(5), 764-782. <https://doi.org/10.1002/jnr.24844>
- García-Retana, J. A. (2012). La educación emocional, su importancia en el proceso de aprendizaje. *Educación*, 36(1), 1-24. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=440/44023984007>
- Grossberg, S. (2021). Attention: Multiple types, brain resonances, psychological functions, and conscious states. *Journal of Integrative Neuroscience*, 20(1), 197-232. <https://doi.org/10.31083/j.jin.2021.01.406>
- Hazeltine, E., Teague, D., & Ivry, R. B. (2002). Simultaneous dual-task performance reveals parallel response selection after practice. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28(3), 527-545. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.28.3.527>
- Hebb, D. O. J. C. P. (1949). Organization of behavior. *Wiley*, 6(3), 335-307.
- Hernández Pina, F., & Hervás Avilés, R. M. (2014). Enfoques y estilos de aprendizaje en educación superior. *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, 16(2), 283-299. <https://doi.org/10.5944/reop.vol.16.num.2.2005.11375>
- Hsieh, H., Boehm, J., Sato, C., Iwatsubo, T., Tomita, T., Sisodia, S., & Malinow, R. (2006). AMPAR removal underlies Abeta-induced synaptic depression and dendritic spine loss. *Neuron*, 52(5), 831-843. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.10.035>
- Immordino-Yang, M. H. (2016). *Emotions, learning, and the brain: Exploring the educational implications of affective neuroscience*. W. W. Norton & Company.

- Ismail, F. Y., Ljubisavljevic, M. R., & Johnston, M. V. (2020). A conceptual framework for plasticity in the developing brain. En A. Gallagher, C. Bulteau, D. Cohen, & J. L. Michaud (eds.), *Handbook of Clinical Neurology*, vol. 173 (pp. 57-66). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64150-2.00007-1>
- Jurkowski, M. P., Bettio, L., E, K. W., Patten, A., Yau, S. Y., & Gil-Mohapel, J. (2020). Beyond the Hippocampus and the SVZ: Adult Neurogenesis Throughout the Brain. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 14, 576444. <https://doi.org/10.3389/fncel.2020.576444>
- Keck, T., Toyozumi, T., Chen, L., Doiron, B., Feldman, D. E., Fox, K.,...van Rossum, M. C. (2017). Integrating Hebbian and homeostatic plasticity: the current state of the field and future research directions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 372(1715). <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0158>
- Kourosh-Arami, M., Hosseini, N., & Komaki, A. (2021). Brain is modulated by neuronal plasticity during postnatal development. *The Journal of Physiological Sciences*, 71(1), 34. <https://doi.org/10.1186/s12576-021-00819-9>
- Lafontaine, M. P., Knoth, I. S., & Lippé, S. (2020). Learning abilities. En A. Gallagher, C. Bulteau, D. Cohen, & J. L. Michaud (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology* (pp. 241-254). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64150-2.00021-6>
- Leisman, G. (2024). Elegy for neural coding in understanding cognition: Brains are not computers. *Journal of Integrative Neuroscience*, 23(5), 104. <https://doi.org/10.31083/j.jin2305104>
- León, U. A. P., Risco del Valle, E., & Alarcón S. C.. (2014). Estrategias de aprendizaje en educación superior en un modelo curricular por competencias. *Revista de la educación superior*, 43(172), 123-144. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-27602014000400007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602014000400007&lng=es&tlng=es).
- Leuner, B., & Gould, E. J. A. r. o. p. (2010). Structural plasticity and hippocampal function. *Annual Review of Psychology*, 61(1), 111-140. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.100359>
- Luna, E. L., Salgado Oviedo, P. B., & Moyano Guamán, M. A. (2023). La atención para el aprendizaje. ¿Cómo mejorarla? *Esprint Investigación*, 2(1), 29-40. <https://doi.org/10.61347/ei.v2i1.36>
- Machado-Bagué, M., Márquez-Valdés, A. M., & Acosta-Bandomo, R. U. (2021). Consideraciones teóricas sobre la concentración de la atención en educandos. *Revista de Educación y Desarrollo*, 59: 75-82. [https://www.cucs.udg.mx/revistas/edu\\_desarrollo/anteriores/59/59\\_Machado.pdf](https://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/59/59_Machado.pdf)

- Mantari-Cruz, M. del R., & Sanchez-Garcia, T. C. (2024). Effectiveness of learning strategies in university students. *Universidad Ciencia Y Tecnología*, 28(125), 178-185. <https://doi.org/10.47460/uct.v28i125.868>
- Marzola, P., Melzer, T., Pavesi, E., Gil-Mohapel, J., & Brocardo, P. S. (2023). Exploring the Role of Neuroplasticity in Development, Aging, and Neurodegeneration. *Brain Sciences*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/brainsci13121610>
- McDowd, J. M. (2007). An overview of attention: behavior and brain. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 31(3): 98-103. <https://doi.org/10.1097/NPT.0b013e31814d7874>
- Mosquera-Jiménez, L. P. (2023). La estimulación sensorial como fundamento estructural del proceso de enseñanza-aprendizaje en la primera infancia. *Revista Criterios*, 30(2), 207-226. <https://doi.org/10.31948/rev.criterios/30.2-art14>
- Nagerl, U. V., Eberhorn, N., Cambridge, S. B., & Bonhoeffer, T. (2004). Bidirectional activity-dependent morphological plasticity in hippocampal neurons. *Neuron*, 44(5), 759-767. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.11.016>
- Nageboren, G. M., Caram, G., Gil De Asar, M., & Bordier, M. S. (2015, del 25 al 28 de noviembre). Procesos cognitivos y metacognitivos en alumnos universitarios: estrategias para su desarrollo. *VII Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XXII Jornadas de Investigación XI Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR*, Buenos Aires, Argentina.
- Nancekivell, S. E., Sun, X., Gelman, S. A., & Shah, P. (2021). A slippery myth: How learning style beliefs shape reasoning about multimodal instruction and related scientific evidence. *Cognitive Science*, 45(6), e13047. <https://doi.org/10.1111/cogs.13047>
- Naranjo-Pereira, M. A. (2009). Motivación: perspectivas teóricas y algunas consideraciones de su importancia en el ámbito educativo. *Educación*, 33(2), 153-170. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44012058010>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2018). *How people learn II: Learners, contexts, and cultures*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/24783>
- National Scientific Council on the Developing Child. (2004). Children's emotional development is built into the architecture of their brains: Working Paper No. 2. <http://www.developingchild.net>
- Pinar, C., Fontaine, C. J., Trivino-Paredes, J., Lottenberg, C. P., Gil-Mohapel, J., & Christie, B. R. (2017). Revisiting the flip side: Long-term depression of synaptic efficacy in the hippocampus. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 80, 394-413. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.06.001>

- Pekrun, R. (2006). The Control-Value Theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educ Psychol Rev*, 18, 315-334. <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9029-9>
- Pulido, L. M. (2018). *Aprendizaje y cognición: Modelos cognitivos*. Fundación Universitaria del Área Andina.
- Reeve, J., & Lee, W. (2012). Neuroscience and human motivation. En R. M. Ryan (Ed.), *The Oxford handbook of motivation* (pp. 365-380). Oxford University Press.
- Sakai, J. (2020). Core Concept: How synaptic pruning shapes neural wiring during development and, possibly, in disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(28), 16096-16099. <https://doi.org/10.1073/pnas.2010281117>
- Salamone, J. D., & Correa, M. (2024). The neurobiology of activational aspects of motivation: Exertion of effort, effort-based decision making, and the role of dopamine. *Annual Review of Psychology*, 75, 1-32. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-020223-012208>
- Scarborough, S. (2023). *Psychology of human relations*. Open Oregon Educational Resources. <https://openoregon.pressbooks.pub/psychologyofhumanrelations/chapter/6-1-the-process-of-perception/>
- Shams, L., & Seitz, A. R. (2008). Benefits of multisensory learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 11, 411-417, <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.006>
- Shinoda, Y., Tanaka, T., Tominaga-Yoshino, K., & Ogura, A. (2010). Persistent synapse loss induced by repetitive LTD in developing rat hippocampal neurons. *PLoS One*, 5(4), e10390. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010390>
- Takeuchi, N., & Izumi, S. (2013). Rehabilitation with poststroke motor recovery: a review with a focus on neural plasticity. *Stroke Research and Treatment*, 2013, 128641. <https://doi.org/10.1155/2013/128641>
- Tan, J., Mao, J., Jiang, Y., & Gao, M. (2021). The influence of academic emotions on learning effects: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9678. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189678>
- Tyng, C. M., Amin, H. U., Saad, M. N. M., & Malik, A. S. (2017). The Influences of emotion on learning and memory. *Frontiers in Psychology*, 8, 1454-1475. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01454>
- Urhahne, D., & Wijnia, L. (2023). Theories of motivation in education: An integrative framework. *Educational Psychology Review*, 35(3), 1-23. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09767-9>
- Voss, P., Thomas, M. E., Cisneros-Franco, J. M., & de Villers-Sidani, E. (2017). Dynamic Brains and the Changing Rules of Neuroplasticity: Implications

- for Learning and Recovery. *Frontiers in Psychology*, 8, 1657. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01657>
- Watson, C., Kirkcaldie, M., & Paxinos, G. (2010). Gathering information – the sensory systems. En C. Watson, M. Kirkcaldie, & G. Paxinos (Eds.), *The brain* (pp. 75-96). Academic Press.
- Weinberg, A. Ferri, J., & Hajcak, G. (2013). Interactions between attention and emotion. Insights from the late positive potential. En M. D. Robinson, E. R. Watkins y E. Harmon-Jones (Eds.), *Handbook of Cognition and Emotion* (pp. 35-54). The Guilford Press.
- Weinhard, L., di Bartolomei, G., Bolasco, G., Machado, P., Schieber, N. L., Neniskyte, U.,...Gross, C. T. (2018). Microglia remodel synapses by presynaptic trogocytosis and spine head filopodia induction. *Nature Communications*, 9(1), 1228. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03566-5>
- Wickens, C.D. (1976). The effects of divided attention on information processing in manual tracking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2(1), 1-13. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.2.1.1>
- Yiend, J. (2010). The effects of emotion on attention: A review of attentional processing of emotional information. En Jan De Houwer and Dirk Hermans (Eds.), *Cognition and Emotion Reviews of Current Research and Theories* (pp. 211-275). Psychology Press.