

## **La memorización en los procesos educativos: mecanismos y estrategias de almacenamiento y recuperación de información**

### ***Memorization in educational processes: Mechanisms and strategies for information storage and retrieval***

Oscar Brenes

Escuela de Medicina, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

José Antonio Blanco Villalobos

Escuela de Artes Plásticas Universidad de Costa Rica, Costa Rica

#### **Resumen**

La memorización en los procesos educativos ha sido negativizada, al punto de interpretarse como un estrato menor de la cognición y disminuyendo su importancia. Sin embargo, la memorización es un eje transversal a lo largo del proceso enseñanza-aprendizaje; es fundamental para construir un portafolio de recursos o insumos necesarios para enfrentarse a un problema nuevo, determinante para la construcción del conocimiento, y constituye la base de los procesos cognitivos más complejos. La base del aprendizaje y la memorización es la creación y consolidación de engramas: poblaciones neuronales presentes en estas diferentes regiones del cerebro que se conectan funcionalmente, de manera directa o indirecta, formando circuitos que codifican y almacenan información declarativa y no declarativa. La repetición, la creación de asociaciones, las fases N3 y REM del sueño, los ambientes positivos de aprendizaje y algunas estrategias como extraer ideas principales, subrayar detalles gatillantes, releer, autointerrogarse y crear discursos propios favorecen la creación, consolidación, modificación y reconsolidación de los engramas. Cada uno de estos factores propician aprendizajes más duraderos, actuando en el sistema nervioso central a diferentes niveles, los cuales son discutidos en este trabajo.

*Palabras clave:* memoria, engrama, corteza prefrontal, estrategias de aprendizaje, mediación pedagógica.

---

Oscar Brenes, Departamento de Fisiología, Escuela de Medicina, Universidad de Costa Rica, Costa Rica; Centro de Investigaciones en Neurociencias Universidad de Costa Rica, Costa Rica. José Antonio Blanco Villalobos, Escuela de Artes Plásticas de la Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

La correspondencia en relación con este artículo se dirige a Oscar Brenes, Escuela de Medicina, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Correo electrónico: [oscar.brenes\\_g@ucr.ac.cr](mailto:oscar.brenes_g@ucr.ac.cr)



### Abstract

Memorization in educational processes has been stigmatized, even interpreted as a lesser aspect of cognition, thus diminishing its importance. However, memorization is a cross-cutting axis through the teaching-learning process; it is fundamental for constructing a portfolio of resources and tools necessary for use when facing a new problem, decisive for knowledge construction, and constitutes the basis of more complex cognitive processes. The foundation of learning and memorization lies in the creation and consolidation of engrams, neural populations present in various regions of the brain that functionally connect, directly or indirectly, forming circuits that encode and store declarative and non-declarative information. The repetition, the creation of associations, the N3 and REM sleep phases, the creation of positive learning environments, and some strategies such as extracting main ideas, highlighting triggering details, re-reading, self-questioning, and creating one's narratives promote the creation, consolidation, modification, and reconsolidation of engrams. These factors improve more enduring learning by acting on the central nervous system at different levels, as discussed in this work.

*Keywords:* memory, engram, prefrontal cortex, learning strategies, pedagogical mediation.

Son comunes frases como “La memorización obstaculiza el aprendizaje”; sin embargo, algunos conocimientos, como los idiomas, la anatomía o las matemáticas, necesitan ser aprendidos por la vía de la memorización debido a que estas áreas del saber consisten en bloques de información (significados de palabras y leyes gramaticales, nombre de músculos y tejidos, fórmulas y leyes matemáticas) y la interrelación de estos bloques. De igual forma, la resolución de problemas complejos que se abordan en estas y otras ciencias requieren que las personas sean capaces de identificar el problema, reconocer el tipo de información con la que cuentan en la memoria, saber dónde buscar la que haga falta, integrar la nueva a la previa y utilizar todas sus herramientas para resolver el problema.

Todo este proceso requiere de memorización previa que después será reclutada, manipulada y tomada como base para resolver problemas y para construir nuevo conocimiento. A este respecto, Marina (1993) refiere que: “reconocer es una operación de segundo nivel, que remite a un conocer previo” (p. 44). Esto quiere decir que, primero, se debe tener almacenada esa información, ya sea en forma de textos, conceptos, imágenes, sonidos o figuras, etc., para poder reconocerlas y utilizarlas, incluso para construir sentidos nuevos o darles nuevos usos en la resolución de problemas (Marina, 1993).

Este trabajo problematiza cómo la memorización en la educación ha sido negativizada; incluso, la pirámide de Miller y la taxonomía de Bloom la localizan en estratos inferiores de cognición (Armstrong 2010; Durante, 2006). En el ambiente educativo, esto genera interpretaciones de que la memorización es un proceso de aprendizaje más primigenio y de menor importancia.

Aunque lo almacenado en la memoria es resultado del proceso de aprendizaje, las estrategias de memorización no deben ser minimizadas, pues son fundamentales para construir, por decirlo así, un “portafolio de recursos” o insumos necesarios para enfrentarse a un problema nuevo con alta demanda cognitiva. Por lo tanto, los procesos de memorización son determinantes para la construcción del conocimiento y constituyen la base de los procesos cognitivos más complejos.

La sola idea de la pirámide, como fue visualizada por Miller (Durante, 2006), lleva implícita la característica de que las bases fuertes en los estratos inferiores son necesarias para construir los estratos

más altos. Las metodologías educativas empleadas para aprender los conocimientos de las ciencias puras, donde memorizar es un paso inicial determinante, no deberían sustituirse del todo por actividades que han mostrado tener éxito en otras áreas del saber, enfocadas únicamente en el carácter lúdico del proceso enseñanza-aprendizaje; lo lúdico es una estrategia, pero no la única, ni necesariamente la mejor.

Además, la memorización no puede ser reducida a un análogo del aprendizaje de las formas de vida menos derivadas. En el ser humano, los procesos de memorización de la información teórica se generan desde el ámbito del uso de la razón y la toma de decisiones e implican procesos cerebrales específicos donde el estudiante es constructor del conocimiento y no un mero jugador pasivo o inconsciente del proceso.

Afrontando el problema de la estigmatización de la memorización, el cuestionamiento de este ensayo no va dirigido a confrontar teorías educativas o estrategias didácticas, sino que busca dar a conocer cómo ocurre el proceso de memorización de la información declarativa y las diversas formas de recuperación en los cerebros neurotípicos, así como subrayar su importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje humano desde la óptica de las Neurociencias y la Mediación Pedagógica. Para lograr dicho objetivo, se realizó una cuidadosa selección de literatura. En el caso de las fuentes relacionadas con educación, este proceso se basó en los textos que trataran la memoria semántica y metodologías educativas; se incluyeron textos de autores clásicos que centran sus teorías en la mediación pedagógica, la importancia del sistema nervioso y la memoria y se excluyeron los textos que centran su mediación en las actividades meramente lúdicas o sin sustrato biológico claro.

Para la descripción de los procesos biológicos que subyacen la memoria y el aprendizaje se realizaron búsquedas en la base de datos PubMed, perteneciente al National Library of Medicine del National Institute of Health (NIH) de los Estados Unidos. Se incluyeron tanto artículos experimentales como revisiones que abordaran los procesos de memorización y recuperación de la memoria declarativa, tanto a nivel molecular y celular, como a nivel de órganos y sistemas y se excluyeron los artículos que abordaran procesos de aprendizaje de memoria no declarativa y los metaanálisis.

De esta manera, el presente ensayo discute, desde la neurociencia, temas como qué es la memoria, su proceso de consolidación, el reclutamiento de los recuerdos, su importancia para la resolución de problemas, los mecanismos por los cuales el ambiente positivo favorece el aprendizaje y el desempeño estudiantil y algunas estrategias de memorización, ya que el éxito de una adecuada memorización está en la selección de la estrategia que más se adecúe a cada individuo. Al mismo tiempo, se asocian estas estrategias con las características de la Mediación Pedagógica.

Es importante recordar que el problema no es memorizar, pues esto es un proceso biológico de importancia, sino seleccionar las estrategias de memorización más adecuadas, aunque no sean del todo lúdicas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es describir los procesos cerebrales que trabajan en la memorización con la idea de resaltar su importancia en el aprendizaje y aclarar su papel dentro de este proceso.

## **¿Qué es la memoria?**

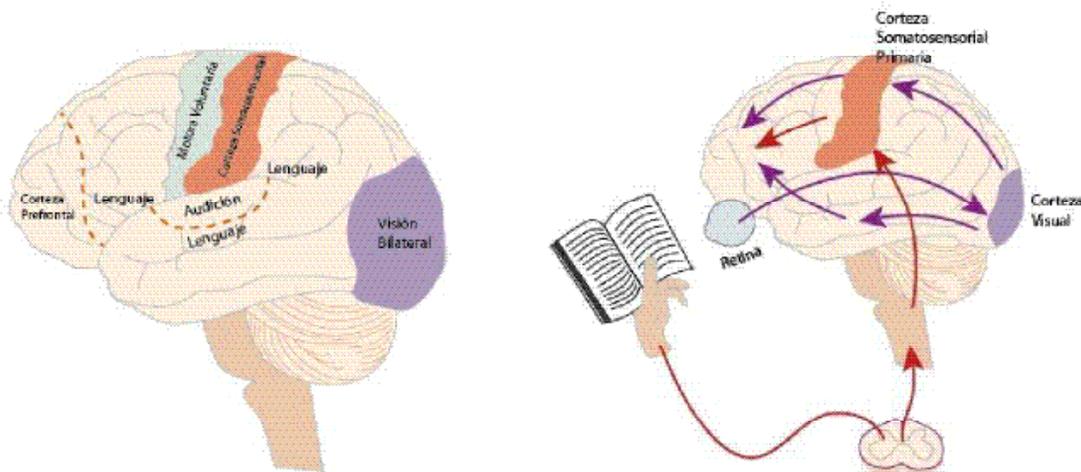
Memorizar es la capacidad de un organismo de adquirir, almacenar y recuperar información y está basada en la experiencia (Josselyn et al., 2015). Para entender cómo inicia este proceso, es importante definir qué es una memoria.

La corteza cerebral humana está dividida en áreas funcionales que pueden dividirse, a grandes rasgos, en áreas sensoriales, áreas asociativas y áreas motoras. Las primeras reciben la información proveniente de los órganos sensoriales como la visión (corteza visual en el lóbulo occipital), el tacto discriminador (corteza somatosensorial) o la audición (corteza auditiva en el lóbulo temporal); junto con las cortezas asociativas, permiten su percepción consciente. Las cortezas asociativas superiores, como la llamada corteza prefrontal (CPF), integran la información sensorial y participan en la toma de decisiones y las áreas motoras, controlan las respuestas corporales a través de los músculos esqueléticos e incluso los órganos viscerales en respuestas coordinadas, como se muestra en el panel izquierdo de la Figura 1 (Silverthorn, 2016). Cuando se está expuesto a un evento, este es reconocido a través de los diferentes órganos sensoriales y codificado en cada uno de los módulos corticales asociados a estos estímulos, comunicado a la CPF y cada uno de estos sitios se asocia entre sí, creando la representación episódica del evento, como se muestra en el panel derecho de la Figura 2 (Feld & Born, 2020; Genzel et al., 2014).

En la Figura 1, puede verse cómo la visión, la audición, el tacto y el lenguaje, entre otros, son administrados por diversas áreas del cerebro; sin embargo, estas se interrelacionan entre sí en procesos cerebrales complejos y variados, la actividad conjunta de diversas partes del cerebro durante una experiencia conforma circuitos que definirán la memoria del evento, que finalmente es el resultado de los procesos de aprendizaje.

Las poblaciones neuronales presentes en estas diferentes regiones del cerebro se conectan funcionalmente, de manera directa o indirecta, formando un rastro de memoria (memory trace). Este

**Figura 1**  
*Organización cortical*



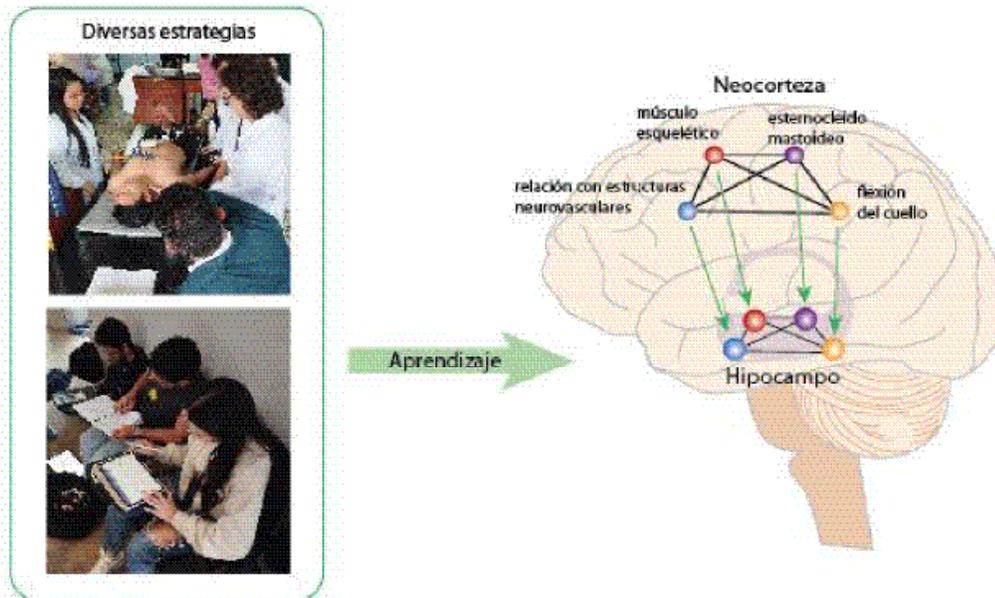
circuito, que codifica y almacena la experiencia, conectando zonas en diferentes partes de la corteza en un patrón específico, es llamado un engrama (Josselyn et al., 2015; Tonegawa et al., 2015).

El engrama, por lo tanto, es un circuito neuronal que deja “huellas” a partir de las experiencias y que se usa para relacionarlas posteriormente con vivencias similares. “Podría entenderse como la base biológica de una huella o esquema de funcionamiento derivado de la experimentación, como el conjunto de cambios cerebrales resultado del aprendizaje y aquello que memorizamos” (párr. 4, Castillero, 2018).

Emplear diferentes estrategias para transmitir la información declarativa permite crear engramas con numerosos nodos. Los diferentes nodos que componen un engrama de un evento proyectan señales hacia zonas específicas de una estructura profunda del cerebro llamada hipocampo y hacia la principal corteza asociativa humana, la CPF. En el hipocampo y en la CPF se crea una asociación entre estos sitios en una combinación única que representa el evento vivido y, por lo tanto, diferentes zonas hipocampales y prefrontales pasan a formar parte del engrama, como se muestra en la Figura 2 (Feld & Born, 2020; Genzel et al., 2014).

Mediante diversas estrategias, como la lectura y la demostración en el laboratorio, se provee información que activará diferentes partes de la corteza, reclutando y generando engramas que codifican la experiencia y la información. Estos circuitos corticales activan, a su vez, circuitos hipocampales.

**Figura 2**  
*Generación de engramas*



En humanos, registros obtenidos a partir de células específicas en el hipocampo y zonas aledañas han demostrado que estas se activan solamente cuando se recluta un recuerdo episódico específico. Esto demuestra que la actividad de neuronas definidas se correlaciona con memorias específicas, sugiriendo que estas células forman parte de los engramas de ese recuerdo (Tonegawa et al., 2015).

La formación del recuerdo involucra el reforzamiento de las conexiones entre la colección de módulos corticales que ensamblan el engrama que activado durante el evento. Inicialmente, las conexiones aumentan su actividad de forma poco duradera y pueden detener su actividad, olvidando la información que era contenida en él. En este momento, el engrama aún no es una memoria, pero presenta las condiciones necesarias para que se cree una memoria. A través de diferentes procesos, puede consolidarse la fuerza de conexión entre las neuronas, lo que aumenta la probabilidad de que el mismo patrón de actividad se repita en el futuro y permitiendo, de esta manera, la recuperación exitosa de la información contenida en el engrama (Josselyn et al., 2015). Para que se convierta en memoria de largo plazo y, por lo tanto, en un aprendizaje significativo, se requiere de un proceso de consolidación.

### **La consolidación**

Para reforzar las conexiones que conforman un engrama, se requiere la presencia de actividad en el circuito. Durante la consolidación, los engramas adquieren un estado latente y el reclutamiento del engrama lo vuelve a un estado activo (Josselyn et al., 2015). La actividad en las áreas corticales y los circuitos del engrama conduce a fenómenos de plasticidad que refuerzan la eficiencia sináptica y que incluyen mecanismos fisiológicos, como cambios funcionales en las sinapsis y neuronas existentes, y mecanismos estructurales como la formación de nuevas sinapsis, eliminación de sinapsis preexistentes y cambios morfológicos en las conexiones (Feldman, 2009). La profundización mecanicista de estos procesos celulares escapa del objetivo de este artículo, pero el lector interesado puede explorar los artículos de Caroni et al. (2012), Feldman (2009) y Herring y Nicoll (2016).

La reactivación de engramas y su consolidación puede hacerse de forma consciente durante la vigilia o de forma inconsciente durante el sueño. Este reclutamiento de los recuerdos desestabiliza momentáneamente el patrón de las conexiones del engrama y permite la consolidación y reconsolidación de los circuitos con ligeras modificaciones (Josselyn et al., 2015).

El hipocampo, como parte de los engramas, es necesario para su reactivación, su consolidación y la recuperación de los recuerdos recientes (1-3 años de antigüedad). Sin embargo, con el paso del tiempo, las células del engrama en la CPF maduran sus conexiones hasta que eventualmente son capaces de activar los engramas presentes en las múltiples cortezas sensoriales y asociativas, aun sin necesidad de la actividad hipocámpal. Una vez que se consolida el engrama en la memoria de largo plazo, el hipocampo ya no forma parte de él y no es necesario para su recuperación (Kitamura et al., 2017).

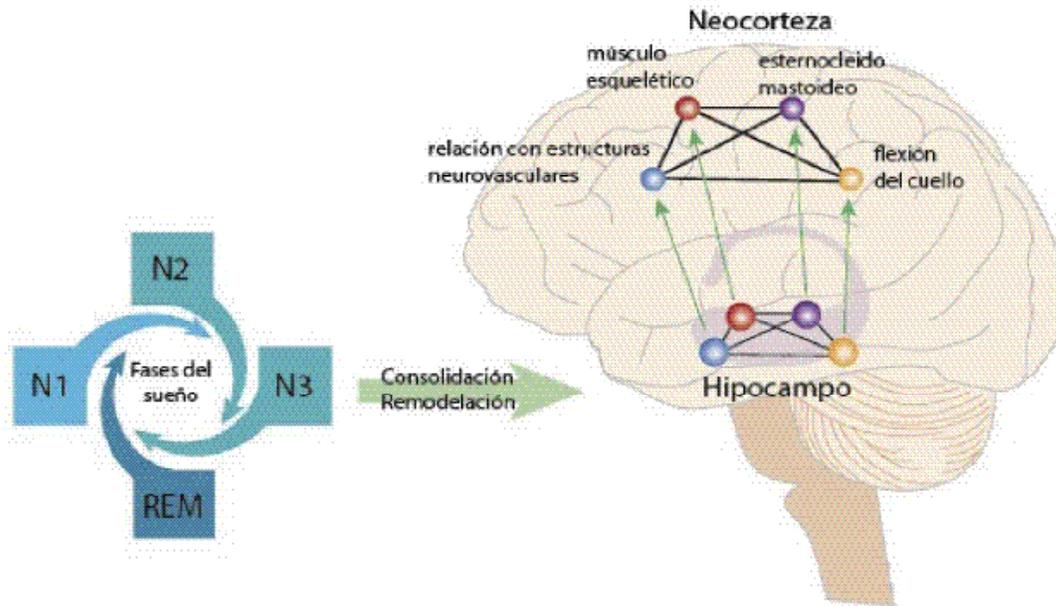
Diversos estudios sugieren que la maduración de los engramas desde circuitos dependientes del hipocampo hasta ensamblajes corticales estables ocurre principalmente en el sueño NoREM y específicamente en la fase N3 o sueño de ondas lentas (Feld & Born, 2020). Las ondas electroencefalográficas lentas, llamadas también ondas delta (con frecuencias menores a 4 ondas por segundo, 4 Hz), se expresan a nivel cortical en la fase N3 del sueño NoREM y se derivan de la sincronización entre células del tálamo y de la corteza (Adamantidis et al., 2019).

Junto con las ondas delta corticales, surgen las ondas agudas (sharp-wave ripples) en el hipocampo. Estos eventos electroencefalográficos hipocámpales coinciden con la fase de mayor actividad cortical de las ondas lentas, facilitando la actividad cortico-hipocámpal y, de esta manera, el hipocampo facilita la activación de los engramas corticales y reactivándolos durante el sueño profundo favorece su consolidación, como muestra la Figura 3 (Adamantidis et al., 2019; Feld & Born, 2020).

Durante el ciclo del sueño, especialmente en la fase N3 del sueño NoREM y la fase REM, el hipocampo se sincroniza y reactiva los engramas corticales, permitiendo su consolidación en memorias a largo plazo y su remodelación. Según Stuart Ira Fox (2023) “El sueño NoREM ayuda a la plasticidad neuronal necesaria para el aprendizaje” (p. 12). En esta fase se da la consolidación tanto de memoria declarativa como no declarativa. También, el sueño REM participa en este proceso pues contribuye a consolidar la memoria no declarativa, la cual se refiere a las funciones operativas, habilidades e incluso emociones (Goldstein & Walker, 2014).

### Figura 3

*Reclutamiento durante el sueño y consolidación de engramas*



Estas fases no solamente contribuyen a la consolidación de los engramas sino también a su remodelación, eliminando los nodos (información) menos relevantes. Durante la fase N3 y en el sueño REM se da una mayor actividad de células no neuronales presentes en el sistema nervioso central, llamadas células de la microglía. La microglía tiene la capacidad de eliminar las conexiones del engrama de menor relevancia (las partes más débiles) a través del proceso de poda sináptica, donde fagocita las estructuras sinápticas poco activas (Schafer & Stevens, 2015; Stowell et al., 2019).

Si bien es aceptado que el sueño favorece la activación de circuitos y la consolidación de engramas, es importante señalar que mantener la actividad sináptica es un proceso energéticamente caro para el ser humano. Existen procesos que contribuyen a la generación de circuitos energéticamente más beneficiosos, bajan la actividad de todos los circuitos, volviendo a su normalidad, pero manteniendo la mayor proporción relativa de cada sinapsis dentro de los engramas, este *down-scaling* de los circuitos es llamado plasticidad homeostática y puede ocurrir en gran medida gracias a la desconexión sensorial que ocurre durante el sueño NoREM (Tononi & Cirelli, 2014).

Por lo tanto, el descanso es esencial para la consolidación de la memoria, por lo que es contraproducente que quienes estudian sacrifiquen horas de sueño para repasar o leer los contenidos de un curso; el adecuado planeamiento para contar con tiempo de repaso y tiempo de descanso es determinante para un adecuado proceso de aprendizaje.

El sueño es un proceso necesario para el correcto almacenamiento de la información; además, es necesario para el apropiado funcionamiento del sistema nervioso. Una de sus funciones es suprimir la hiperexcitabilidad en los circuitos neuronales y, si este proceso no ocurre de manera adecuada, ya sea por fallas a nivel celular o molecular, la excitabilidad aumentada de los engramas podría contribuir al surgimiento de focos epilépticos (Lignani et al., 2020). Además, durante el sueño profundo ocurre un aumento en la producción del líquido cefalorraquídeo y esto se ha asociado a una mayor eliminación de metabolitos dañinos para las neuronas como, por ejemplo, una molécula relacionada con el surgimiento de deterioro cognitivo y la Enfermedad de Alzheimer: el péptido A $\beta$  (Fultz et al., 2019; Ren et al., 2017; Tarasoff-Conway et al., 2015).

En suma, el refuerzo de las sinapsis más fuertes con respecto a las débiles, la eliminación de nodos poco relevantes y la modificación de circuitos permiten que durante el sueño se consoliden los engramas y se mejoren los circuitos que los componen. Así, se almacena solamente la información que presentó mayor relevancia para el sujeto; además, durmiendo se promueve la eliminación de moléculas dañinas para el cerebro. El descanso tiene un papel esencial en el proceso de memorización y el aprendizaje significativo.

### **Reclutamiento de recuerdos**

Cuando un engrama se ha consolidado, puede reclutarse de diferentes formas y, así, llamar el recuerdo. El reclutamiento de un recuerdo implica la reactivación del engrama que lo almacena en las diferentes partes del cerebro, sacándolo de su estado latente (Josselyn et al., 2015).

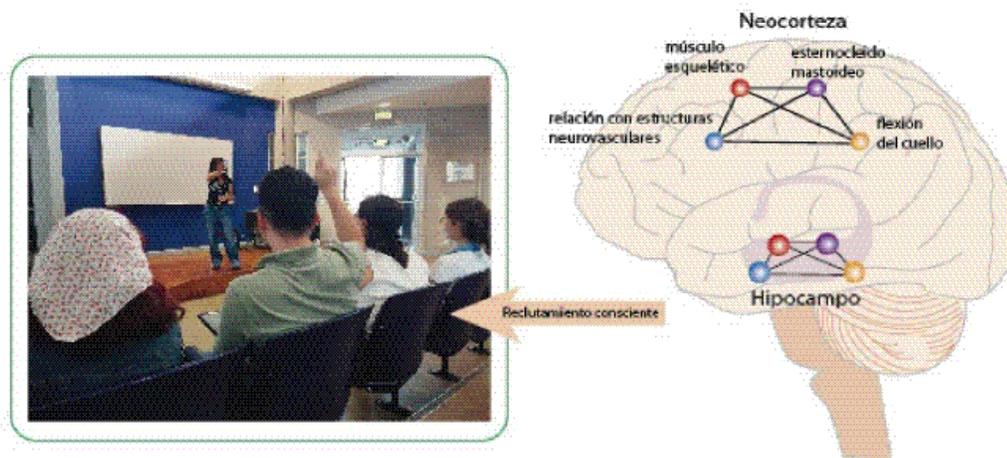
Una forma de reclutar un recuerdo, que es compartida entre diferentes animales, es mediante la estimulación sensorial. Si el sujeto se expone a información sensorial similar a la almacenada en

el engrama, se estarán activando grupos neuronales en las cortezas sensoriales que forman parte del engrama y esto podría activar todo el circuito del recuerdo. Por ejemplo, al indicar el nombre de una estructura anatómica se reclutarán los nodos con información descriptora de esa estructura (Figura 4).

Durante la vigilia, un engrama consolidado puede ser reclutado de manera consciente para resolver problemas y realizar funciones cognitivas de orden superior. Una vez consolidado el reclutamiento, es independiente de la actividad hipocampal.

Si un engrama contiene información sensorial no declarativa, estos nodos pueden ser empleados para reclutar todo el circuito. Este tipo de reclutamiento inconsciente ha sido explotado por la educación. Por ejemplo, un estudio llevado a cabo con escolares en Argentina utilizó la presencia de una fragancia específica durante las lecciones escolares; posteriormente, expuso a los estudiantes a la misma fragancia durante el sueño y evaluó la eficiencia con que esta información podía ser reclutada. Se encontró que la consolidación fue más eficiente (Vidal et al., 2022). La presencia de información olfativa durante el proceso de enseñanza-aprendizaje puede hacer que esta información se asocie a la declarativa; posteriormente, la exposición a la clave de olor durante el sueño puede facilitar que los engramas se activen de nuevo y se promueva su consolidación, facilitando su reclutamiento futuro.

**Figura 4**  
*Reclutamiento consciente de engramas*



De manera similar, es posible proponer a los estudiantes que estudien la información declarativa en contextos semejantes a los que encontrarán durante los exámenes, como, por ejemplo, sentados en un pupitre, con objetos comunes o con fragancias. La visualización de estos objetos y la exposición a estos olores formará parte del engrama que almacena la información declarativa y, si esta se ha consolidado adecuadamente, durante las pruebas de conocimiento, el estar sentado en su pupitre o la presencia de la fragancia pueden ayudar a reclutar todo el engrama que contiene la información declarativa.

A diferencia de la mayoría de los animales, los seres humanos pueden reclutar recuerdos a través de la volición, pues cuenta con una zona cortical especializada para la cognición, la selección e inhibición de comportamientos y toma de decisiones basada en objetivos y en experiencias previas, la CPF ([Arnsten, 2009](#); [Euston et al., 2012](#); [Kandel et al., 2021](#)).

La CPF cuenta con conexiones altamente organizadas con cortezas posteriores y con estructuras subcorticales ([Berridge & Arnsten, 2015](#)); a través de estas conexiones, media procesos necesarios para el aprendizaje humano, como la selección de estrategias, la memoria de trabajo, la selección de ciertos estímulos sensoriales de relevancia, la fijación de la atención y el control de las emociones ([Arnsten, 2009](#); [Nakajima et al., 2019](#); [Wimmer et al., 2015](#)).

Ya que la CPF es capaz de formar parte de los engramas de recuerdos ([Kitamura et al., 2017](#)), esta puede reclutar engramas sacándolos de su estado latente y confiriéndoles un estado activo. Sin embargo, cada vez que se recupera un recuerdo de forma consciente, de alguna manera este sufre alteraciones debido a que, por las lógicas de la experiencia y las circunstancias, habrá un nuevo contexto donde está siendo reclutado. En otras palabras, la información de un recuerdo antiguo se asocia a nuevos nodos corticales de la experiencia que se está viviendo y el recuerdo original puede adquirir un nuevo significado ([Josselyn et al., 2015](#)). Por esta razón, al recordar algún hecho o concepto de forma consciente, estos actualizan su significado.

### **Importancia de la memorización para la resolución de problemas y la toma de decisiones**

La Pirámide de Miller y la Taxonomía de Bloom contemplan la capacidad de análisis, de evaluación y la creación como funciones superiores a la memorización; sin embargo, es importante recalcar que, para poder llevar a cabo estos procesos, es necesario contar con los sustratos necesarios. Por ejemplo, durante la resolución de problemas, el cerebro debe fijar la atención sobre el problema y extraer los datos de mayor relevancia comportamental, reclutar la información almacenada en la memoria para dar contexto a lo que debe resolver y manipular esta información, planificando una acción. El control ejecutivo cortical que permite estos procesos se ha asociado a la CPF.

La CPF usa la información almacenada para crear, razonar y resolver; sin estos insumos, no le sería posible operar: es como encontrarse de frente con la tabula rasa. La CPF presenta grupos neuronales con un tipo de actividad eléctrica llamada “delay spiking” y circuitos neuronales relacionados con la generación de oscilaciones electroencefalográficas a una frecuencia de 30 a 100 Hz (oscilaciones gamma). La actividad gamma asociada con disparos de estas neuronas aumenta cuando cesa la información sensorial y reactivan los mismos circuitos que codificaron dicha información, junto a recuerdos recientes y antiguos ([Miller et al., 2018](#)).

Esto quiere decir que los recursos necesarios para la resolución de problemas residen en la memoria. La PFC también se activa en zonas neuronales relacionadas con la identificación de metas personales y las reglas para alcanzarlas (Miller, 2013).

Esto permite que, según los propios motivos, se oriente la búsqueda de la información y gestionar a voluntad la memorización. Aunque interactuar con la información no siempre implica un proceso lúdico ni una planificación pedagógica: una persona puede memorizar un poema simplemente por motivación propia. Los procesos de memorización, en esencia, siguen siendo los mismos, ya sea por interés personal o por cumplir con una tarea impuesta externamente.

No todas las personas usan los mismos mecanismos para memorizar. Es necesario seleccionar una estrategia para tales fines, que se listarán y explicarán en este ensayo, aunado a una reflexión sobre las ideas sobre la existencia de varios tipos de inteligencia, teoría con la que los autores de este texto no coinciden.

### **El ambiente positivo en el aprendizaje, el reclutamiento de recuerdos y el desempeño estudiantil**

En el pasado, existía la frase “la letra con sangre entra”; se creía que el castigo o el temor a él facilitaba el aprendizaje de los niños. Estudios en animales podrían apoyar esta creencia, pues el aprendizaje asociativo con reforzamiento negativo (por ejemplo, induciendo dolor) tiende a crear comportamientos condicionados con gran facilidad. En seres humanos, incluso una sola exposición a un evento negativo puede consolidar un engrama contextual, conduciendo al Desorden de Estrés Post-Traumático (PTSD, por sus siglas en inglés, Izquierdo et al., 2016).

Esta realidad biológica podría tener un origen evolutivo, pues el aprendizaje de potenciales eventos, objetos o estímulos que atentan contra la vida o la salud es crítico para la supervivencia y, por lo tanto, de importancia evolutiva. Incluso, en los animales sociales como el ser humano, este tipo de aprendizaje puede obtenerse por experiencia directa a estímulos nocivos, como también a través de la comunicación de pares sociales (Debiec & Olsson, 2017).

Los mecanismos detrás de esta consolidación rápida de la información contextual están relacionados con la coactivación de la corteza cerebral, el hipocampo y un núcleo profundo del cerebro llamado amígdala. Sin embargo, en seres humanos, como en animales, el aprendizaje motivado por el miedo conduce a respuestas evitativas (Izquierdo et al., 2016), un comportamiento que se desearía evadir en la educación humana.

Además, los ambientes negativos pueden producir un pobre desempeño estudiantil debido a la activación del núcleo central de la amígdala, una estructura ampliamente relacionada con emociones como el miedo. Una vez activada, la amígdala central puede conducir a un aumento en la actividad de estructuras que dificultan el desempeño en pruebas que evalúen el aprendizaje motor o procedural. Por ejemplo, puede activar la sustancia gris periacueductal caudal, asociada al congelamiento; activar núcleos simpáticos en el hipotálamo lateral generando temblores, sudoración, aumento de la frecuencia cardíaca y midriasis (dilatación de la pupila y menor claridad visual); y activar núcleos parasimpáticos, como el núcleo motor dorsal del vago y núcleo ambiguo provocando la disminución de la presión arterial generando mareos (Joëls et al., 2006; Lang & Bradley, 2010).

También, la capacidad de reclutar engramas que almacenen información declarativa puede verse sacrificada en ambientes negativos, ya que la activación de la amígdala central puede acompañarse de la coactivación del núcleo paraventricular del hipotálamo y el Locus Coeruleus del tronco encefálico. Todas estas estructuras forman parte de los circuitos que median las respuestas corporales al estrés, uno de cuyos efectos es que dificultan la capacidad de reclutar recuerdos e inhiben el correcto funcionamiento de la CPF (Arnsten, 2009; Joëls et al., 2006).

Por otro lado, un ambiente positivo también puede ser de alto provecho para los procesos de enseñanza-aprendizaje. Las cortezas sensoriales y demás sitios del sistema nervioso relacionados con la integración de los estímulos positivos también son capaces de activar a la amígdala y esta, a su vez, ayuda a activar al hipocampo. De esta manera, la coactivación cortical, hipocampal y amigdalina que facilitan la consolidación de recuerdos ante estímulos aversivos también puede ocurrir ante estímulos gratificantes y propiciar la consolidación rápida de información contextual (Kitamura et al., 2017; Lang & Bradley, 2010).

La activación de núcleo basolateral de la amígdala por los estímulos positivos no solo conduce a la activación del hipocampo y una mejor consolidación de los engramas, sino que también puede activar los circuitos motivacionales del cerebro a través de proyecciones de la amígdala al estriado ventral, también conocido como núcleo accumbens, y este sistema puede favorecer la fijación de comportamientos guiada por recompensa (Kandel et al., 2021; Kringelbach & Berridge, 2009; Lang & Bradley, 2010).

Un ambiente positivo también puede favorecer la liberación de oxitocina, a nivel del sistema nervioso y en la circulación. Este mensajero químico actúa como un neuromodulador, influenciando la memoria, el aprendizaje y la flexibilidad comportamental. Las neuronas magnocelulares del hipotálamo pueden liberar oxitocina en la CPF y en el hipocampo, y esta liberación parece estar relacionada con el aprendizaje rápido en ambientes cambiantes (Quintana & Guastella, 2020).

### **Tipos de aprendizaje y estrategias para lograr el aprendizaje**

Los estudios efectuados por Ferrero et al. (2016) y Blanchette Sarrasin et al. (2019) evaluaron la prevalencia de mitos de las neurociencias en profesores de diferentes niveles en España y Canadá. Revelaron que, de un 74 % a un 91 % de los docentes creía que los individuos aprenden mejor si reciben la información en función de su tipo de aprendizaje (por ejemplo, auditivo, visual o kinestésico) y que un 68% cree que los estudiantes tienen perfiles de inteligencia predominantes (por ejemplo, lógico-matemática, musical o interpersonal) y que esto debe tomarse en cuenta para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Estas creencias se derivan de trabajos publicados por Howard Gardner y su equipo en la década de los 80, aun cuando él mismo ha argumentado que su práctica se ha vuelto más problemática que útil (Rousseau, 2021). La teoría básica de las inteligencias múltiples establece que el ser humano cuenta con una serie de herramientas mentales (lo cual llamó inteligencias) que pueden ser activadas para resolver problemas. Postula que todos los individuos tienen a su disposición un perfil intelectual total de ocho inteligencias que actúan en sinergia, pero que cada individuo exhibe un mayor, intermedio o menor potencial para cada una (Rousseau, 2021). Sin embargo, la interpretación que diversos sectores de la educación han hecho parece ser exagerada, lo que ha llevado a la teoría de las inteligencias múltiples a convertirse en un “neuromito” de la educación mundial.

Es importante señalar un punto que se hace evidente a lo largo de todo el presente trabajo, y es que todos los seres humanos cuentan con un repertorio de mecanismos sensoriales que le facultan codificar, integrar y aprovechar la información declarativa y no declarativa transmitidas mediante diferentes medios. Esta riqueza conforma los diferentes nodos de los engramas de memoria y permite aprovechar en grados variables diferentes ambientes de aprendizaje que potencien el aprendizaje y la memoria (Figura 2). Bajo la tesis de que cada ser humano tendría y combinaría las ocho inteligencias señaladas por Gardner para enfrentar los desafíos intelectuales, no existirían pruebas evaluativas que logren valorar un solo tipo de inteligencia y no deberían diseñarse metodologías de aprendizaje sobreespecializadas tratando de enfocarse en un solo tipo de inteligencia.

Por lo tanto, es la opinión de los autores del presente trabajo que la educación debería primar la existencia de diferentes ambientes de aprendizaje, los cuales potencien el acceso y la utilización de la información en diferentes maneras, siempre considerando que la información declarativa y la no declarativa no necesariamente debe emplear los mismos procesos para su consolidación. La utilización de diferentes ambientes diseñados adecuadamente permitiría la repetición de la información, potenciando la creación y consolidación de engramas adecuados.

### **Discusión**

El problema que se le endilga a la memorización en los procesos educativos no se debe a que memorizar es un método anticuado o algo por el estilo, porque se trata de un proceso biológico necesario para el aprendizaje, sino a que las metodologías no consideran la forma en que operan los mecanismos cerebrales. Evidentemente, y como lo afirman Varela et al. (1997), “los cerebros operan de forma distribuida a partir de interconexiones masivas, de modo que las conexiones reales entre los conjuntos de neuronas cambian como resultado de la experiencia” (p. 111).

Recurrir a metodologías que utilizan solamente la memorización pasiva (repetición) o estrategias de la memoria de corto plazo que no dan tiempo a la correcta consolidación y re-consolidación, en vez de aquellas que promueven la memorización mediante el uso de la memoria declarativa tanto semántica, como episódica en diferentes ambientes y que promuevan ambientes positivos y reposo nocturno es quizá el más visible de los problemas, pero no el único, debido a la complejidad de los procesos cerebrales. Por lo tanto, es necesario desarrollar experiencias de aprendizaje más que un dictado de contenidos vaciados de sentido con la realidad del sujeto que aprende, ya que la memoria a largo plazo necesita de estos componentes, tal como lo describe Fox (2023):

La memoria a largo plazo se clasifica como memoria no declarativa (o implícita) y memoria declarativa (o explícita). La memoria no declarativa se refiere a la memoria de habilidades y acondicionamiento simples (como recordar cómo amarrar las agujetas del calzado). La memoria declarativa es la memoria que puede verbalizarse; se subdivide en memoria semántica (significados) y episódica (eventos) (p. 20).

La memoria declarativa es de gran interés para este ensayo, pues la de tipo semántico está relacionada directamente con la Mediación Pedagógica. El ataque a la memorización, dentro del ámbito educativo, debería considerar que el problema no consiste en tener que aprender de memoria los conceptos o las operaciones matemáticas, pues memorizar es un acto biológico.

El problema principal se centra en el hecho de que las estrategias pedagógicas no tengan ningún sentido para las personas aprendientes y los conceptos carezcan de un contexto significativo. Este hecho es común en la práctica educativa, pues el sujeto que funge como interlocutor del proceso educativo está ausente del mismo, ya que el acto educativo no le considera ni a sí mismo, ni a su contexto.

Como expresa Paulo Freire (2005): “no podemos llegar a los obreros urbanos o campesinos... para entregarles ‘conocimientos’ como lo hacía una concepción bancaria, o imponerles un modelo de ‘buen hombre’ en un programa cuyo contenido hemos organizado nosotros mismos” (Freire, 2005, p.76), en otras palabras, vaciado de contexto y sentido para el sujeto que aprende. Dentro de la Mediación Pedagógica, dar sentido al acto pedagógico significa relacionar y contextualizar tanto las experiencias, como los discursos (Gutiérrez & Prieto, 1993).

Los procesos cerebrales se dan justamente en relaciones neuronales, tal como se explicó anteriormente en los engramas; por tanto, cuando el sujeto encuentra sentido a los contenidos, los puede relacionar con aquellos temas previos ya consolidados, permitiendo la creación de asociaciones sólidas; puede conferirles carga emocional, coactivando la amígdala, las cortezas y el hipocampo; y pone a trabajar la memoria declarativa semántica, que le permite consolidar esos recuerdos en la memoria a largo plazo. Cuando los temas tienen sentido para el sujeto que aprende, se despierta su interés: “lo que no se hace sentir no se entiende, y lo que no se entiende no interesa” (Rodríguez, s.f., citado en Gutiérrez & Prieto, 1993, p. 58). Despertar interés es una estrategia que sustenta la voluntad de querer aprender y la toma de decisiones que nos llevará a buen término el proceso enseñanza-aprendizaje.

Entonces, ¿por qué se olvidan fácilmente muchos de los contenidos de los programas educativos? Uno de los problemas es que no se propician ambientes donde el estudiante pueda usar y repetir la información de la memoria declarativa semántica en el proceso educativo en diferentes contextos y resolviendo diferentes problemas, o donde el estudiante pueda crear y consolidar eventos representativos nuevos en la memoria episódica.

Muchas veces, el docente provee información rápida en ocasiones carente de contexto significativo y el sujeto aprendiente utiliza esta información en un tipo de memoria de corto plazo denominado memoria de trabajo, que consiste en retener información de forma breve hasta que sea utilizada, por ejemplo, en un examen. Situaciones similares se dan día a día con la memoria viso-espacial y las aplicaciones de navegación; cuando se usan mapas físicos para visualizar, planificar y dirigirse en las rutas, se recurre a una gran cantidad de relaciones en todo el cerebro y se repasan antes y durante el viaje para asegurar su comprensión y ejecución. De modo contrario, cuando las aplicaciones de navegación indican una dirección, se usa la memoria de trabajo de forma meramente operativa y sin realmente aprender la ruta transitada.

Por lo tanto, una primera estrategia docente debería enfocarse en la creación de ambientes de aprendizaje y ambientes evaluativos que permitan la utilización, repetición y asociación de la información en diferentes contextos y propiciando correlaciones con conocimientos pasados y ejemplos de significado para el aprendiente. El proceso de aprendizaje no debe forzarse a tipos específicos de “inteligencias”, sino que debe haber ambientes donde la información de reciba y utilice de diferentes formas, hecho que beneficiará a todos los estudiantes.

Otra estrategia es propiciar la escritura a mano en vez de usar un teclado de pulsión o, en su defecto, de pantalla táctil o aplicaciones de dictado. Esto porque los movimientos musculares implicados en la escritura a mano o, mejor dicho, en el diseño de grafemas, requiere de un reclutamiento de músculos que son circuitos de las cortezas motoras, así como circuitos importantes en la identificación de significados de palabras y reglas gramaticales. Estos otros “actores” en los procesos cerebrales contribuyen a una mejor consolidación de la información.

Además, se debe propiciar la lectura, ya que implica un componente imaginario que no es igual que al escuchar un audio, pues no se activan los mismos mecanismos. Al leer, hay oportunidad de extraer ideas principales, tachar o subrayar detalles y gatillantes, así como comentar, leer las veces que sea necesario, auto interrogarse y crear un discurso propio: todos estos eventos propician la creación de asociaciones y permite activar y reactivar engramas de información declarativa, propiciando su consolidación, eventos difíciles o imposibles de lograr con audios.

Además, al no usar los mismos mecanismos para escribir que para hablar, no es igual escribir un ensayo en el cual se lee y corrige simultáneamente que dictarle a un software de reconocimiento de voz. De igual manera, no es lo mismo escuchar un audio que leer, ya que el giro temporal superior, al estar dedicado a decodificar los tonos y entender las palabras, no da tanto espacio a la reflexión; por su parte, la escritura integra procesos musculares y permite leer varias veces si es necesario. Por tanto, la lectoescritura es una maravillosa estrategia de memorización. Para profundizar en algunas de estas técnicas de aprendizaje recomendamos, se recomienda la lectura de Dunlosky et al. (2013).

Una tercera estrategia, y quizás una de las más apremiantes en los ambientes educativos actuales, es generar interés en los sujetos aprendientes alrededor de los temas a tratar. El interés en un contenido despierta la voluntad de memorizar y de aprender; por ejemplo, si aprendemos una canción, un chiste o los contenidos de un curso por motivación intrínseca; se tiene voluntad de aprenderlo y tiene sentido en sí mismo. De esta forma, la toma de decisiones prefrontal adquiere un papel determinante en el aprendizaje volitivo del ser humano.

### **Conflicto de intereses**

Los autores del trabajo declaran que la investigación realizada y la información presentada se condujo y seleccionó en ausencia de relaciones comerciales o financieras que pudieran generar conflicto de intereses.

### **Contribuciones de autores**

Ambos autores participaron en la búsqueda y sistematización de información, así como en la redacción y revisión del presente trabajo. Ambos tienen el mismo grado de participación en el trabajo desarrollado.

### **Referencias**

Armstrong, P. (2010). *Bloom's Taxonomy*. Vanderbilt University Center for Teaching. <https://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/blooms-taxonomy>

- Adamantidis, A. R., Gutierrez Herrera, C., & Gent, T. C. (2019). Oscillating circuitries in the sleeping brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 20(12), 746-762. <https://doi.org/10.1038/s41583-019-0223-4>
- Arnsten, A. F. T. (2009). Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 410-422. <https://doi.org/10.1038/nrn2648>
- Berridge, C. W., & Arnsten, A. F. T. (2015). Catecholamine mechanisms in the prefrontal cortex: Proven strategies for enhancing higher cognitive function. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 4, 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2015.01.002>
- Blanchette Sarrasin, J., Riopel, M., & Masson, S. (2019). Neuromyths and Their Origin Among Teachers in Quebec. *Mind, Brain, and Education*, 13(2), 100-109. <https://doi.org/10.1111/mbe.12193>
- Caroni, P., Donato, F., & Muller, D. (2012). Structural plasticity upon learning: regulation and functions. *Nature Reviews Neuroscience*, 13(7), 478-490. <https://doi.org/10.1038/nrn3258>
- Castillero, O. (2018). *Engramas: las huellas que las vivencias nos dejan en el cerebro*. Portal Psicología y Mente. <https://psicologiaymente.com/neurociencias/engramas>
- Debiec, J., & Olsson, A. (2017). Social Fear Learning: from Animal Models to Human Function. *Trends in Cognitive Sciences*, 21(7), 546-555. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.04.010>
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4-58. <https://doi.org/10.1177/1529100612453266>
- Durante, E. (2006). Algunos métodos de evaluación de las competencias: Escalando la pirámide de Miller. *Revista Hospital Italiano Buenos Aires*, 26, 55-61.
- Euston, D. R., Gruber, A. J., & McNaughton, B. L. (2012). The Role of Medial Prefrontal Cortex in Memory and Decision Making. *Neuron*, 76(6), 1057-1070. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.12.002>
- Feld, G. B., & Born, J. (2020). Neurochemical mechanisms for memory processing during sleep: basic findings in humans and neuropsychiatric implications. *Neuropsychopharmacology*, 45(1), 31-44. <https://doi.org/10.1038/s41386-019-0490-9>
- Feldman, D. E. (2009). Synaptic mechanisms for plasticity in neocortex. *Annual Review of Neuroscience*, 32, 33-55. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.051508.135516>
- Ferrero, M., Garaizar, P., & Vadillo, M. A. (2016). Neuromyths in education: Prevalence among spanish teachers and an exploration of cross-cultural variation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(OCT2016). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00496>
- Fox, S. I. (2023). Sistema nervioso central. En S. Fox (Ed.), *Fisiología humana*, 15e. McGraw Hill Education. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=3384&sectionid=281679758>
- Freire, P. (2005). *Pedagogía del oprimido* (2a ed.). Siglo XXI editores.
- Fultz, N. E., Bonmassar, G., Setsompop, K., Stickgold, R. A., Rosen, B. R., Polimeni, J. R., & Lewis, L. D. (2019). Coupled electrophysiological, hemodynamic, and cerebrospinal fluid oscillations in human sleep. *Science*, 366(6465), 628-631. <https://doi.org/10.1126/science.aax5440>
- Genzel, L., Kroes, M. C. W., Dresler, M., & Battaglia, F. P. (2014). Light sleep versus slow wave sleep in memory consolidation: A question of global versus local processes? *Trends in Neurosciences*, 37(1), 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2013.10.002>

LA MEMORIZACIÓN EN LOS PROCESOS EDUCATIVOS: MECANISMOS Y ESTRATEGIAS

---

- Goldstein, A. N., & Walker, M. P. (2014). The role of sleep in emotional brain function. *Annual Review of Clinical Psychology, 10*, 679-708. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-032813-153716>
- Gutiérrez, F., & Prieto, D. (1993). *La mediación pedagógica Apuntes para una educación a distancia alternativa* (2da ed.). IIME.
- Herring, B. E., & Nicoll, R. A. (2016). Long-Term Potentiation: From CaMKII to AMPA Receptor Trafficking. *Annual Review of Physiology, 78*, 351-365. <https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-021014-071753>
- Izquierdo, I., Furini, C. R. G., & Myskiw, J. C. (2016). Fear memory. *Physiological Reviews, 96*(2), 695-750. <https://doi.org/10.1152/physrev.00018.2015>
- Joëls, M., Pu, Z., Wiegert, O., Oitzl, M. S., & Krugers, H. J. (2006). Learning under stress: how does it work? *Trends in Cognitive Sciences, 10*(4), 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.02.002>
- Josselyn, S. A., Köhler, S., & Frankland, P. W. (2015). Finding the engram. *Nature Reviews Neuroscience, 16*(9), 521-534. <https://doi.org/10.1038/nrn4000>
- Kandel, E. R., Koester, J. D., Mack, S. H., & Siegelbaum, S. (2021). *Principles of neural science* (6th edition). McGraw Hill.
- Kitamura, T., Ogawa, S. K., Roy, D. S., Okuyama, T., Morrissey, M. D., Smith, L. M., Redondo, R. L., & Tonegawa, S. (2017). Engrams and circuits crucial for systems consolidation of a memory. *Science, 356*(6333), 73-78. <https://doi.org/10.1126/science.aam6808>
- Kringelbach, M. L., & Berridge, K. C. (2009). Towards a functional neuroanatomy of pleasure and happiness. *Trends in Cognitive Sciences, 13*(11), 479-487. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.08.006>
- Lang, P. J., & Bradley, M. M. (2010). Emotion and the motivational brain. *Biological Psychology, 84*(3), 437-450. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.10.007>
- Lignani, G., Baldelli, P., & Marra, V. (2020). Homeostatic Plasticity in Epilepsy. *Frontiers in Cellular Neuroscience, 14*, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fncel.2020.00197>
- Marina, J. A. (1993). *Teoría de la inteligencia creadora*. Anagrama.
- Miller, E. K. (2013). The “working” of working memory. *Dialogues in Clinical Neuroscience, 15*(4), 411-418.
- Miller, E. K., Lundqvist, M., & Bastos, A. M. (2018). Working Memory 2.0. *Neuron, 100*(2), 463-475. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.09.023>
- Nakajima, M., Schmitt, L. I., & Halassa, M. M. (2019). Prefrontal Cortex Regulates Sensory Filtering through a Basal Ganglia-to-Thalamus Pathway. *Neuron, 103*(3), 445-458.e10. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.05.026>
- Quintana, D. S., & Guastella, A. J. (2020). An Allostatic Theory of Oxytocin. *Trends in Cognitive Sciences, 24*(7), 515-528. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.03.008>
- Ren, H., Luo, C., Feng, Y., Yao, X., Shi, Z., Liang, F., Kang, J. X., Wan, J. B., Pei, Z., & Su, H. (2017). Omega-3 polyunsaturated fatty acids promote amyloid-b clearance from the brain through mediating the function of the glymphatic system. *FASEB Journal, 31*(1), 282-293. <https://doi.org/10.1096/fj.201600896>
- Rousseau, L. (2021). “Neuromyths” and Multiple Intelligences (MI) Theory: A Comment on Gardner, 2020. *Frontiers in Psychology, 12*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.720706>

- Schafer, D. P., & Stevens, B. (2015). Microglia function in central nervous system development and plasticity. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 7(10), 1-18. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a020545>
- Silverthorn, D. U. (2016). *Human Physiology An Integrated Approach* (7th ed.). Pearson Education Limited.
- Stowell, R. D., Sipe, G. O., Dawes, R. P., Batchelor, H. N., Lordy, K. A., Whitelaw, B. S., Stoessel, M. B., Bidlack, J. M., Brown, E., Sur, M., & Majewska, A. K. (2019). Noradrenergic signaling in the wakeful state inhibits microglial surveillance and synaptic plasticity in the mouse visual cortex. *Nature Neuroscience*, 22(11), 1782-1792. <https://doi.org/10.1038/s41593-019-0514-0>
- Tarasoff-Conway, J. M., Carare, R. O., Osorio, R. S., Glodzik, L., Butler, T., Fieremans, E., Axel, L., Rusinek, H., Nicholson, C., Zlokovic, B. V., Frangione, B., Blennow, K., Ménard, J., Zetterberg, H., Wisniewski, T., & De Leon, M. J. (2015). Clearance systems in the brain - Implications for Alzheimer disease. *Nature Reviews Neurology*, 11(8), 457-470. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2015.119>
- Tonegawa, S., Liu, X., Ramirez, S., & Redondo, R. (2015). Memory Engram Cells Have Come of Age. *Neuron*, 87(5), 918-931. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.08.002>
- Tononi, G., & Cirelli, C. (2014). Sleep and the price of plasticity. *Neuron*, 23(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.12.025.Sleep>
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1997). *De cuerpo presente. Las ciencias cognitivas y la experiencia humana*. (2da ed.). Gedisa.
- Vidal, V., Barbuzza, A. R., Tassone, L. M., Brusco, L. I., Ballarini, F. M., & Forcato, C. (2022). Odor cueing during sleep improves consolidation of a history lesson in a school setting. *Scientific Reports*, 12(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14588-x>
- Wimmer, R. D., Schmitt, L. I., Davidson, T. J., Nakajima, M., Deisseroth, K., & Halassa, M. M. (2015). Thalamic control of sensory selection in divided attention. *Nature*, 526(7575), 705-709. <https://doi.org/10.1038/nature15398>

Recibido: 21 de abril de 2024

Revisión recibida: 17 de diciembre de 2024

Aceptado: 18 de marzo de 2025

## LA MEMORIZACIÓN EN LOS PROCESOS EDUCATIVOS: MECANISMOS Y ESTRATEGIAS

---

### Sobre los autores:

**Oscar Brenes**  es profesor de grado y posgrado en el Departamento de Fisiología en la Escuela de Medicina de la Universidad de Costa Rica. Investigador asociado de la Escuela de Medicina y al Centro de Investigación en Neurociencias. Posee una doble titulación doctoral, con el Doctorado en Neurociencias por la Universidad de Turín (Italia) y el Doctorado en Ciencias por la Universidad de Costa Rica. Su principal línea de investigación está relacionada con el papel de los canales iónicos como moduladores de la excitabilidad neuronal y muscular.

**José Antonio Blanco**  es docente de Diseño Gráfico en la Escuela de Artes Plásticas de la Universidad de Costa Rica. Miembro del Consejo Asesor del Centro de Investigaciones en Estructuras Microscópicas de UCR. Docente de la Maestría en Tecnología Educativa de la UCLAEH, Uruguay. Posee un Doctorado en Educación con especialidad en Mediación Pedagógica. Su principal línea de investigación es la mediación pedagógica en virtualidad.

Publicado en línea: 30 de junio de 2025