



# Una introducción a la memoria humana desde perspectivas de la neurociencia y el aprendizaje

Daniel Cantú Cervantes  
Arturo Amaya Amaya  
*Autores*

editorial  
**fontamara**

**UAT** Universidad Autónoma  
de Tamaulipas



**Una introducción a la  
memoria humana  
desde perspectivas  
de la neurociencia  
y el aprendizaje**

---

Una introducción a la memoria humana desde la perspectiva de la neurociencia y el aprendizaje / Daniel Cantú Cervantes, Arturo Amaya Amaya, autores. — Cd. Victoria, Tamaulipas : Universidad Autónoma de Tamaulipas ; Ciudad de México : Editorial Fontamara , 2022.  
125 páginas : 17 x 23 cm

I. 153 - Procesos mentales e inteligencia PSAN – Neurociencias

LC: QP351 C3.6 2022

Dewey: 153 -PSAN

---

Universidad Autónoma de Tamaulipas  
Matamoros SN, Zona Centro  
Ciudad Victoria, Tamaulipas C.P. 87000  
D. R. © 2021

Consejo de Publicaciones UAT  
Centro Universitario Victoria  
Centro de Gestión del Conocimiento. Tercer Piso  
Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149  
Tel. (52) 834 3181-800 • extensión: 2948 • [www.uat.edu.mx](http://www.uat.edu.mx)  
[consejopublicacionesuat@outlook.com](mailto:consejopublicacionesuat@outlook.com)  
Libro aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT  
ISBN UAT: 978-607-8750-90-0

Editorial Fontamara, S. A. de C. V.  
Av. Hidalgo No. 47-B, Colonia Del Carmen,  
Alcaldía de Coyoacán, 04100, CDMX, México  
Tels. 555659-7117 y 555659-7978  
[contacto@fontamara.com.mx](mailto:contacto@fontamara.com.mx) • [coedicion@fontamara.com.mx](mailto:coedicion@fontamara.com.mx) • [www.fontamara.com.mx](http://www.fontamara.com.mx)  
ISBN Fontamara: 978-607-736-742-0

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra incluido el diseño tipográfico y de portada, sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento por escrito del Consejo de Publicaciones UAT.

Edición digital

**Este libro fue dictaminado y aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT mediante un especialista en la materia perteneciente al Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Asimismo, fue autorizado por el Comité interno de selección de obras de Editorial Fontamara mediante el sistema “doble ciego” en la sesión del segundo semestre 2021.**



# Una introducción a la memoria humana desde perspectivas de la neurociencia y el aprendizaje

*Daniel Cantú Cervantes*

*Arturo Amaya Amaya*

*Autores*

**editorial**  
**fontamara**

**UAT** Universidad Autónoma  
de Tamaulipas



C.P. Guillermo Mendoza Cavazos  
PRESIDENTE

Dra. Mariana Zerón Félix  
VICEPRESIDENTE

Dr. Leonardo Uriel Arellano Méndez  
SECRETARIO TÉCNICO

Ing. Franklin Huerta Castro  
VOCAL

Dra. Rosa Issel Acosta González  
VOCAL

Mtro. Rafael Pichardo Torres  
VOCAL

Mtro. Mauricio Pimentel Torres  
VOCAL

**Consejo Editorial del Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas**

**Dra. Lourdes Arizpe Slogher** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Amalio Blanco** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dra. Rosalba Casas Guerrero** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Francisco Díaz Bretones** • Universidad de Granada, España | **Dr. Rolando Díaz Lowing** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Manuel Fernández Ríos** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dr. Manuel Fernández Navarro** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dra. Juana Juárez Romero** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dr. Manuel Marín Sánchez** • Universidad de Sevilla, España | **Dr. Cervando Martínez** • University of Texas at San Antonio, E.U.A. | **Dr. Dario Páez** • Universidad del País Vasco, España | **Dra. María Cristina Puga Espinosa** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Luis Arturo Rivas Tovar** • Instituto Politécnico Nacional, México | **Dr. Aroldo Rodríguez** • University of California at Fresno, E.U.A. | **Dr. José Manuel Valenzuela Arce** • Colegio de la Frontera Norte, México | **Dra. Margarita Velázquez Gutiérrez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. José Manuel Sabucedo Cameselle** • Universidad de Santiago de Compostela, España | **Dr. Alessandro Soares da Silva** • Universidad de São Paulo, Brasil | **Dr. Akexandre Dorna** • Universidad de CAEN, Francia | **Dr. Ismael Vidales Delgado** • Universidad Regiomontana, México | **Dr. José Francisco Zúñiga García** • Universidad de Granada, España | **Dr. Bernardo Jiménez** • Universidad de Guadalajara, México | **Dr. Juan Enrique Marciano Medina** • Universidad de Puerto Rico-Humacao | **Dra. Ursula Oswald** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Arq. Carlos Mario Yori** • Universidad Nacional de Colombia | **Arq. Walter Debenedetti** • Universidad de Patrimonio, Colonia, Uruguay | **Dr. Andrés Piqueras** • Universitat Jaume I, Valencia, España | **Dr. Yolanda Troyano Rodríguez** • Universidad de Sevilla, España | **Dra. María Lucero Guzmán Jiménez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dra. Patricia González Aldea** • Universidad Carlos III de Madrid, España | **Dr. Marcelo Urra** • Revista Latinoamericana de Psicología Social | **Dr. Rubén Ardila** • Universidad Nacional de Colombia | **Dr. Jorge Gissi** • Pontificia Universidad Católica de Chile | **Dr. Julio F. Villegas** • Universidad Diego Portales, Chile | **Ángel Bonifaz Ezeta** • Universidad Nacional Autónoma de México

# Índice

<b>Introducción</b>	9
<b>Capítulo I. Marco introductorio al sistema nervioso y memoria</b>	11
1.1 Sistema nervioso central, periférico y autónomo	13
1.2 Neuronas y células gliales	15
1.3 Neurogénesis	17
1.4 Tipología neuronal común y decusación axonal	18
1.5 Sinapsis y potenciales de acción	20
1.6 Neurotransmisores comunes	21
1.7 Emociones y memoria	24
<b>Capítulo II. La memoria humana: una construcción basada en la experiencia</b>	31
2.1 Percepción y atención	35
2.2 Semantización mnémica	37
2.3 Toma de decisiones y memoria	39
2.4 Recursos cerebrales, creencias e identidad	42
2.5 La memoria y la realidad	44
<b>Capítulo III. ¿Qué tipo de información guarda la memoria?</b>	47
3.1 Memoria y borrado	49
3.2 Memoria, imágenes y lenguaje	51
3.3 Invidentes y fosfenos	53
3.4 Un acercamiento a la memoria eidética	56
3.5 Imágenes mentales: materia prima de la memoria humana	57
3.6 Razonamiento espacial y memoria espacial	58
3.7 Mapas mentales y memoria	59
<b>Capítulo IV. Etapas mnémicas</b>	61
4.1 Redes engrama	63
4.2 Engramas y codificación	67
4.3 Engramas y consolidación	70
4.4 Engramas y reminiscencia	71
4.5 Interrogantes sobre el código del cerebro	73

<b>Capítulo V. El olvido</b>	77
5.1 Datos episódicos: blanco fácil del olvido	80
5.2 Distracción y olvido	81
5.3 Bloqueos y asociaciones incorrectas	82
5.4 Olvido, sugestión y modificación mnémica	84
<b>Reflexiones finales</b>	87
<b>Glosario de términos</b>	97
<b>Referencias</b>	107
<b>Sobre los autores</b>	123

# Introducción

El propósito de este libro es invitar a los investigadores ubicados en el área educativa, psicológica, maestros en formación inicial y continua, así como a todas las personas interesadas a un escenario de revisión actual de los procesos mnémicos del sistema nervioso humano. Al conocer el cerebro, el educador comprenderá su práctica docente, ya que en el cerebro y sistema nervioso radica todo el proceso de aprendizaje que es el objeto de estudio principal del área pedagógica y educativa.

Como profesores investigadores de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, tenemos el honor y la responsabilidad de ser partícipes de la instrucción de maestros en formación inicial que estarán frente a grupo en todos los niveles educativos del Estado y de este país. Por este motivo, surge la necesidad de adentrarse en el estudio mnémico humano para proveer un mejor entendimiento sobre los procesos de la memoria humana y el aprendizaje a partir de la investigación en neurociencia en la actualidad, con el fin de aportar escenarios teóricos reflexivos para el enriquecimiento de las bases pedagógicas para la práctica docente. La participación del doctor Cantú viró en sentido de la investigación sobre el entendimiento de los procesos neurales implicados en la dinámica y la estructuración mnémica bajo la lupa de sus diferentes etapas de recreación. El doctor Amaya participó en la reorganización del discurso e investigación literaria para perfeccionar el manuscrito de cada capítulo abordado en la obra.

El objeto de estudio de este libro, más que centrarse en el desglose de la tipologías mnémicas conocidas, se enfocó en reflexionar sobre aquellos procesos fundamentales de la memoria, partiendo desde el capítulo 1, con un desglose de temas esenciales sobre el sistema nervioso humano, para terminar en su apartado 1.7, con la explicitación de las acciones componentes de las emociones que se caracterizan como pilares del sistema mnémico y límbico.

En el capítulo 2, se revisan aspectos esenciales del sistema mnémico humano, partiendo de una reflexión sobre la percepción y la atención, la semantización mnémica, la toma de decisiones, la elaboración de creencias, y la generación de la realidad a partir de los recuerdos que poseemos. La selección de las temáticas abordadas en este capítulo le ofrecerán al lector un panorama reflexivo sobre el proceso cambiante mnémico del ser humano, que sucede desde la percepción hasta la consolidación de los recuerdos, que son en términos fácticos, una mera construcción basada en la experiencia. En el capítulo 3, se abordan los tipos de información que guarda la memoria humana. Entre los temas de este capítulo, se presenta un análisis sobre las técnicas de borrado de memoria, las imágenes, la materia prima mnémica y su relación con el lenguaje; se intenta un acercamiento a



la memoria eidética o fotográfica, al esquema del razonamiento y memoria espacial y a la elaboración mnémica de mapas mentales.

En el capítulo 4, se elabora un desglose introductorio sobre las redes engrama, como actores esenciales de la complejidad de los recuerdos en la mente humana, para pasar a los procesos de los engramas en cada una de las etapas de la memoria hasta la reminiscencia de los recuerdos. El capítulo finaliza con una reflexión sobre las interrogantes sobre el estudio del cerebro, los engramas y la memoria, abordando el tema del código de cerebro, como marco que define uno de los retos más grandes, complejos y emergentes de la neurociencia. El capítulo 5, brinda un panorama de reflexión sobre los escenarios de la memoria humana relacionados con el olvido. Los aspectos abordados en este capítulo, le ofrecerán al lector, pautas para una mejor comprensión de los factores que propician la interferencia mnémica, con el fin tener en cuenta los factores que impactan de manera directa en el resguardo, codificación y rememoración de los recuerdos.

El libro concluye con reflexiones que abordan tres aspectos importantes: recuperar las nociones esenciales de los aspectos mnémicos fundamentales de la memoria humana, para responder una pregunta impostergable dentro del marco pedagógico: *¿qué es el aprendizaje desde la perspectiva mnémica?* Seguidamente, se presentan 17 estrategias, recomendaciones y principios básicos para facilitar la memorización, con el fin de ofrecer al lector, algunas pautas para reforzar la codificación, consolidación y recuperación de recuerdos. Al finalizar el apartado de reflexiones finales, se presenta un glosario de términos tratados durante el transcurso de la obra, entre los cuales se incluyen las diferentes tipologías mnémicas comunes; y se presentan seguidamente las referencias bibliográficas y los datos de los autores.

Extiendo mi agradecimiento a los distinguidos y estimados doctores: Rogelio Castillo Walle; Armando Valdez Cantú; Ennio Héctor Carro Pérez; Héctor Manuel Cappello Y García; José Alberto Ramírez de León, la Dirección de Programas de Apoyo y Proyectos Estratégicos y al Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, por sus valiosos apoyos en todo momento, considerando en cada caso, sus aportaciones para esta obra.

## **Capítulo I**

# **Marco introductorio al sistema nervioso y memoria**



Es común que la gente crea que el *sistema nervioso* se relaciona con los reflejos que poseen los seres vivos ante el dolor o la temperatura y aquello que controla los órganos internos, el supuesto no está equivocado sino más bien incompleto. El sistema nervioso se encuentra dividido en dos grandes subsistemas principales: central -*SNC*- y periférico -*SNP*-. El primero a pesar de que fenotípicamente es más pequeño, incluye el encéfalo y la médula espinal rodeados por las meninges y espacios de líquido cefalorraquídeo. El SNC es el subsistema nervioso más complejo debido que recibe e interpreta con lógica y razonamiento deductivo e inductivo una vasta y significativa diversidad de información sensorial aferente; además es capaz de sentir emociones, y de realizar procesos cognitivos como la toma de decisiones complejas y creativas, a la vez que controla los comportamientos motores eferentes (Felten y O'Banion, 2017; Quián, 2018).

### **1.1 Sistema nervioso central, periférico y autónomo**

La complejidad del SNC se debe a un replegado y complejo entramado de subpoblaciones o núcleos de neuronas interconectadas, que se les conoce como *sustancia gris*, ya que en estudios de neuroimagen se notan de un color grisáceo que las diferencia de los axones -*prolongación de las neuronas que sale del cuerpo, soma o pericarión celular y se traslada en la distancia para realizar sinapsis*-, los cuales se aprecian de un color albo o blanquecino brillante, conocidos como también como *sustancia blanca*, debido a la mielina rica en lípidos que los cubre (Afifi y Bergman, 2006; Kerchner y Nicoll, 2008; Waxman, 2011).

El SNC se divide en tres estructuras principales: el *prosencefalo*, *tronco encefálico* y *cerebelo*. El primero incluye dos subsistemas: el *telencefalo* o cerebro terminal y el *diencefalo*, donde el primero incluye los hemisferios, sus comisuras y ganglios basales, y el *diencefalo* que comprende los sistemas del tálamo, hipotálamo, epítalamo y subtálamo. Estas terminologías pueden parecer de momento confusas para el lector principiante en el tema, sin embargo, permitirán un entendimiento diferenciado de la básica fisiología del sistema nervioso. Por otro lado, el *tronco encefálico* comprende el cerebro medio o mesencefalo, la protuberancia anular o puente y la médula oblongada, mejor conocida como bulbo raquídeo ventral a la altura de la nuca. Por último, se encuentra el cerebelo, con sus dos lóbulos o hemisferios laterales (Pizarro, 2003; Crossman y Neary, 2007).

El SNP se encuentra conformado por los nervios craneales, espinales y sus ganglios periféricos de sustancia gris fuera del SNC, que de manera estructural inervan los músculos del cuerpo para recopilar información sensorial y ejecutar eferencia motora. El SNP envía al SNC la información sensorial que se percibe desde la piel, membranas mucosas y estructuras musculares profundas, y a sí mismo,

recibe información eferente para la ejecución motora de los músculos inervados y la piel. Existe además un tercer subsistema conocido como *sistema nervioso autónomo -SNA-* que contiene porciones tanto del SNC como del SNP. Este subsistema controla los músculos y órganos internos tales como las vísceras, de manera que los vasculariza y los inerva. El SNA se ve implicado en el control del músculo cardiaco y la homeostasis corporal. Su actividad autónoma se deriva de la acción de los núcleos y células ganglionares de sustancia gris de la médula espinal, tronco encefálico e hipotálamo. El SNA se distribuye en dos divisiones principales preponderantemente antagónicas: *simpática* y *parasimpática*. Los órganos internos reciben inervación de estas dos divisiones para efectos de contracción y relajación, dilatación y disminución, secreción e inhibición (Young y Young, P., 2001).

No todos los nervios craneales del SNP son mixtos, es decir, motores y sensoriales, aunque la mayoría tiene su origen nuclear de sustancia gris en el tronco encefálico. Algunos solo son sensoriales y otros motores; por ejemplo, los nervios craneales olfatorios, ópticos y auditivos *-o vestibulares, es decir, que propician el sentido del equilibrio y propiocepción-* sólo cumplen funciones sensoriales aferentes. Los nervios *oculomotor, troclear y abducens*, se encargan de la inervación motora del globo ocular para la focalización de la visión. Los nervios *hipogloso* y *accesorio* se comprometen en la inervación motora de los músculos del lenguaje y esternocleidomastoideo del cuello lateral y trapecio de la espalda alta y cuello. Los nervios mixtos comprenden el *trigémico, facial, glossofaríngeo* y *vago* (Iriarte y Artieda, 2013).

El nervio *trigémico* es el encargado de la inervación motora de los músculos de la masticación y de la recuperación de información sensorial de la cara, córnea, dientes, encías, paladar, entre otras regiones de la lengua. El nervio *facial* inerva con fines motores los músculos de la expresión facial y cutánea del cuello y estribo, así como glándulas submandibulares, sublinguales y lagrimales, a la vez que provee receptividad sensorial del sentido del gusto y algunas regiones anteriores de la lengua. El nervio *glossofaríngeo* inerva el músculo estilofaríngeo y percibe gusto y sensación general de partes posteriores de la lengua, paladar suave, trompa de Eustaquio y seno carotídeo. Por último, el nervio *vago* inerva los músculos de la faringe y paladar suave, además posee control autónomo sobre las vísceras torácicas y abdominales, proveyendo a su vez sensaciones aferentes de aquellas al encéfalo (Waxman, 2011).

Por otro lado, existen de manera general, treinta y un pares de nervios espinales que emergen de la médula espinal protegida por la columna vertebral con la finalidad de inervar músculos internos y las porciones segmentarias de la piel, también conocidas como dermatomas. El soporte y la protección de la médula espinal está constituido por la columna vertebral ósea que posee discos



invertebrales con la función de almohadillas fibrocartilaginosas que unen y apoyan los movimientos; de esta manera, el núcleo pulposo de colágeno de los discos auxilia en la absorción de impactos y movimientos del cuerpo. Los nervios espinales tienen contacto con el SNC a través de tractos ascendentes y descendentes en la médula espinal y se dividen en secciones nombradas en este caso, de arriba a abajo: *cervicales, torácicas, lumbares, sacras* y la *coccígea*. La médula espinal es más corta que la columna vertebral pues generalmente termina entre la vértebra lumbar L1 y L2, desenlazando la médula en tiras nerviosas que descienden hasta el cóccix, a esta terminación también se le conoce como *cola de caballo* (Rouvière y Delmas, 2005; Afifi y Bergman, 2006).

Anteriormente se comentó que la sustancia blanca (axones) se encuentra cubierta por *mielina*, que es una membrana multicapa provista por la glía, precisamente por los *oligodendrocitos* en el SNC y por las *células de Schwann* en el SNP que, a su vez, cumplen una función de apoyo nutritivo para las neuronas. La mielinización es lo que conocemos como *maduración cerebral*, ya que este proceso termina aproximadamente hasta la edad de los 25 a 30 años. El aislamiento de la mielina en la sustancia blanca provee de un aumento de la velocidad de conducción de los impulsos que viajan a través del axón durante las sinapsis. En efecto, también existen axones no mielinizados tanto en el SNC como en el SNP, sin embargo, estos axones desprovistos generalmente son muy pequeños (Díaz, 2009; Felten y O'Banion, 2017; Wiegert, Pulin, Gee y Oertner, 2018).

## 1.2 Neuronas y células gliales

Cuando escuchamos la palabra “*cerebro*” se nos viene a la mente la palabra *neurona* y creemos que allí radica todo, es decir, solemos imaginar que el encéfalo está relleno de ellas y por lo tanto, son la unidad primordial de nuestro sistema nervioso; si bien es un hecho que la neurona es la célula nerviosa más estudiada y que el cerebro puede albergar incluso billones de éstas, la neurona es solo una parte de nuestro sistema nervioso, es decir, aproximadamente por cada neurona existen diez células glías de apoyo que le brindan soporte que desde su nacimiento, la nutren, la protegen, la mueven, le dan mantenimiento y la apoyan en su *apoptosis* programada o *necrosis* por trastorno o traumatismo. Las neuronas son células con núcleo o soma que reciben, almacenan y envían señales a otras células a través de extensiones como ramificaciones de dendritas y axones (Garrido, 2014).

Las células neurogliales son las más abundantes en el sistema nervioso, superando en número de diez a uno a las neuronas, sin embargo no forman sinapsis, sino que son de suma importancia para la manutención de las neuronas en el proceso de mielinización, guía desde su nacimiento, desarrollo, migración, apoptosis

y necrosis, mantenimiento de los niveles químicos del líquido cefalorraquídeo –LCR– en el exterior para favorecer los potenciales de acción y se encargan de la recaptación de los neurotransmisores después de la actividad sináptica. Se le conoce como glía a todo el conjunto de ayudantes celulares de las neuronas y se dividen en dos clasificaciones: *macroglía* y *microglía*. En la primera se encuentran los *astrocitos*, *oligodendrocitos* y las *células de Schwann*, que contrario a las neuronas, estos tienen la capacidad, bajo ciertas circunstancias, de poder regenerarse. Los oligodendrocitos predominan en la sustancia blanca y tienen la función de cubrir a las neuronas con mielina en el SNC mientras que las células de Schwann lo hacen en el SNP. Un solo oligodendrocito puede envolver hasta 30 o 35 axones con vainas de mielina, mientras que una célula de Schwann solo mieliniza un axón, aunque la remielinización después de un daño es mucho más rápida en el SNP (Flórez, 2008; Haines, 2013).

Los astrocitos que se conforman con la sustancia gris, regulan el ambiente iónico fuera de la neurona, apoyan significativamente en la sintetización y recaptación de los neurotransmisores en el proceso postsináptico, y se tienden como “*alambres*” guía para las neuronas y axones en su crecimiento y migración; además, contribuyen de manera importante en la formación de la *barrera hematoencefálica* rodeando vasos capilares que irrigan el encéfalo, pero no como una barrera funcional contra traumatismos o aneurismas intracerebrales, sino más bien para formar una capa permeable para un óptimo ambiente intraneural; es por esto, por lo que no cualquier sustancia del torrente sanguíneo ingresa en el cerebro con facilidad (Goldman y Nottebohm, 1983; Howard-Jones, 2010).

Los astrocitos también se proliferan en caso de lesiones del tejido neural generando *gliosis* y cicatrices reactivas que en ocasiones desembocan en gliomas o tumores benignos o malignos en el encéfalo y médula espinal. Por esto, cuidarse de no sufrir traumatismos o golpes en la cabeza es significativamente importante. La etiología de las *neoplasias* y gliomas no solo se reduce a una actividad reactiva de los astrocitos sino que las variantes causales pueden ser muy distintas; no obstante, el objeto de estudio en este libro no es profundizar en el origen de estos trastornos neurológicos (Escobar, 2004; Iriarte y Artieda, 2013).

Continuando con la tipología de la glía, la microglía neural consiste células gliales macrófagos o carroñeros del SNC que se encargan de la vigilancia inmunológica respecto a infecciones para detectar y destruir microorganismos invasores desconocidos en el encéfalo, por ejemplo, bacterias. Cuando se sufre un daño que empieza a repararse por la acción de los astrocitos, la microglía migra y se agrupa en el sitio para retirar los desechos celulares. Es interesante que una parte de la microglía no se encuentra dentro del cerebro, pero cuando acontece un daño

o infección en él, usan el torrente sanguíneo para trasladarse al sitio con mayor prontitud (Young y Young, P., 2001; Kandel et al., 2001).

### **1.3 Neurogénesis**

Alguna vez usted escuchó que el cuerpo humano muda de células por completo cada cierto tiempo por la mitosis o división celular, sin embargo esta premisa no es del todo correcta, ya que la mayoría de las neuronas son *posmitóticas* es decir, que nacen y viven casi toda la vida del individuo y no pueden ser reemplazadas. Estas redes neuronales permanecen bajo la plasticidad neural y permiten almacenar información durante mucho tiempo. A este tipo de informaciones multifacéticas se les conoce también como recuerdos o memorias. Sin embargo, existe evidencia sobre la generación de nuevas neuronas posnatales de manera sustancial en el ser humano hasta la vida adulta. Estas neuronas precursoras capaces de reproducirse residen en zonas subventriculares del cuerpo estriado, por ejemplo en el giro dentado del hipocampo y en la capa de células granulares del bulbo olfatorio, generando nuevas neuronas que apoyadas por la glía, migran a las cortezas multimodales de asociación en el córtex frontal, temporal y parietal donde extienden su axones conectándose con las redes existentes (Gould et al., 1999; Zhao et al., 2003). Las neuronas madre precursoras pueden dividirse en neuronas diferenciadas que son capaces de migrar desde las zonas ventriculares hasta el córtex en un transcurso aproximado de 30 a 40 días, apoyándose como se mencionó, en las células gliales (McDonald y Vickaryous, 2018; Cárdenas et al., 2018). No obstante, muchas de las nuevas neuronas mueren poco después de que nacen, de manera que solo parte de ellas logran integrarse con éxito funcional en el tejido cerebral circundante.

Las neuronas madre son células tetraploides que replican el ADN generando los principales fenotipos del sistema nervioso, es decir, diversos tipos de neuronas (Picco et al., 2018). Si bien la neurogénesis se observa en su esplendor en el periodo precedente al nacimiento, se puede observar como proceso normal en los adultos humanos y mamíferos (Shankle et al., 1999). Nakatomi et al., (2002), afirman que los procesos normales de neurogénesis se aumentan con la presencia de traumatismos o lesiones cerebrales isquémicas, favoreciendo un número mayor de neuronas recién nacidas para compensar la hecatombe de determinada necrosis celular en el sistema nervioso. Si bien la orientación del crecimiento de nuevos axones se ve favorecido por la glía, también se implican de manera importante determinadas moléculas guía extracelulares conocidas como *netrinas* y *semarofinas*; éstas actúan como atrayentes de axones que los guían hacia algún destino en particular en la corteza. Las moléculas extracelulares permiten que ciertos axones migren y otros se inhiban. El campo de estudio molecular de la guía axonal sigue estando en auge,

debido a que los axones deben ser dirigidos a su destino correcto, de otra manera se pierden bajo los efectos del proceso de la *poda sináptica*.

La poda sináptica o de axones, consiste en la eliminación de conexiones sinápticas poco utilizadas en el ejercicio cognitivo del interés del sujeto en particular. La poda tiene lugar dada la priorización encefálica por el consumo de recursos, el espacio reducido dentro de la cavidad craneal y por tanto, su alto replegado ajustado de la corteza. La poda tiene el objetivo de favorecer aquellas subpoblaciones axonales y de sustancia gris que se utilizan de manera frecuente, conforme a las creencias, comportamientos y hábitos del individuo. La poda sináptica puede considerarse como parte del proceso de la plasticidad neural para moldearse y adaptarse a las circunstancias cognitivas de la persona y favorece el proceso de mielinización. Los procesos génicos que regulan la poda sináptica en el cerebro pueden sufrir trastornos que en la actualidad siguen estudiándose, por ejemplo, una excesiva o errónea poda sináptica puede desencadenar una patología esquizofrénica en el individuo, sin embargo, es necesario aclarar que dicha causa puede ser solo una en el espectro de dicha patología, ya que la etiología de este trastorno es muy amplia (Martynoga et al., 2012; Sekar et al., 2016).

Las neuronas nacidas en adultos se someten a un largo proceso de maduración morfológica y fisiológica antes de integrarse a una red local, ya sea del hipocampo o de la corteza. Cada neurona inmadura entra en un período crítico de mayor plasticidad en aproximadamente 4 a 6 semanas después de que nace. Estas nuevas células exhiben una mayor excitabilidad y reciben poca inhibición de las interneuronas locales, por lo que aumenta su excitación y plasticidad sináptica para recibir y transmitir; sin embargo, al conectarse a una subpoblación neuronal grande, activarán una mayor cantidad de interneuronas inhibitorias, contribuyendo a mantener una homeostasis entre una buena excitabilidad y relajación sináptica en redes amplias y dispersas interconectadas (Vessal y Darian-Smith, 2010; Ghosh y Prakash, 2016).

## **1.4 Tipología neuronal común y decusación axonal**

Existen varios tipos de neuronas; algunas poseen cuerpos o somas relativamente grandes con largos axones y terminaciones sinápticas que transmiten los impulsos rápidamente a lo largo de una distancia considerable. Las *neuronas motoras* son generalmente las más grandes, ya que inervan los músculos que accionan el cuerpo, por lo que poseen axones y prolongaciones dendríticas más largas. Las neuronas motoras superiores se sitúan en el encéfalo y médula espinal, donde se conectan mediante interneuronas en la médula con neuronas motoras inferiores que inervan mediante nervios periféricos las placas terminales motoras en los músculos del

cuerpo cumpliendo funciones eferentes de manera general. Algunas neuronas son tan grandes que se proyectan desde la corteza hasta la parte interior a la médula donde se conectan con el SNP, como se ha mencionado, a través de interneuronas situadas en la médula. Las *interneuronas* tienen soma pequeño y axones cortos, de manera que transmiten impulsos generalmente inhibitorios de manera local, uniendo conexiones entre axones largos. La inhibición en el cerebro previene la hiperactividad de la excitación motora, sensorial y neural. Por otra parte, las *neuronas sensoriales* generalmente aferentes, son más pequeñas que las motoras y poseen terminaciones comúnmente de ramillete en las membranas de los músculos y piel para percibir tacto, presión, temperatura y dolor (Crossman y Neary, 2007).

El control motor y sensorial del cuerpo humano se encuentra construido mediante una representación cruzada somatotópica, es decir, que la corteza recibe información aferente y proyecta estímulos eferentes de manera contralateral; a esto se le conoce como *decusación piramidal* o *axonal*, y se da en un 90% aproximadamente en la médula oblongada o bulbo raquídeo, situado de manera ventral a la altura de la nuca. El aproximado de un 7% restante se decusa en el transcurso de la médula y el resto es *ipsilateral*, es decir, que no se cruza. Se ha sugerido que el hecho neuroanatómico de la decusación o cruce de axones o sustancia blanca se da para favorecer los reflejos contralaterales y el control del equilibrio motor y de propiocepción ante acciones de la postura en determinadas circunstancias y con movimientos voluntarios. Bajo el principio de la inervación cruzada, la corteza motora del lóbulo frontal y somatosensitiva del lóbulo parietal del hemisferio derecho, controla las aferencias y eferencias de los miembros izquierdos del cuerpo, incluyendo sus extremidades superiores e inferiores, de esta manera el hemisferio izquierdo hace lo mismo de forma contralateral. En efecto, existen excepciones a esta regla, como el músculo esternocleidomastoideo del cuello y los hemisferios cerebelosos, que a diferencia de los cerebrales en el telencéfalo, poseen un control motriz ipsilateral del cuerpo (Anderson, 2002; Rouvière y Delmas, 2005).

El *cerebelo* posee dos funciones principales: la coordinación de la actividad motora voluntaria, como movimientos finos especializados y movimientos gruesos de propulsión, como caminar, correr y nadar, y control del equilibrio y tono muscular. Existe evidencia de que el cerebelo se ve implicado de manera crítica en el *aprendizaje procedimental motor*, para memorizar mecanismos de movimiento que ejecutan acciones de manera inconsciente. La decusación no solo se da a nivel motor y sensitivo de la piel, sino que también se observa en el esquema visual a través del *quiasma óptico*, de manera que el campo visual derecho captado por las retinas transmite información a través de axones que conforman el tracto óptico, que se cruzan proyectándose al colículo superior y al cuerpo geniculado lateral del núcleo sensorial del tálamo, para



continuar su camino hasta las cortezas visuales posteriores situadas en los lóbulos occipitales (Kandel et al., 2001; Iriarte y Artieda, 2013).

## 1.5 Sinapsis y potenciales de acción

Cuando se escucha la palabra “*neurona*”, a menudo se le vincula con la palabra “*sinapsis*”. La sinapsis es la aproximación funcional interneuronal donde se transmiten neurotransmisores que se depositan en la hendidura sináptica de las neuronas. Estos transmisores se asocian con dos funciones principales: *excitación* e *inhibición*. Una neurona puede recibir miles de sinapsis captando información de múltiples fuentes. Cada neurona que recibe información, la transforma con la información que posee en su soma, actuando como un dispositivo de procesamiento de información. Existen diferentes tipos de sinapsis, por ejemplo, las sinapsis *axodentríticas* que tienden a ser excitadoras, se dan entre la unión de un axón con una dendrita, punta o espina dendrítica que sobresale del soma (Waxman, 2011; Diniz et al., 2016).

Por otra parte, las sinapsis *dentrodentríticas* que pueden ser excitatorias o inhibitorias, se dan entre dendritas de neuronas locales. Las sinapsis entre el axón y el cuerpo celular, por otro lado, se les conoce como *axosomáticas* y tienden a ser inhibitorias; y las sinapsis entre terminales axonales se les conoce como *axoxónicas*, las cuales también son generalmente inhibitorias. Las *sinapsis eléctricas* son las más primitivas desde el punto de vista histológico en el ser humano, ya que predominan de manera significativa las *sinapsis químicas* mediante la transmisión compleja de neurotransmisores modulados. Este campo de la ciencia molecular sigue siendo objeto de intenso estudio en la actualidad. Algunos de los neurotransmisores más comunes son: *acetilcolina*, *norepinefrina*, *dopamina*, *serotonina*, *ácido gamma-aminobutírico*, *glicina* y el *ácido glutámico* (Crossman y Neary, 2007; Lin et al., 2012; Purves, 2015), y se explican con mayor detenimiento más adelante.

Los impulsos eléctricos entre el contacto neuronal pueden ser locales o propagados, a estos últimos se les conoce como *potenciales de acción*. Cada neurona tiene la capacidad para generar impulsos. Las membranas celulares permeables de las neuronas permiten la carga selectiva de iones químicos y se encuentran estructuradas de manera que existe una diferencia de potencial eléctrico negativo y positivo en el exterior. A esto se le conoce como *potencial de reposo*. Los potenciales de acción son señales eléctricas autoregenerativas que se dan o no y se propagan despolarizando neuronas a su paso. Cuando esto ocurre, se aumenta la permeabilidad neuronal alcanzando un umbral para el potencial de acción seguido de un periodo refractario que impide trenes de potenciales de alta frecuencia, no obstante, a la vez se incrementa la sensibilidad de la membrana para recibir o estimular otros

potenciales de acción. Por otra parte, en contextos sensoriales locales, ocurre un fenómeno sináptico conocido como *potencial generador graduado*, que se produce ante la energía mecánica que es convertida en eléctrica a partir de los receptores de tacto y presión que despolarizan las membranas de las neuronas de manera gradual, es decir, cuanto mayor sea el estímulo, mayor es la despolarización. Sin embargo, cuando existe un incremento aún mayor en la estimulación, la magnitud generadora aumenta creando un potencial de acción propagado (Afifi y Bergman, 2006; Hardingham y Bading, 2010; Redolar, 2014; Papouin y Oliet, 2014).

Los potenciales de acción se propagan facilitados por medio de la *mielinización* que favorece la velocidad de conducción; por esto el proceso de maduración cerebral es muy importante. Sucede que los axones aislados y protegidos con mielina poseen pequeños tramos sin aislante conocidos como *nódulos de Ranvier*. Es como si usted se imaginara las trazas de un chorizo, donde justo en los amarres, allí el axón carece de mielina, favoreciendo que el potencial de acción salte de un nodo a otro a través del axón, beneficiando un menor costo de energía para la conducción de la propagación, aumentando la velocidad de transmisión. Por este motivo, se incrementa la respuesta de los reflejos y la velocidad del cerebro se vuelve semejante a la de un ordenador electrónico operante de alta velocidad (Siegel, 2007; Marina, 2012).

## 1.6 Neurotransmisores comunes

Los neurotransmisores vertidos en la fusión de las membranas neurales durante las sinapsis son mensajeros químicos. Biomoléculas que permiten el traspaso de información de una neurona a otra mediante el contacto sináptico. Sería impreciso señalar los lugares específicos donde se encuentran, aunque sí existen áreas comunes de concentración, por ejemplo, la *acetilcolina* se encuentra en las uniones inervadas musculares, ganglios o sustancia gris fuera del SNC autónomos, neuronas parasimpáticas, núcleos motores de los nervios craneales, núcleo caudado, putamen, núcleo basal de Meynert y en el sistema límbico. La *norepinefrina* se concentra en el sistema nervioso simpático, el locus ceruleus en el tallo cerebral y el tegmento lateral del tronco encefálico (Siegel, 2006).

Por otra parte, la *dopamina* se concentra en el hipotálamo y el sistema nigroestriado mesencefálico. La *serotonina* en las neuronas parasimpáticas viscerales, glándula pineal y núcleo magno de Rafe en la protuberancia anular o puente. El *ácido gamma aminobutírico* se concentra en el cerebelo, hipocampo, corteza y sistema nigroestriado. La *glicina* se concentra en mayores proporciones como neurotransmisor inhibitorio en la médula espinal, y el *ácido glutámico* en el tronco encefálico, médula, cerebelo, hipocampo y todo el córtex. Estos son solo algunos de los neurotransmisores más comunes y como se mencionó, es impreciso señalar

con contundencia sus lugares específicos o enlistar todas sus áreas de concentración (Schmidt y Reith, 2005).

La *acetilcolina* es un neurotransmisor sintetizado polifuncional ampliamente distribuido en el sistema nervioso, que puede ser excitatorio e inhibitorio y actúa tanto en el SNP como en el SNC, ya que existen grupos de neuronas en la corteza que utilizan la acetilcolina como neurotransmisor, aunque también posee funciones endocrinas. La acetilcolina es conocida por su transmisión excitatoria en las uniones neuromusculares para provocar acciones motoras además de cumplir funciones que median la percepción del dolor. Una disminución en la eficacia de los receptores de acetilcolina en las uniones axonales con las fibras musculares provocaría trastornos de debilidad y fatiga. El neurotransmisor también es conocido por concentrarse en los ganglios autónomos y en las neuronas preganglionares simpáticas y parasimpáticas. Las neuronas colinérgicas localizadas en el techo del tronco encefálico se proyectan principalmente al hipotálamo y tálamo. El interés biomolecular sobre el estudio de la acetilcolina se ha incrementado, ya que la degeneración de las neuronas colinérgicas puede ser parte de la comorbilidad en los trastornos como el Alzheimer, debido a que la acetilcolina contribuye al estado de conciencia y activación de la atención para el aprendizaje y la formación de recuerdos (Young y Young, P., 2001; Quian et al., 2008).

La *norepinefrina* también llamada noradrenalina es una hormona multifuncional estimulante metabolizada que posee acciones vasoconstrictoras y actúa como neurotransmisor. Generalmente se segrega por las glándulas suprarrenales al torrente sanguíneo y por medio de neuronas adrenérgicas en el SNC y SNA. Este neurotransmisor se ve de manera crítica implicado en el aumento del ritmo cardíaco y la contracción muscular para efectos del incremento de la atención y la reacción motora, desencadenando una mayor liberación de glucosa en la sangre. Los efectos de la noradrenalina se comprometen con la atención, el estado de concentración y el sistema de recompensas. Las neuronas adrenérgicas en el SNP se encuentran generalmente en los ganglios simpáticos y principalmente en dos áreas del SNC: locus ceruleus y los núcleos tegmentales que poseen amplias proyecciones dentro de la corteza, hipocampo, tálamo, mesencéfalo, cerebelo, puente, bulbo raquídeo y médula, por lo que este neurotransmisor se ramifica de manera extensa en el encéfalo. Las proyecciones noradrenérgicas se encuentran implicadas como moduladores del ciclo del sueño y la vigilia y se ha sugerido que también desempeñan un papel regulador de las neuronas sensoriales (Waxman, 2011; Veselis, 2018).

La *dopamina* es un neurotransmisor sintetizado, generalmente inhibitorio y producto principal de las neuronas dopaminérgicas proyectadas a partir del sistema

nigroestriado y área tegmental ventral al sistema límbico y la corteza del telencéfalo; aunque también se han encontrado neuronas dopaminérgicas en la retina y sistema olfativo como inhibidoras de la información sensorial entrante. La generación de las neuronas dopaminérgicas se encuentra implicada con la enfermedad de Parkinson, aunque la etiología de dicho trastorno continúa estudiándose (Bahena et al., 2000). La *serotonina*, también considerada hormona, es generalmente inhibitoria y consiste en una amina sintetizada o compuesto químico orgánico regulador de SNC con mayor presencia en los núcleos de rafe y médula oblongada, formación reticular, córtex, plaquetas del torrente y tracto gastrointestinal. La serotonina no puede atravesar la barrera hematoencefálica, por lo que el SNC debe sintetizar su parte. Además de cumplir funciones endocrinas, esta hormona se encuentra implicada en la modulación de la percepción del dolor, sensibilidad emocional, regulación del sueño, ya que coordina la producción de melatonina, mitosis y disminuye su concentración en situaciones de estrés, por lo que puede usarse como antidepresivo. Esta hormona se implica de manera importante en el control de los estados de ánimo *-EDA-*, por lo que es susceptible a que determinadas drogas como el éxtasis generen aumentos significativos de los niveles (Siegel, 2007; Bear et al., 2016).

El glutamato o *ácido glutámico* es el neurotransmisor excitatorio por excelencia, por lo que provee mediante los receptores postsinápticos de glutamato un refuerzo para las conexiones sinápticas, apoyando la conservación de recuerdos, el aprendizaje y la plasticidad neuronal. No debe confundirse con el glutamato monosódico que utilizan los productos alimenticios generalmente envasados para potenciar el sabor artificial. Una excesiva cantidad de sinapsis excitatorias de índole glutámico puede conducir a la muerte neuronal, por lo que es necesario un amplio escenario inhibitorio en el cerebro, que ciertamente lo hay. Un trastorno excesivo de ácido glutámico constituye parte de la etiología y comorbilidad del Alzheimer, y los espectros de la epilepsia y la esquizofrenia (Tuominen et al., 2005; Coyle, 2006; Campos, 2010; Braidot, 2016). Autores como Logatt y Castro (2011), señalan que el ácido glutámico se segrega en grandes cantidades al morir, por lo que la persona puede tener una cantidad significativa de recuerdos vívidos que experimentó durante su vida antes de perecer.

El *ácido gamma aminobutírico* o GABA es un neurotransmisor sintetizado pequeño desde el punto de vista molecular, generalmente inhibitorio, permeable a la barrera hematoencefálica y se encuentra presente de manera importante en la sustancia gris del SNC, retinas y médula; de manera que favorece un equilibrio en funciones de excitación e inhibición en tareas sensitivas, cognitivas y motoras. Se ha sugerido que los receptores GABA son los más numerosos en el sistema nervioso de los mamíferos. Farmacológicamente es administrado para tratar alteraciones de la ansiedad y el

insomnio, con terapias de ejercicio físico regular o prácticas de relajación o yoga, que favorecen el aumento de GABA para controlar el estrés. Por otra parte, la *glicina* es un neurotransmisor generalmente inhibitorio, contribuyente del control motor con funciones endocrinas y moduladoras como el apoyo a la mitosis, generación de puente entre los componentes neurales, sintetización de colágeno, auxiliar antioxidante y regulador de los niveles de amoniaco en el encéfalo. Los déficits de glicina generalmente se asocian con problemas motores como la espasticidad y los movimientos bruscos involuntarios repentinos (Martin y Dunn, 2002; Bollan et al., 2003; Whiting, 2003; Enna y Möhler, 2007; Benes, 2009).

## **1.7 Emociones y memoria**

Como se observará en el transcurso de este libro, cuando se habla de memoria se deben considerar las emociones como pilares del razonamiento humano; pues de manera cronológica, primero aparecen los sentimientos y luego el razonamiento. Los bebés tienen emociones que generan EDA en virtud de sus necesidades egocéntricas con propósitos de sobrevivencia, de manera que cuando sienten bienestar, tienden a estar más alegres y relajados, mientras que cuando tienen miedo, necesidades fisiológicas o asco, tienden a la irritación o al llanto como medio de supervivencia. De esta forma comienza el trayecto emocional de la vida humana. El sistema límbico madura mucho antes que la corteza que da paso al razonamiento. El cerebro primero presta atención a lo que le interesa, lo cual es sobrevivir en ambientes estimulantes para él, por ello, etiqueta con factores emocionales todas las experiencias de la vida y tiñe con emociones todos los objetos de significado, asignándoles valores positivos, negativos o neutros, los cuales cambian y se mezclan en las experiencias vividas. Las emociones favorecen la vividez de la imaginaria visual propia de la memoria, y permiten que las unidades de significado establezcan relaciones entre ellas en las redes o subpoblaciones neurales, para poder recuperar con mayor facilidad los recuerdos en el futuro (Aber et al., 1999; Damasio, 2000; Kyriazi et al., 2018).

Las emociones han sido consideradas de manera coloquial como sentimientos, sin embargo, existe una diferencia significativa, porque los sentimientos si bien nacen de las emociones, son más duraderos que estas, que son más bien pasajeras. Vamos a explicitar un poco. Tanto los sentimientos como las emociones son cambios cognitivos que impactan en la percepción consciente. Las emociones son más primitivas que los sentimientos y como se ha visto, constituyen su etiología y conformación. Es posible notar emociones en muchas especies, sin embargo, la propiedad del sentimiento radica en el ser humano, porque precisa ser reportado bajo conciencia. En el caso de las lesiones a los sistemas emocionales, de manera

general, se ha considerado que los traumatismos o trastornos en la materia gris del sistema límbico repercutirán en una mala detección de estímulos aversivos para el individuo como el peligro y el miedo, así como en el desorden del disparo de emociones a la corteza. Por otro lado, los daños al córtex frontal ventro medial, generarían con alta probabilidad irregularidades para el mal manejo de respuestas adecuadas ante estímulos emocionales, lo cual impactaría en toma de decisión consciente y ventajosa para el sujeto. Ante este escenario, las emociones nacen del sistema límbico y los sentimientos son generados en la corteza (Davidson et al., 2000). Autores como Goleman (2012), afirman que de manera ascendente y en términos de duración, las emociones son más pequeñas que los EDA o humores, y los sentimientos por otro lado, los más duraderos y conscientes.

Se acotó una lista de emociones y otra de sentimientos; no obstante, el intento de categorizar las emociones sigue siendo objeto de intenso debate, pues existen emociones generales que poseen múltiples variantes y en combinación con otras, dan diferentes resultados. Veamos las emociones principales: *miedo, tristeza, ira, alegría, aversión o asco y vergüenza*. Por otro lado los sentimientos: *amor, enojo, felicidad, culpa, celos, desesperanza*, entre otros. Como se puede notar, los sentimientos son escenarios de conciencia sobre EDA y las emociones sus componentes, por ejemplo, la alegría es con alta probabilidad un componente de la felicidad, y los celos pueden ser el resultado de una mezcla de ira, tristeza y miedo, por mencionar algunos factores constitutivos. En este respecto, se han encontrado millares de expresiones faciales que circundan a efecto de la combinación a las emociones y los sentimientos en el ser humano (Damasio, 2006; Díaz, 2009; Ressler y Maren, 2018).

Las emociones son señales involucradas en la segregación de hormonas y sustancias que nos hacen sentir, como afirma Kahneman (2013), para comprender las probabilidades de escenarios positivos y placenteros en el contexto, así como para percibir estados neutros y negativos, aversivos o peligrosos para el individuo. Dicho esto, las emociones juegan un papel adaptativo para la toma de decisiones para actuar con rapidez con el propósito de aumentar las posibilidades de supervivencia. Manes y Niro (2014), indican que el sistema límbico dispara respuestas emocionales basadas en los estímulos sensoriales aferentes a la corteza con el fin de que el razonamiento adecue una respuesta ello, actuando como un filtro conductual; *¿qué quiere decir esto?*, veamos un caso conocido. El caso de Phineas Gage, un joven capataz de una compañía constructora de ferrocarriles con reputación de hombre trabajador y padre fiable, eficiente y responsable, hasta que un día, una varilla le atravesó el lóbulo frontal por accidente en una explosión. Phineas sobrevivió con una recuperación asombrosa, ya que no mostraba daños motores y cognitivos y podía evocar recuerdos como una persona que se considere sana. Entonces

surgieron preguntas: *¿qué sucedió con Gage?*, *¿para qué servía entonces el lóbulo frontal porque el tipo lo tenía desprendido?* Los médicos se dieron cuenta de esto cuando Phineas dado de alta llegó a su casa, pues se volvió alguien impulsivo, desinhibido e irreverente sin control sobre situaciones riesgosas e irresponsables, ya que privilegiaba la recompensa inmediata, de tal manera que su familia lo abandonó y quedó en bancarota. Sucedió pues que se dañaron los sistemas de la corteza frontal que facilitaban de manera central, un filtro a los impulsos reflejos emocionales emitidos por el sistema límbico, Phineas no tenía un filtro ahora que lo detuviese en virtud del razonamiento, y por tanto se hundió física, social y financieramente.

En escenarios cognitivos sanos, las emociones que sobresalen del umbral típico, según Goleman (2012), generan un secuestro neural que recluta recursos para tareas de índole impostergable, es decir, cuando sentimos picos emocionales, reaccionamos de manera inconsciente por ejemplo ante un peligro que consideramos inminente, como cuando percibimos que una *araña* cae o se encuentra sobre nosotros, y reaccionamos sin pensarlo, incluso, este reflejo se incrementa cuando hemos consolidado un pavor a este tipo de insectos o causas. Sin embargo, las emociones no llegan todo el tiempo en picos reactivos, es decir, no todo el tiempo nos *“hacen perder el control”* como el miedo, la ira o la intensa alegría o tristeza, sino que continuamente están tiñendo la información que percibimos de manera que con muchas probabilidades alteran sutilmente nuestra conducta. Las emociones predisponen modos diferentes de acción, y poseen un extraordinario valor para provocar tendencias automáticas conductuales.

Los soldados de élite suelen tener entrenamientos que posibiliten que su córtex consciente sobresalga en el dominio de las emociones secuestradas con picos reactivos que provocarían *“perder el control”* y en su lugar, ofrecer respuestas más adecuadas a las condiciones, por ejemplo, en el entrenamiento, son atacados en ambientes simulados hostiles mientras se encuentran sin aire bajo el agua con mucho peso en el cuerpo, de manera que el soldado debe mantener la calma para que sus músculos no consuman más que el oxígeno suficiente para librarse de la situación. No es que la emoción desaparezca por completo, sino que el córtex, con ayuda de la instrucción y la práctica logra ser más dominante que el instintivo sistema de reflejos para mantener la calma en situaciones de inminente peligro (Abe y Izard, 1999; Braidot, 2016).

A menudo las personas tienden a intercambiar las emociones con los EDA o humores, y aunque son algo similares, las emociones responden a estímulos específicos sensoriales de la percepción, mientras que los EDA son referidos a una experiencia más prolongada, aunque no como los sentimientos, como se ha visto. Matlin (2005), rescata tres posibilidades concretas para el almacenamiento



y evocación de recuerdos con las emociones y EDA. Primero: podemos recordar mejor los estímulos placenteros de manera inconsciente que los negativos, estando los estímulos neutros en tercer lugar, es decir, estos son más propensos al olvido, a menos que se refuercen por repetición *-esto se explica con mayor detalle más adelante-*. También podemos recordar información más precisa si nuestro EDA concuerda con el material que se aprendió. Esto es posible, ya que le otorgamos valores morales y emocionales, como hemos visto, a todos los objetos de significado. Por otro lado, también solemos recordar información con mayor precisión cuando tenemos un EDA al almacenar un recuerdo y este EDA concuerda o sucede cuando se recupera. Esto también ocurre de manera automática, por ejemplo al tener recuerdos episódicos o semánticos repentinos que no evocamos a conciencia durante cierto EDA (Damasio, 2006; LeDoux, 2012).

Existe un fenómeno conocido como *Principio de Pollyanna*, referido al hecho de recordar elementos mnémicos agradables con mayor precisión que los desagradables. Se ha sugerido que a nivel subconsciente, la mente tiende a centrarse en lo optimista, mientras que a nivel consciente, tiene una tendencia a enfocarse en lo negativo. Como se observará en el capítulo segundo, el cerebro tiende a generar escenarios positivos percibidos sobre el mundo por principios de reducción en el consumo de recursos, ya que enfocarse en situaciones aversivas o negativas prendería focos atencionales y el nivel de alerta constante aumentaría. El cerebro inconsciente tiende a recordar el mundo de manera positiva, pues de otra manera nos inhibiríamos ante cualquier premisa negativa que percibiéramos, lo cual impactaría directamente en la toma de decisiones. Sin embargo, la información con carga emocional negativa invade directamente en el sector consciente por principios de sobrevivencia, ya sea esta física o social; por ejemplo; imagine que usted tuvo un día tranquilo y todos sus procesos cotidianos transcurrieron con normalidad, no obstante tuvo un pequeño inconveniente, por ejemplo, un compañero de trabajo sutilmente le ofendió o sintió cierta aversión hacia su persona. Entonces, es muy probable que usted no pueda dejar de pensar en el incidente, incluso existen personas que tienen dificultades para conciliar el sueño, o sujetos depresivos que alteran el evento sucedido, aunque el incidente pueda ser banal desde el punto de vista racional, sin embargo y por donde se prefiera mirar el panorama, es evidente que *no somos seres meramente racionales, sino seres emocionales que razonan*. De esta manera, el principio de observar lo negativo abre focos atencionales respecto a información aversiva que puede perjudicarnos a futuro, por lo que no podemos darnos muchas veces el lujo de ignorar lo negativo (Salovey y Mayer, 1990; Matlin, 2005).

*¿Cómo es posible que la corteza o telencéfalo pueda centrarse en información negativa?*, si bien este fenómeno es común, no sucede de la misma manera para todas las



personas, pues hay individuos más propensos a esto, dada la experiencia única de cada uno. Vamos a explicitar un poco. Fenotípicamente como se ha mencionado, el telencéfalo está dividido en dos grandes y voluminosos hemisferios decusados conocidos como derecho e izquierdo, que conforman la corteza pensante consciente. El hecho de la división encefálica y lobular ha despertado mucho interés en la neurociencia, de manera que múltiples grupos de investigación en neurología se han centrado en la comprensión de la etiología divisoria de los hemisferios y sus grupos subhemisféricos, del tronco encefálico, hemisferios cerebelosos y los componentes medulares espinales, con el propósito de entender el *por qué* está dividido el encéfalo y cuáles son aquellos efectos de cada sección. Esto propició teorías como el “*localizacionismo*” que postulaba que el cerebro estando dividido, poseía partes poco conexas y críticamente involucradas que controlaban ciertos aspectos cognitivos. Esta tendencia fue impulsada por el descubrimiento de las áreas como *Broca* y *Wernicke* involucradas en el procesamiento del lenguaje que, si bien se encuentran implicadas en estas tareas, no radica meramente en ellas todo el proceso del habla y la comprensión lingüística (Logatt y Castro, 2011; Alarcón et al., 2018).

El *localizacionismo* fue con el tiempo rebasado por las neurociencias, así como la teoría de la *dominancia cerebral*, que elaboraba premisas sobre un cerebro derecho vs cerebro izquierdo, postulando cuadrantes simétricos del cerebro para separar a las personas creativas de aquellas analíticas, y aquellas emocionales de aquellas con mayor capacidad espacial cognitiva, entre otras tipologías. Esta teoría llena de anomalías tuvo un rezago importante, ya que la creatividad se divide en tipos y componentes y no es propia de ciertas personas o producto de determinada parte del cerebro, y requiere mucha pesquisa analítica y complementariedad hemisférica (Herrmann, 1996; en Velásquez et al., 2007). Sin embargo, es evidente que los hemisferios se especializan y sus virtudes se incrementan con la conectividad entre ellos, por las comisuras axonales que los unen, de tal forma que esto sigue intrigando a la comunidad científica -*ver a Cantú, Lera y Baca (2017)*-. En este respecto, Balconi y Mazza (2009) y McElroy y Corbin (2009) encontraron que las respuestas laterales derecha e izquierda variaban en función de los tipos emocionales, es decir, identificaron un aumento de la actividad frontal derecho para emociones negativas aversivas y negativas, frente a un aumento de la respuesta del hemisferio izquierdo para el procesamiento de emociones positivas.

Por otro lado, Simon-Dack, Holtgraves, Hernández y Thomas (2015) y Benito et al., (2016), identificaron que la actividad neuronal en la transferencia interhemisférica de derecha a izquierda es más rápida que al contrario; de manera que ha sugerido que la respuesta y mejor procesamiento de información no verbal y emocional, o verbal con carga emocional negativa en el hemisferio derecho, es

más rápida para responder a estímulos negativos propiciados por el sistema límbico. Estas premisas proveen un principio de entendimiento sobre el hecho de que las personas a menudo tienden a recordar eventos negativos de manera consciente, que también son susceptibles de consolidarse en el subconsciente por la repetición y evocación constante. Por un lado, el inconsciente tiende de manera innata a recordar el mundo de manera positiva, mientras que el córtex consciente a recordar con mayor detenimiento los aspectos negativos conforme a la experiencia, que termina muchas veces modificando la estructura cognoscitiva en el inconsciente.

Lo interesante del proceso emocional negativo, es que el cerebro tiende suprimir o sustituir los recuerdos de esta índole, para minimizar su impacto en el escenario positivista de manera que permita una menor alerta y bajo consumo de recursos (Frederickson, 2009). Estudios como el de Walker et al., (2003) permitieron conocer que la percepción de recuerdos negativos con el tiempo se disminuye y se aprecian con carácter menos aversivo, aunque también los recuerdos positivos sufren cambios, por ejemplo, pueden percibirse menos agradables con el tiempo. Se cree que esto se deba a la influencia de la experiencia que modifica los recuerdos, ya que se vuelven susceptibles de modificarse cuando se evocan. Alguna vez alguien dijo la frase un tanto conocida: *“esto que hoy me aflige, algún día me traerá un recuerdo feliz”*.



## **Capítulo II**

# **La memoria humana: una construcción subjetiva basada en la experiencia**



Sin memoria no hay pasado; de hecho, todos vivimos en él, en el pasado, vivimos del recuerdo. Cuando hablamos, lo hacemos en el pasado; no lo hacemos en el presente porque la creación de lo que pensamos o decimos está generada y configurada milisegundos antes de pronunciarla e incluso es previa a llegar a la conciencia. El pasado es lo único de lo que al parecer podemos estar seguros de que ocurrió, pues el futuro es incierto. La perspectiva que tenemos en nuestro contexto, es que el futuro transcurre hacia adelante y el pasado queda atrás, sin embargo en otras culturas se tiene un punto de vista distinto, por ejemplo, los Aymaras, un pueblo originario de la región andina, extienden los brazos hacia adelante para señalar el pasado y hacia atrás para indicar el futuro, porque según ellos, nuestras experiencias son lo único que podemos ver, lo único que está frente a nuestros ojos, y el futuro sería como caminar hacia atrás sin ver, hacia la incertidumbre (Romo, 2014; Sigman, 2015; Howe et al., 2016; Orozco, 2017).

La memoria es el recuerdo originado del resultado de la plasticidad *neural*, que es la capacidad que tienen las redes neuronales de crearse y modificarse de manera constante cuando aprendemos. *¿Por qué decimos plasticidad neural en vez de neuronal?*; las personas generalmente confunden el término *encéfalo* con *cerebro*, y *neural* con *neuronal*. “*Encéfalo*” se refiere a todo el conjunto de órganos que componen el sistema nervioso y “*neural*” a todos los componentes celulares en este sistema incluyendo a las neuronas, que por cierto son las menos abundantes en el encéfalo. Las neuronas son tan especializadas que por sí solas no pueden sobrevivir, sino que necesitan de ayudantes como se ha comentado, que las auxilien desde su creación, desarrollo, migración, conexiones, manutención y deceso, es decir, respecto en su proceso de muerte programada y restitución. Las células gliales son las principales responsables de todos estos procesos auxiliares de las neuronas y por lo tanto, ejes para el buen funcionamiento de la plasticidad en el encéfalo (Crossman y Neary, 2007; Waxman, 2011; Lipina y Sigman, 2011).

Es interesante estudiar la memoria humana porque cada vez nos acercamos a una mayor comprensión sobre cómo construimos los recuerdos de los cuales vivimos, para sentar las bases para el aprendizaje. Ahora, si bien la memoria es el recuerdo, con mayor especificidad su importancia recae no solo en el almacenamiento, sino en la codificación y recuperación de la información, de otra manera, caeríamos en un olvido constante que imposibilitaría el papel de la memoria (Schacter, 2007). Entonces *¿qué se guarda en la memoria?*, aquello emocionante, destacable o útil y constantemente percibido por el sujeto. Conservamos sólo aquello que nos resulta relevante, y estos recuerdos cambian de manera constante nuestra forma de percibir el mundo (Martínez, 2011; Okuyama, 2018).

Como observaremos, primero creamos representaciones mentales cargadas de emociones que permiten generar predicciones y tomar decisiones sobre lo que va a acontecer, y cuando una decisión es correcta al comprobarse, se origina un sentido de satisfacción en el individuo que le permite formar creencias sobre el mundo y cómo este funciona. Las ideologías del sujeto a partir de las creencias le posibilitan construir con el tiempo su personalidad e identidad, lo que le genera confianza para continuar tomando decisiones. Sin embargo, esto no significa que la memoria consista en un proceso vicioso sino más bien virtuoso, porque las memorias se adaptan a nuestras creencias e ideologías. No podemos evitar hasta este punto, que salte frente a nosotros una pregunta previa: *¿cómo es posible entonces recuperar información de la memoria?* Es un hecho innato. Cuando la corteza detecta un elemento de significado, recupera información relevante para el sujeto, relacionada con los elementos de información sensorial que percibe, y entre más sepamos y conozcamos, más información vinculada tendremos para darle sentido al mundo, más podremos ver de los objetos de significado, comprenderlos y aprender más de ellos. Sin embargo, no toda la información está disponible para la consciencia, es decir, no es posible acceder a ella, pues el foco atencional es como la punta de un iceberg, pues casi toda la actividad mental es inconsciente; como una pequeña lámpara que busca información relacionada en un extenso océano de redes interconectadas (Conway, 1990; Karanian y Slotnick, 2017; Quian, 2018).

Cuando hablamos del cerebro, resulta difícil encontrar un único lugar donde se aloje un recuerdo en concreto como una escena pasada. El recuerdo de una experiencia concreta se compone de elementos distintos de información almacenados en diversos lugares del cerebro, y cuando recordamos, estos pedazos de información se unen desde diferentes partes; es algo similar a lo que sucede con un disco duro de computadora. Esta reintegración es el recuerdo, y es realizada de manera crítica por el hipocampo, conformado en cada hemisferio del córtex. El hipocampo orquesta una reestructuración tomando información del córtex visual para reconstruir parte de la escena, busca las conexiones neuronales del córtex auditivo que conservaron las voces y los sonidos característicos de aquel instante. También recopila información de las áreas olfativas y gustativas (Schacter, 1997; Cofer, 1980; Lee et al., 2004; Chadwick et al., 2008; Papagno, 2018).

*¿Qué pasa con el lenguaje y la memoria?, ¿podemos recordar con el lenguaje?*, no necesariamente. Podemos prescindir del lenguaje para guardar memorias como sucede en las personas con incapacidad congénita para poder hablar, es decir, aquellos individuos que son mudos desde su nacimiento. Sin embargo, el lenguaje y la memoria van de la mano porque con él, podemos recordar y expresar de mejor manera los recuerdos y así describirlos para consolidarlos, ayudando a estructurar

las memorias. Además, el lenguaje es una vía eferente para expresar las escenas que el hipocampo orquesta en la conformación y armado de recuerdos con distintas piezas de información sensorial y episódica, no obstante, es evidente que algunos recuerdos son inefables, es decir, que no se pueden expresar con palabras, por ejemplo, cierta información odorífica como un aroma o inclusive un sonido o un sentimiento particular generado en determinada circunstancia (Cuetos, 2015; Roy et al., 2017; Chaaya et al., 2018).

## 2.1 Percepción y atención

Hay dos maneras de observar la transformación de la memoria: desde un punto de vista de la percepción y desde la modificación de la información en el cerebro con el paso de las experiencias. *¿Cómo es esto?*; sobre la primera perspectiva, se puede decir que sentimos y vemos desde el punto de vista de cómo somos, por ejemplo, la percepción del mundo de un ser humano es muy distinta a la de otro ser vivo como una rata o una jirafa, e inclusive a la de una hormiga. La percepción es relativa, pues la mayoría de los animales, por poner un ejemplo, no pueden ver los colores que nuestros bastones y conos del sistema visual nos permiten percibir; por lo tanto, la realidad está en el cerebro (Romo y Rudomin, 2012).

No obstante, generalmente nos equivocamos al definir qué es la percepción para el cerebro, porque no graba las cosas que ve o escucha como lo haría una videocámara. Como mucho, vemos dos cosas al mismo tiempo en un momento dado, sin embargo, el cerebro genera la sensación de verlo todo aunque no sea así, es por esto, que solemos caer en los trucos de los magos. El contexto fuera de la atención no son más que posibilidades no codificadas que se suponen que están ahí, aunque a veces no sea de esta forma. La percepción existe para ver las cosas importantes para el sujeto y para la supervivencia de él, por lo que este sistema es funcional en lo que hace. Pero *¿qué pasa con la atención?*; no podemos prestar atención sensorial por mucho tiempo. La atención del cerebro solo se enfoca en un periodo del estímulo, es decir, en una etapa inicial, donde el foco atencional es muy fuerte con detrimento en el tiempo (Nobre y Coull, 2010; Marbles y Sundem, 2015; Akan et al., 2018).

La atención pierde fuerza con el tiempo como mecanismo de adaptación del cerebro para priorizar el bajo consumo de recursos, y necesita predecir para no sorprenderse. *¿Qué es la atención?*, la atención es el proceso conductual y cognitivo de concentración selectiva respecto a un aspecto discreto de información, al tiempo que se ignoran otros aspectos perceptibles. La atención también es resultante de la asignación de recursos de procesamiento limitados. La atención se dirige mediante dos ingredientes fundamentales: los factores exógenos y endógenos. Los primeros



son causados por estímulos externos que causan interés y los factores endógenos por la fuerza de la tendencia a considerar algo relevante para nosotros; a este último aspecto se le conoce como motivación intrínseca (Casagrande et al., 2005; Macaluso, 2006).

La atención es selectiva y amplifica o filtra la información que le llega del mundo exterior conforme a nuestros propios propósitos o deseos. Se ha sugerido que el cerebro genera hipótesis sobre el mundo con las memorias que ya tenemos que a su vez, guían y manipulan la información sensorial que entra para crear una realidad particular. Como la generación de la realidad seguirá siendo una construcción de la mente humana, vuelven a flotar las interrogantes clásicas: *¿conocemos la realidad o simplemente pensamos en ella?*, *¿qué quiere decir alguien cuando dice que un recuerdo es real o es verdad?*, *¿verdad en qué sentido?*; sucede que el cerebro es el umbral entre el mundo físico y el cúmulo abstracto de pensamientos del ser humano; porque si bien los recuerdos se vinculan a la realidad, en la mayoría de las ocasiones las emociones los tiñen por el estado interior de la persona en el momento de tal manera que no percibe lo que sucede con relación a la mera realidad, sino que las emociones y circunstancias modifican el recuerdo para guardarlo y poderlo recuperar con mayor facilidad y prontitud en el futuro (Calixto, 2017; Howe y Conway, 2018).

Desde pequeños, construimos representaciones mentales de los objetos y eventos asignándoles valores morales, como en el experimento de Hamlin et al., (2011) *-ver glosario-*; esto sucede por el manejo de las emociones del sistema límbico, implicado de manera crítica en el almacenamiento de recuerdos. Fuster (2015); Sah (2017); Vakil et al., (2018) y Jeffery (2018), señalan, que las emociones son base en la memoria porque facilitan la apropiación y almacenamiento de información esencial e importante para el sujeto conforme a sus creencias e ideologías; pero además de esto y como se ha visto, las emociones en el etiquetado de datos permiten que se generen multitud de conexiones de un recuerdo para que con mayor facilidad puedan recuperarse en el futuro. El etiquetado de emociones sobre la información que se codifica en la memoria se debe a principios de supervivencia, ya que generalmente tendemos a evitar o alejarnos de situaciones aversivas, molestas, incómodas o peligrosas y procuramos recurrir a experiencias que nos proveen de satisfacción y bienestar. De hecho el miedo, es una emoción connatural con la que nacemos y quizá sea la única, pues mediante una prueba sencilla, se pueden identificar reacciones ligadas a la sobrevivencia respecto al temor. La Prueba del reflejo de Moro es una técnica pediátrica para observar reflejos neonatales normales. Este reflejo consiste en la respuesta del bebé cuando siente que se está cayendo de espaldas al vacío o en respuesta a un ruido fuerte e inesperado. El miedo es una emoción innata que no aprendemos.

## 2.2 Semantización mnémica

Las emociones son cruciales para los recuerdos porque establecen múltiples enlaces entre la información entrante y relacionada, almacenada en las redes neuronales para su mayor facilidad en su evocación y rescate. Si alguna información se liga poco a lo que sabemos, no la asimilaremos bien y tendremos una mayor posibilidad de olvidarla. Ahora, la segunda manera de ver la memoria humana es la modificación de la información en el cerebro con el paso de las experiencias. Para ilustrar esto, se puede utilizar la siguiente analogía: imagine que usted abre un archivo de Microsoft Word y redacta unas líneas el viernes; el sábado lo vuelve abrir, reedita y complementa, y al día siguiente lo abre, pero no ve lo que escribió el viernes, sino lo que redactó el sábado, así funciona la memoria. Cuando un recuerdo se evoca, se sobrescribe porque al recordarlo se vuelve vulnerable a una modificación pues las emociones y circunstancias del momento le proveen de susceptibilidad para que la persona altere detalles para enriquecer el discurso del recuerdo (Manes y Niro, 2014; Sehgal et al., 2018).

Pongamos otro ejemplo: supongamos que una pareja se va de luna de miel y uno lo pasa muy mal en el viaje y el otro de manera estupenda. Cuando regresan, el que la pasó bien le cuenta la historia con detalles a todo mundo, y el que la pasó mal no la cuenta. Al cabo de un tiempo, los detalles del recuerdo se semantizan, es decir, pierden pequeños elementos de información conservando la esencia de lo acontecido; este es un mecanismo natural del cerebro debido que no conserva todos los detalles de una unidad de información, sino que prioriza en la médula o lo más importante. Entonces con el tiempo, tenemos pequeñas zonas grises en la historia confusas que no estamos completamente seguros si así acontecieron. El cerebro rellena estas pequeñas zonas para que la historia no pierda sentido y congruencia con información construida que se encuentra basada en la lógica sobre las experiencias pasadas que el sujeto ha percibido del mundo conforme a sus creencias e ideologías que tiene de él. Por ello, al cabo de un tiempo, dos o más personas cuentan la misma historia y se contradicen en detalles a pesar de que vieron o experimentaron lo mismo (Logatt y Castro, 2011; Manes y Niro, 2014).

La gente suele creer que un recuerdo es más consciente cuanto más vivo y más detalles tiene; pero en realidad el cerebro no es una videograbadora. Schacter (2007) y Quian (2018) señalan que entre más veces se evoque y se exprese un recuerdo, mayor será la susceptibilidad que tiene la persona a añadirle detalles para enriquecer el discurso; generalmente esto sucede al ver la impresión de las personas oyentes, lo cual provoca que el relator termine por alterar algunos detalles del recuerdo que le son confusos por la semantización o para darle un poco de enriquecimiento a la historia, de manera que al guardarse de nuevo, el recuerdo va

perdiendo autenticidad. Parte de lo que recordamos, es fruto de la inventiva propia y constructiva del cerebro respecto a un hecho o acontecimiento conforme a la experiencia. Incluso un evento que no aconteció puede vestirse de tal manera que lo damos por cierto, aunque no esté ni lo más cercano a la realidad. Lo interesante de este asunto, radica en que se genera sin darnos cuenta.

Son interesantes los recuerdos “*falsos*” pero no en el sentido de que se hayan inventado a propósito o de manera deliberada, porque en la mayoría de las ocasiones no se guardaron de manera consciente, como la mentira que se genera con el engaño táctico. Sino que se fueron abriendo camino desde nuestra memoria a largo plazo e impactan de manera importante en la construcción de nuestra identidad personal. Los recuerdos llevan mensajes importantes para nuestra personalidad o forma de ser. En ocasiones tenemos pacientes o alumnos que poseen falsos recuerdos que de plano no pueden ser posibles pero la persona está muy segura de que así acontecieron, es decir, el individuo está convencido de que el recuerdo no es correcto o factible, pero lo ve como un recuerdo sólido. Sin embargo, en la mayoría de las personas, la mayor parte de estos recuerdos modificados siguen teniendo lógica y coherencia de tal manera que creemos de manera fiel en ellos y los tomamos como verdaderos. Después de todo, no podemos señalar de manera intrínseca o exógena si un recuerdo es falso o distinguirlo de otro que no lo es. Por otra parte, el hecho de que una persona posea recuerdos de este tipo, no significa literalmente que pueda encontrarse dentro de alguna de las patologías psiquiátricas o trastornos neurológicos. La transformación de las memorias es un proceso que se puede considerar connatural en el escenario mnémico (Baddeley, 2016; Justice et al., 2018).

Con el tiempo, el cerebro semantiza la información en la memoria a largo plazo, pues prioriza en conservar la esencia de las cosas almacenándolas desde nuestra manera ser y ver el mundo; es decir, muchas de las experiencias se pierden en el olvido consciente; por ejemplo, si en este momento, se te pidiera que recordaras y expresaras todos los hechos que te sucedieron en el transcurso del día, probablemente expresarías una buena cantidad, pero si se te pidieran el día de mañana que recordaras todos los eventos de tu día de antier, probablemente serían menos; si te lo pidiera que lo recordases en unos meses o al cabo de un año, quizá no recordarías siquiera alguno, y probablemente, empezarías a relatar tu rutina ordinaria de un día común; a esto se le llama, como hemos visto, *semantización*. Otro ejemplo sería que se te pidiera que contaras tu vida durante los tres años de la escuela secundaria ahora como adulto, y probablemente más de 5 horas para ello te sobrarían. A pesar de todo esto, un dato interesante es el hecho que podías recordarlo bien en aquellos primeros días, por lo que probablemente los recuerdos estén semantizados, solo que no puedes acceder a ellos. Por tanto, si decimos que

olvidamos esto no quiere decir meramente que borramos información de manera literal, sino que posiblemente ya no podemos acceder a ella de manera consciente (Akhtar et al., 2017; Elward y Vargha-Khadem, 2018).

### **2.3 Toma de decisiones y memoria**

Todas nuestras experiencias si bien que no llegan a la conciencia, influyen de manera importante en el inconsciente para la toma de decisiones; pero *¿por qué es importante estudiar las decisiones cuando hablamos de memoria?*; porque la vida es tomar decisiones en todo momento, y la memoria es la base principal para ello. Con las decisiones contrastamos al instante si lo que vemos del mundo concuerda con lo que sabemos y hacemos predicciones sobre lo que será o sucederá. El cerebro predice para que el mundo tenga lógica y coherencia con lo que conocemos, y cuando se comprueban las predicciones entonces creemos en las ideologías que tenemos sobre el mundo para verlo a través de ellas. De hecho, la etimología de la palabra “*experiencia*” proviene del latín “*experiri*” que significa comprobar. El recuerdo es el pasado y la toma de decisión acontece para vivir el futuro inmediato, es decir, para el próximo instante y para el medio o largo plazo; por ejemplo, en este momento, usted está decidiendo si seguir leyendo o abandonar la lectura por otra actividad, decide si es el caso, ignorar algunos sonidos o conversaciones para continuar leyendo, o mirar a otro lado, levantarse a tomar algo de agua, elegir qué palabras usar cuando conversa, entre muchos otros casos. El problema es que no podemos sopesar los pros y contras de todo lo que hacemos y pensamos (Sigman, 2015). Veamos esto con más detalle.

La toma de decisiones es un proceso de la adaptación humana en cuanto se refiere a las experiencias pasadas que en la mayoría de las ocasiones no alcanzan un nivel consciente. La toma de decisiones es el proceso a partir de la memoria, mediante el cual se realiza una elección entre diferentes opciones o formas posibles para resolver diferentes situaciones en la vida en sus diferentes contextos. Tomar una decisión consiste de manera básica en elegir una opción entre las disponibles, a efectos de resolver un problema actual o potencial. Para tomar una decisión, debemos sopesar los pros y contras de una cuestión, sin embargo, la vida es tomar decisiones como hemos visto, por lo que el cerebro resuelve nuestras decisiones casi siempre sobre la base de una información incompleta, muchas veces con datos imprecisos de nuestras experiencias pasadas modificadas (Monroy, 2017; Veselis, 2018).

*¿Cómo se toma una decisión?*, veamos un ejemplo paso a paso: la corteza visual en los lóbulos occipitales del telencéfalo recibe información sensorial; por ejemplo, se observa una nube de puntos que se mueven en cierta dirección, no obstante, aquí no se acumula la historia de las observaciones. Después, a una velocidad

significativamente rápida mayor a la conciencia, los axones del córtex visual se conectan con la corteza de asociación multimodal crítica de los lóbulos temporales y parietales; allí mismo se halla en términos somatotípicos, la corteza somatosensitiva del homúnculo sensorial, ubicada de manera posterior a la Cisura de Rolando o surco central *-de hecho, los parietales se encuentran en un lugar céntrico estratégico entre los lóbulos occipitales, temporales, frontales e insulares-*. En estos espacios centrales, se codifica la información en el tiempo para comprender cómo va cambiando el objetivo y su predisposición a favor de cada acción en el espacio. A medida que la información de una opción se acumula, la actividad de los parietales aumenta, entonces se llega a un umbral donde se dispara la acción correspondiente para la toma de decisión (Pinto, 2012; Waxman, 2011; Sigman, 2015).

Cuanto más incompleta es la información que recibe la corteza, la acumulación de evidencia resultante es menos clara y más lenta, así como la toma de decisión; por ejemplo, que la nube de puntos se mueva al azar de manera que dificulte predecir hacia dónde va. Hasta este punto, se puede pensar que el umbral nunca acabará pues la evidencia necesaria es incompleta para tomar la decisión, sin embargo, al final se llega a un punto de coacción. Entonces, *¿de qué depende que el umbral determine cuánta evidencia es suficiente?*, del costo de la equivocación; es decir, si se recibe un castigo por no “acertar”, el umbral sube y más evidencia se tiende a acumular, y por lo tanto se tarda el sujeto en responder, pero si el error no cuesta o su precio es poco, el umbral es disminuye y por lo tanto la decisión es más rápida. Curiosamente, la etimología de la palabra “pensar” se deriva de “pendere”, que significa colgar y pesar en la balanza mental (Monroy, 2017; D’agostino, 2017).

El umbral es que consiste en un ajuste adaptativo no consciente en la mayoría de los casos. El punto de coacción de una decisión se llega con el tiempo aunque la evidencia no se esclarezca del todo, porque de otra manera, caeríamos en un eterno dilema. Si la cantidad de votos en la evidencia a favor de una decisión es idéntica a otra y el tiempo sigue transcurriendo, entonces el cerebro lo evita aumentando la actividad en las evidencias de manera aleatoria, para favorecer una de las opciones. Este efecto termina con el alto consumo de recursos, aspecto que sobre el cual el cerebro prioriza, y se ve influenciado por las experiencias que hemos vivido y que no son accesibles a la conciencia. Otra manera de ver el proceso de toma de decisión es determinar en qué lugar comienza la carrera por la acumulación de votos a favor de una opción; para esto, de antemano ya las experiencias, creencias e ideologías muchas veces inconscientes, aportan información a favor de una carga de evidencia antes de iniciar la carrera por la elección. Es necesario aclarar, que no todas las opciones comienzan desde el mismo punto cuando nos enfrentamos a una decisión, ya que algunas comienzan con ventaja, sin embargo, este es un proceso

que pasa desapercibido, debido a que la mayoría de las ocasiones no se tiene de él un registro consciente (Sigman, 2015; Redolar, 2017).

Sin afán de ahondar en este tema, no podemos evitar realizar una última pregunta sobre este asunto: *¿qué pasa con la intuición y las corazonadas?*, en realidad, las corazonadas no son tan diferentes a las decisiones racionales a partir de votos y evidencia. La palabra “*corazonada*” se deriva de “*corazón*” porque se ha registrado que la actividad cardíaca cambia al tomar una decisión y vemos cómo se vuelve común una conocida frase: “*escucha lo que dice o dicta tu corazón*”. Esto pareciera algo esotérico o fuera de foco, pero tiene una etiología biológica interesante. Sucede que no todas las opciones arrancan con la misma cantidad de evidencia, proporcionada en la mayoría de las ocasiones de manera inconsciente y aportada por las experiencias pasadas y las creencias e ideologías de la persona. La información sensorial se filtra en el cerebro por estas experiencias y creencias que la modifican, aumentando las emociones o disminuyéndolas. Los docentes recordarán cómo el ser humano etiqueta cada elemento de información, asignándoles valores morales con emociones dadas en las circunstancias donde se creó o se modificó el recuerdo. De esta manera, la evidencia se transforma, se almacena y sirve de base para imaginar y predecir lo que sucederá en el futuro. Cuando la cantidad de votos de la experiencia no consciente se acumula en una opción, el sistema nervioso autónomo reacciona, el ritmo cardíaco cambia y la persona lo nota. Esto sucede aún antes de que de manera consciente se comience a razonar sopesando los pros y contras en una decisión. Como se ha visto, la conciencia y los focos de la atención, son apenas la punta del iceberg en un océano de redes neuronales que no llegan a la conciencia (Fuster, 2015; Hu et al., 2018; Barry y Docherty, 2018).

El tema de las decisiones nos dice mucho sobre el funcionamiento de los recuerdos y la memoria, ya que la base de las creencias es precisamente el resultado de la toma de decisiones que cuando se comprueban, generan un sentido de lógica y satisfacción de manera que se forman y consolidan ideologías que perfilan la construcción de una identidad, lo que fomenta en último término, la confianza para continuar el ciclo. En este sentido, la confianza es como una huella personal en el sujeto; es única y una construcción propia; es un estado de bienestar interno generado para lograr un equilibrio estable que permite el sentimiento de plenitud, de manera que se le posibilite ejercer con mayor facilidad la toma de decisiones y así, disminuir el consumo de recursos. La confianza se reafirma con decisiones acertadas que forman creencias que a su vez empiezan a construir ideologías que contribuyen a la conformación de la identidad. Sin embargo, la confianza decrece por dos razones generalmente fundamentales: por la baja y alta cantidad de conocimiento, *¿cómo es esto?*, primero, si el conocimiento es poco, se genera mayor

probabilidad de error en la toma de decisión pues el sistema de votos trabajaría con evidencias nulas o significativamente erróneas y se tendrían fracasos constantes que generarían entonces que el individuo se sienta inestable o caiga en un estado de depresión o angustia constante. Por otro lado, entre más conozca el sujeto, más dudas tendrá sobre lo que sabe, y esto le aportará mayor evidencia para la suma de votos, ralentizando su decisión consciente con mucha susceptibilidad de caer en grandes dilemas de manera continua. Sin embargo, a menudo el sistema de decisiones “*salva*” al sujeto en ambos casos para disminuir el estado de alerta constante que supondría un alto consumo de recursos, es decir, si se carece de mucha evidencia, entonces el cerebro considera que las pocas creencias que se tienen, siguen siendo válidas y suficientes para tomar una decisión aun cuando el fracaso sea inminente, por otra parte, cuando el sujeto conoce mucho, el cerebro aporta evidencia construida basada en la experiencia inconsciente para concluir dilemas que parezcan eternos y le ofrece al consciente un grado de satisfacción mediante segregación de neurotransmisores relajantes como la dopamina, segregada en los ganglios basales al comprobar que su decisión fue la correcta, fortaleciendo así la ideología en el sujeto. Este proceso se conforma como un circuito reforzante (Barbas y Zikopoulos, 2007; Schacter, 2007; Redolar, 2017; Lockwood y Wittmann, 2018).

## **2.4 Recursos cerebrales, creencias e identidad**

Hemos estado hablando de la conservación de recursos, pero *¿por qué sucede esto y por qué el encéfalo prioriza en ello?* El cerebro suele generar rutinas y hábitos todo el tiempo para manejar la información que entra por los sentidos, guardarla y evocarla y así, conservar recursos cerebrales, ya que muchos de los neurotransmisores utilizados en el encéfalo, no llegan como tales a él, sino que deben ser sintetizados en el sistema nervioso. Las rutinas permiten al cerebro predecir para generar sentido a la información que ingresa con el fin de ahorrar recursos atencionales, sin embargo, cuando un elemento no previsto salta a la vista, se activan los focos de la atención, pues el cerebro ya no tiene pistas fáciles para predecir lo que ahora acontecerá, y entonces se está más alerta para aprender de la situación y continuar prediciendo. La conservación de recursos no solo se prioriza en el cerebro, sino que es un proceso que se puede observar en el resto del cuerpo que de igual manera es regulado por el sistema nervioso. Sucede que la grasa susceptible de convertirse en energía en los tejidos del cuerpo se intenta conservar cuando la persona se le “*pasa la hora*” de comida y ayuna durante parte del día, es decir, el cerebro también intenta retener el consumo de grasa que se convertirá eventualmente en energía, para conservar, como se ha sugerido, las reservas en caso de una emergencia futura (Waxman, 2011; Rosales et al., 2018).



Como ya se ha comentado, la memoria se modifica a sí sola mediante una semantización de los recuerdos al tiempo que intenta que no pierdan coherencia por la reestructuración de las memorias a partir de las creencias o experiencias pasadas que no llegan a un nivel consciente. Los recuerdos forman creencias y estas deben pasar por filtros de comprobación como sucede en la toma de decisiones para que se consoliden sobre una lógica de procesos que permitan ver el mundo conforme a lo que sabemos. La información aferente, como se ha mencionado, llega al cerebro por medio de los sentidos, se tiñe y se procesa de acuerdo con nuestras emociones, creencias, ideologías, circunstancias del momento y propósitos. Estas experiencias procesadas son importantes porque construyen nuestra identidad, aunque no siempre sean demasiado fiables o reales. *¿Qué es la identidad?* Pues para empezar a responder esta pregunta, podemos señalar, que cuando nacemos, en nuestra primera infancia solo pensamos y experimentamos en y para nosotros mismos; son etapas conocidas que los docentes distinguen como egocentristas, sin embargo, después ampliamos este contexto hacia los demás, y empezamos a establecer relaciones con otras personas; entonces el individuo se comienza a formular preguntas tales como: *¿quién soy?* u otra más común que reemplaza la primera: *“¿quién debería ser?”*, es entonces cuando el niño o adolescente imita las conductas de otras personas porque quiere ser como ellas considerándoles modelos a imitar. Algunos autores como Whitmore (2017) y Wiese et al., (2018), afirman, que este es el inicio de un proceso que acabará posiblemente en la primera etapa de la adultez; sin embargo, la identidad continúa evolucionando a lo largo de la vida, porque nunca dejamos de aprender a ser, a conocer y a hacer. Pero *¿por qué es que existe un interés en hablar sobre la identidad?*, porque la identidad es la cúspide del proceso de la memoria.

Si bien el ser humano comienza imitando identidades, con el tiempo se construye una visión más clara de la comprensión de las habilidades, intereses y propósitos que posee; no obstante, el detalle con la identidad es que los sujetos poseen una mayor tendencia a tener más empatía con personas que se comportan o ven las cosas como ellos que terminan en este escenario también modificando sus creencias (Kyu et al., 2018). Autores como Howard-Jones (2014); Chowdhury et al., (2016), Lock y Funk (2016); Scheepers y Derks (2016) y Chiao (2018), sugieren que la búsqueda de complementariedad se da en el ser humano por ser sujetos enteramente sociales; esto crea una tendencia innata a conseguir pareja y pertenecer a grupos que con susceptibilidad generan sesgos culturales; y he aquí que hasta este punto, la educación con valores como el respeto y la tolerancia cobran mucha relevancia, pues el problema con los grupos, es que impactan en las creencias de los sujetos y no siempre tienen una predisposición de simpatía cuando perciben que sus semejanzas culturales e intereses no son los mismos en



otros grupos, generando incluso escenarios de intolerancia con fines de defender en colectivo y en determinado momento su grupo de cuestiones ajenas que se perciban como ofensas a sus integrantes. Si bien este fenómeno está estrechamente ligado con la supervivencia social, que es un área de mucho interés en estudio de la neurociencia; las decisiones sociales a menudo son bastante estereotipadas sobre lo que creemos, por lo cual precisamos tener una fuerte educación axiológica. El fenómeno de los grupos sigue vigente en nuestra era digital que se manifiesta de manera palmaria en las redes sociales, es decir, se ha identificado que en ellas se aumenta la predisposición hacia la ofensa a personas que no comparten semejanzas o creencias culturales, compartiendo contenido multimedia sutilmente ofensivo con el fin de crear influencias sociales en línea. Si bien la defensa de las creencias y estructura cognoscitiva del sujeto son un principio de la supervivencia social para un equilibrio estable de lo que el sujeto conoce y vive, la educación axiológica debe imperar en la sociedad, porque todos somos únicos y distintos.

## **2.5 La memoria y la realidad**

Como se ha visto, los cambios en los procesos mnémicos surgen desde entornos endógenos y exógenos durante toda la vida del sujeto, por eso la memoria humana es una construcción subjetiva basada en la experiencia, sin embargo, *¿qué sucede con nuestros primeros años de vida, por ejemplo, con la amnesia infantil?* Este es un tipo común de olvido por la escasa maduración cerebral dada por el avance lento del proceso de mielinización en las neuronas, que impide que las memorias se formen y podamos recordar nuestros primeros años de vida. Solemos creer incluso que recordamos ciertas experiencias en esa etapa muy temprana que parecieran que están muy borrosas o confusas, pues se evocan desde fragmentos de recuerdos abigarrados que tienden a olvidarse o bien no sabemos cómo explicarlos. Existe sobre este tema, una explicación muy sencilla que posee cierto grado de sentido; por ejemplo, a partir de la edad de los seis y siete años aproximadamente, los niños perciben recuerdos como tales y con mucha similitud a los que tienen lugar en los años posteriores hasta la adultez. A partir de esta edad, empezamos a consolidar con consistencia el lenguaje y a tomar consciencia de nosotros mismos y con ello, construir recuerdos más fiables y duraderos (Lipina, 2016; Sekeres et al., 2018). Sobre esto, Levin (2004) y Akhtar et al., (2018), afirman que los niños menores de tres años suelen olvidar recuerdos precisos después de un año, mientras que los niños de mayor edad, por ejemplo de seis y siete años, al cabo del mismo periodo que los pequeñitos, pueden recordar con mayor amplitud y precisión los detalles de un recuerdo. Esto al parecer no requiere tanta explicación, pues los bebés no tienen un nivel cognitivo desarrollado que los niños en etapas superiores en edad, por la maduración del encéfalo, es decir, por el proceso de mielinización neuronal y axonal.

*¿Podemos entonces fiarnos de nuestros recuerdos?*; el detalle es que si bien el cerebro es bueno orquestando recuerdos, estamos convencidos que tales y la percepción que tenemos del mundo es siempre la correcta, y esto se agrava cuanto menos sabemos cómo lo hemos visto, es decir, cuando una persona conoce poco, más cree que sabe, y mientras que una persona conoce mucho, más duda de lo que sabe. Respecto al primer caso, este se puede considerar como un principio de supervivencia aunque parezca contradictorio, pues el cerebro tiende a ofrecer un sentido de equilibrio para lograr estabilidad con poca información y poder enfrentar con confianza el devenir de la vida y la toma de decisiones. Sin embargo, cuando tomamos mayor conciencia sobre los conocimientos que tenemos, surgen dudas mientras vamos aprendiendo y conociendo más; esto fomenta una mayor conciencia en focalizar en dichos aspectos, pero se originan mayores posibilidades de que la persona se sienta inestable en cuanto a lo que sabe y no le queda del todo del claro mientras más y más va adquiriendo conocimientos, sin embargo, en esto radica el aprendizaje (Matute, 2012; Nobre, 2017; Quian, 2018).

La realidad es distinta de cómo la vemos, aunque solemos pensar que nuestra percepción del mundo es mucho más completa de lo que es en realidad, porque sentimos que registramos todo como lo hace una cámara de video, pero en realidad no es así. Estamos convencidos de que la percepción siempre es la correcta, y por eso creemos en lo que vemos, aunque eso sea “*incierto*” de alguna manera. El cerebro no solamente es un receptáculo que almacena todas las cosas que le llegan a través de los sentidos, sino que no cesa de hacer predicciones para que la información que recibe tenga sentido, y precisa por lo tanto predecir todo el tiempo para continuar comprendiendo. Este aspecto está ligado estrechamente con el instinto de supervivencia y con la toma de decisiones, factores en los cuales el cerebro enfatiza con prioridad (Sigman, 2015; Dotan et al., 2018).

En el estudio de los procesos mnémicos, se han sugerido también dos aspectos interesantes más sobre la memoria; primero, que existe una conexión entre recordar y visualizar o imaginar el futuro, ya que se activan las mismas regiones cerebrales en los estudios de neuroimagen. En este caso, se activa el hipocampo para reunir las experiencias pasadas pero también para predecir a base de éstas, lo que pueda suceder en el futuro. Por otro lado, el cerebro tiende a no guardar la realidad tal cual es porque muchas veces lo cuantitativo se vuelve pesimista a la vista de los propósitos o creencias del sujeto, *¿cómo es esto posible?*; vamos a ver un ejemplo: a menudo escuchamos sobre cuánta es la probabilidad en las estadísticas de morir en cualquier momento o bajo cualquier circunstancia; entonces un “*robot*” no nos recomendaría conducir nuestro auto debido a la alta probabilidad eventual de un accidente; *¿qué sucede entonces con nuestro cerebro ante estas cuestiones?*, pues que

precisa ver el mundo de un modo positivo para empezar a construir un escenario de confianza que mengue los focos de alerta constante y permita un sentido de estabilidad que permita no consumir tantos recursos. Cuando el cerebro evalúa cuestiones de probabilidad en la vida diaria, pondera con mayor balance aquellos votos positivos para mejorar el panorama a pesar de contradecir a la realidad como lo pueden expresar las estadísticas, de otro modo, tendríamos una mayor tendencia a inhibirnos constantemente. Sabemos que los medios de comunicación están llenos de noticias negativas, accidentes y tragedias, pero aun así, todos los días salimos de casa procurando vivir y trabajar con normalidad; sabemos que podemos morir en cualquier momento incluso mientras dormimos y aun así ajustamos la alarma para levantarnos el siguiente día. La confianza es una base adaptativa para sobresalir en tareas que permiten a la civilización lograr cada vez mayores metas. Sin el optimismo el hombre no habría llegado a la Luna, y en estos tiempos a mediano plazo, llegar a Marte por mencionar algunos ejemplos, sin contar las grandes hazañas de la humanidad y los experimentos científicos. No estamos a favor de un libertinaje positivista, sino que podemos identificar que el cerebro precisa trabajar con una mejor tendencia hacia el optimismo (Rolls et al., 2010; Engen y Anderson, 2018; Rosental, 2018).

Algunos autores como Nobre (2017), Van Den Berg et al., (2016) y Simons et al., (2017), señalan que inclusive las personas dejan de manera consciente que las realidades percibidas se sobrescriban y se dejen influenciar por sus creencias o propósitos con el fin de no ver la realidad tal cómo es, o cómo debería de ser percibida. Se ha sugerido que existe una tendencia a lustrar un poco realidad por no ser muchas veces conforme a los propósitos que nosotros quisiéramos; a este fenómeno se le ha conocido como el *éxodo de la realidad*. Como alguna vez dijo un pensador: *no vemos y guardamos los recuerdos como son, sino como somos*. De acuerdo con esto, se ha propuesto una paradoja epistemológica sobre la neurociencia cognitiva en el estudio de la mente, que consiste en lo siguiente: *el ser humano debe entender, que jamás podrá entenderse a sí mismo por completo, porque es el cerebro quien está tratando de comprenderse a sí mismo y nos genera una ideología de que algo podemos entender, en este caso las cosas y los procesos*. Si bien el camino para nada está terminado, debemos reafirmar bríos en el trayecto de la comprensión del cerebro como base de los procesos de la memoria para acercarnos un poco más, a los principios que orbitan alrededor del aprendizaje.

## **Capítulo III**

# **¿Qué tipo de información guarda la memoria?**



Como se ha observado, no existe concepción más equivocada acerca de la memoria que equipararla con una cajita donde guardamos todos los recuerdos; además, la memoria no es un hecho abstracto, sino más bien físico, pues es posible borrarla. Cuando un estímulo sensorial ingresa al SNC, se une a los conocimientos previos para que la información entrante tenga lógica y sentido, y se pueda aprender de ella, modificando las redes poblacionales de información relacionada y almacenada, por lo que la evocación de un recuerdo lo hace vulnerable a la modificación. El refuerzo excitatorio por medio de la síntesis proteica entre las sinapsis de las redes permite que la información permanezca a largo plazo, sin embargo, la etiología del refuerzo depende de qué tanto se transcriba un recuerdo para consolidarlo y poder así priorizarlo, ya que, si algo almacenado no se vuelve a evocar, tendrá mayores posibilidades de que su red neural se debilite y se pierda para el olvido consciente. Los recuerdos, por lo tanto, requieren reconsolidarse para mantenerse (Taubenfeld et al., 2001; Lee et al., 2004).

### **3.1 Memoria y borrado**

Parsons et al., (2006), realizaron un experimento sencillo de borrado de memoria con base en el principio de modificación del recuerdo convocado. El experimento consistió en lo siguiente: bajo el clásico condicionamiento pavloviano del miedo, provocaron que ratitas aprendieran que a un sonido determinado venía un estímulo negativo como un choque eléctrico, por lo que al cabo de un tiempo con solo escuchar el sonido se asustaban; esto es un efecto que el conductismo considera como estímulo condicionado e incondicionado. Cuando ya estaba consolidada la memoria del miedo, que por cierto tiende a fortalecerse, ya que es una emoción sobre la cual depende la sobrevivencia, les hacían recordar el estímulo solo con la señal auditiva y el reflejo se disparaba, pero era entonces que recibían mediante inyección, inhibidores de la síntesis de proteína o ácido ribonucleico mensajero *-ARNm-* en la amígdala vinculada y situada por encima del hipocampo. La interferencia permitió que el recuerdo al abrirse se modificara y no se constituyó en la memoria a largo plazo, por lo que después de varios días de intervención, al escuchar las ratas el sonido, ya no se asustaban. Estudios similares habían sido realizados anteriormente por Nader et al., (2000).

Kindt et al., (2009), llevaron el asunto al siguiente nivel con seres humanos, pero no con inyección sino con un fármaco conocido para el tratamiento de la hipertensión. Estos investigadores condicionaron a sus pacientes para que asociaran fotografías de arañas con un estímulo doloroso que rápidamente aprendieron. Un día después del aprendizaje, la mitad de los participantes recibió una dosis del medicamento al momento de tratar de evocar de nuevo el recuerdo. Sorpresivamente,

al tercer día ya no mostraban reacción reflejo de miedo ante el estímulo visual aprendido, cosa que sí continuaba ocurriendo con un grupo control. Aquel fármaco actuaba sobre algunos de los receptores beta-adrenérgicos de la amígdala, situada por encima de la formación hipocampal, por lo que se interrumpió la síntesis proteica del recuerdo una vez convocado, de manera que no se consolidó al cabo de algunas horas. No obstante, los investigadores observaron que el fármaco no impactó en la memoria declarativa, pues los pacientes recordaban los hechos, solo que el significado emocional de la experiencia había cambiado para ellos. El estudio de Kindt et al. (2009), abrió la brecha para el estudio molecular sobre pacientes con traumas emocionales de experiencias pasadas o estrés postraumático, como personas que vivieron episodios de guerra, atentados terroristas, secuestros, o que presentan fobias incontrolables.

Los experimentos sobre el “*borrado*” de la memoria entran en el esquema de la “*bioética*” dado el derecho que tiene el paciente a aferrarse a sus recuerdos, los cuales conforman las creencias e identidad de las personas constituyendo quienes son. Quizá lo más prometedor en el campo biomolecular de la modificación de la memoria, sería que se bloqueen los aspectos emocionales aversivos de los recuerdos, dejando intactos los conocimientos declarativos sobre los eventos, aunque esto en un futuro también terminaría modificándose, debido a la dinámica mnémica. Schiller et al., (2010), propusieron que los recuerdos negativos condicionados tienden a borrarse de la memoria con el tiempo sin intervención de inhibidores químicos, contribuyendo a la idea clásica de la extinción de John Watson con su conocido experimento del pequeño Albert y la rata. Estos investigadores, condicionaron a un grupo de personas voluntarias para que asociaran un impulso o choque eléctrico leve a una imagen de cierto color que veían, de manera que la respuesta incondicionada se aprendió con rapidez. Sin embargo, después de unos días, los voluntarios se sometieron al mismo ejercicio, pero sin el choque eléctrico, y con el tiempo se extinguió el mal recuerdo, de manera que la asociación dolorosa y el reflejo se sobrescribieron con nuevas experiencias placenteras y la memoria se modificó.

Como se observó en el capítulo anterior, el cerebro precisa trabajar bajo un escenario positivista que permita el bajo consumo de recursos y no termine inhibiéndose ante cualquier situación, aspecto que atentaría directamente con la sobrevivencia. Algunos autores como Miracle et al., (2005), afirman que en realidad las memorias no se olvidan ni se borran por completo, sino que guardadas en el inconsciente, y pueden ser susceptibles de “*revivir*” cada cierto tiempo bajo determinadas circunstancias, por ejemplo, durante episodios de estrés; sin embargo, al introducir nuevas experiencias y por tanto nueva información coherente a cierta memoria antigua en su proceso de reconsolidación al ser evocada, se actualiza de

tal manera que no puede ya ser la misma, por lo que se puede argumentar que efectivamente la memoria se ha sobrescrito.

El detalle con el miedo en el campo de estudio de la memoria es su regulación, ya que un desajuste en el proceso producirá trastornos de ansiedad, debido a que el miedo se semantiza en el subconsciente y se generan fobias sin racionalidad inmediata consciente (Joyce et al., 2010; Davis y Reijmers, 2017). Los experimentos de borrado o sobrescritura de memoria asociativa condicionadas descritas con anterioridad, fueron aplicados en entornos mnémicos semánticos, por lo que es factible señalar que los esquemas de significado, que son esenciales y se encuentran bien consolidados en la memoria, pueden modificarse con el tiempo bajo determinadas experiencias emocionales antagonistas del evento aversivo. Schiller et al. (2010), observaron picos de recuerdo del miedo después de los ejercicios de extinción en los pacientes, sin embargo, argumentan que dichos episodios temporales son normales, ya que permiten que el proceso de reconsolidación del recuerdo se complete.

Las ideas anteriores, sugieren que lo que realmente recordamos no es, sino el último recuerdo, es decir lo último que reconsolidamos, que puede discrepar del evento original aprendido; además, la extinción de un recuerdo puede derivarse tanto de una reconsolidación, como de una recuperación no reforzada (Alberini, 2005; Hupbach et al., 2007). Si la información que sirve de vínculo en una red con otras se sobrescribe, entonces las subpoblaciones neuronales conectadas pueden no mantener los enlaces que tenían, pues el significado o la información ha cambiado, por lo que la nueva información entrante deberá tener mucho sentido y lógica para que permanezca, se consolide y sea fácil de evocar nuevamente. Si algún lazo o vínculo no en un futuro vincularse dada la incongruencia con la información nueva, con el tiempo, es muy susceptible al olvido consciente (Monfils et al., 2009).

### **3.2 Memoria, imágenes y lenguaje**

Es necesario aclarar que, a diferencia de los ordenadores o los sistemas de almacenaje digital, nuestra memoria no puede grabar sobre la nada, es decir, debe existir un esquema representativo previo en nuestra estructura cognoscitiva para que la información entrante tenga sentido y lógica, además como se ha visto, las memorias no se almacenan aisladas unas de otras, sino que se integran en redes asociativas que contienen información relacionada. Surge hasta este punto una cuestión que todo docente alguna vez se ha planteado: *¿cómo es posible reestructurar memorias suponiendo que desde que nacemos no tenemos conocimientos previos?* Si bien no podemos hasta hoy afirmar que al momento del alumbramiento no poseemos memorias, es evidente que nacemos con diversos reflejos que nos permiten crear representaciones del



mundo para percibir las experiencias y guardarlas bajo esquemas emocionales que nos permiten adaptarnos y distinguir entonces situaciones aversivas, dolorosas, neutras y positivas que mezclamos y asociamos. Este esquema emocional es la base asociativa para todos los elementos y objetos de significado que percibimos (Parsons, 2017; Yokose et al., 2017).

Hasta este punto tomamos la pregunta título del presente capítulo: *¿qué tipo de información se guarda en la memoria?* Podemos recordar básicamente algunos tipos de información almacenados a largo plazo, es decir, informaciones episódicas y declarativas que podemos contar, semánticas o de significado declarativas que también podemos narrar aunque carecen de datos de tiempo y lugar; semánticas no declarativas inefables como aromas, sonidos y sentimientos, y recuerdos procedimentales motores que no podemos fácilmente expresar, pues generalmente los hacemos de forma inconsciente, como caminar, deglutir, andar en bicicleta e incluso tocar un instrumento musical en el caso de los ejecutantes expertos que han consolidado motoramente las escalas y secuencias armónicas, de tal forma que no entorpecen la memoria de trabajo consciente para tareas de razonamiento (Wixted et al., 2014).

Más de alguno podría pensar y considerar que el lenguaje es la memoria, sin embargo, las áreas asociativas del lenguaje y la comprensión lingüística son solo un medio expresivo que filtra el pensamiento, ya que hay pacientes que tienen daños a zonas comprometidas con el lenguaje y no pueden hablar, pero tales fenómenos no dañan el pensamiento provocándoles amnesia. Si bien la memoria no es el lenguaje, éste la enriquece y la fortalece. De hecho, el lenguaje es crítico para ordenar el pensamiento, ya que conversamos y planificamos con el lenguaje en el razonamiento, pero cuando recordamos algo generalmente nos viene a la mente una forma de imagen, que nos recuerda cómo vemos y percibimos el mundo y nos trae a la conciencia la creencia de lo que hemos aprendido y podemos recordar visualizando algo de determinado asunto (Cuetos, 2015; Akan et al., 2018).

Una pista etiológica que puede explicar el *por qué* el lenguaje no es la memoria, es el hecho de que el lenguaje o el idioma es relativamente nuevo en el desarrollo del ser humano, ya que cuando nacemos disponemos de reflejos y emociones que nos permiten adaptarnos al entorno con proclividad a situaciones benéficas y confortables para nosotros, con intentos de alejarnos de situaciones desagradables. De esta manera empezamos a tratar con el contexto y el mundo, por lo que las emociones son el eje fundamental de la memoria. El lenguaje, es un hecho abstracto que solo existe en la mente humana, como los números, por ello, el mundo físico debe codificarse en imágenes, porque el lenguaje no se encuentra en el mundo natural tal como lo conocemos; además, no todas las imágenes se

pueden expresar con unas cuantas palabras, pues codifican mucha información que resultaría difícil expresar; incluso algunas imágenes pueden llegar a ser de carácter inefable (Garrido, 2014; Gallego, 2015).

### 3.3 Invidentes y fosfenos

Hasta este punto puede surgir otra pregunta: *¿qué pasa con la memoria en los ciegos?*; sucede que los ciegos que perdieron su vista en la infancia o adolescencia, con los años van perdiendo las imágenes que almacenaron alguna vez del mundo, de manera que con el tiempo las aprecian poco a poco con distorsión en la mente. Esto en parte se deriva del proceso de semantización mnémica que tiende a estrechar los recuerdos para conservar su esencia, pero, además, la falta de reconsolidación de dichos datos visuales genera que al evocar los recuerdos y las imágenes ya no se perciban, y el recuerdo se reinventa con probabilidades de una modificación distorsionada. *¿Qué sucede entonces con los ciegos congénitos?*; pues aprecian el mundo más con el sentido auditivo, que se vuelve más agudo ante la carencia visual al tiempo que aumentan las probabilidades de un mejor olfato, de esta manera, almacenan aromas, sonidos y conversaciones con mayor precisión y sueñan o tienen actividad onírica con este tipo de información. Muchas personas suelen creer que los ciegos perciben una total oscuridad, pero es interesante el hecho de que realmente no es así, ya que su sistema visual interno al carecer de imágenes representativas del mundo, crea las suyas generando destellos coloridos a sus propias creaciones, algo parecido a lo que conocemos como *fosfenos*; por ejemplo, un ciego congénito puede escuchar el nombre de alguien conocido y ver mentalmente un fosfeno característico, por lo que si la experiencia con el sujeto cambia la perspectiva emocional que tiene de él, el fosfeno destellante que el ciego ve, también cambia. Expresar toda esta imaginería hasta cierto punto vendría a ser un tanto inefable, pero el hecho de que los ciegos congénitos vean todo el tiempo fosfenos brinda evidencia de la necesidad de imágenes para el cerebro ante los procesos asociativos de la memoria (Fernández et al., 1988; Brady et al., 2008; Rolls et al., 2010).

Un reciente estudio interesante respecto a las imágenes mentales y los fosfenos fue el experimento de Jiang et al., (2018), donde mediante electroencefalogramas -EEG- y estimulación magnética transcraneal -TMS-, conectaron a cinco grupos de tres personas en cuartos separados frente a pantallas mientras resolvían un juego simple parecido al “*Tetris*” sin poder hablar entre ellos. El estudio partió de lo siguiente: las ondas cerebrales funcionan a niveles de hertzios -Hz-, por lo que la corteza al detectar una frecuencia visual externa en determinado grado de Hz, tiende a imitarla para adaptarse a su movimiento. De esta manera el EEG captó rápidamente los cambios de Hz en los participantes al ver las imágenes. Por otra

parte, la TMS induce actividad eléctrica específica, en este caso en la corteza occipital, encargada de las áreas visuales, provocando sensaciones de observar fosfenos de luz. Entonces los investigadores tenían la forma de detectar cambios eléctricos en la corteza y la manera de inducirlos en otros sujetos mediante señales visuales internas a través de destellos. De las tres personas, dos frente a la pantalla tenían el papel de remitente viendo cómo las figuras descendían en el juego y debían decidir si girarlas o no para que pudiera encajar en la fila inferior, acción que debían de hacerle llegar al tercer participante que no veía la pantalla, pero era quien la hacía girar o no. Los remitentes cuando decidían si debía rotar las figuras, tenían la instrucción de ver a uno de los lados de la pantalla donde una imagen parpadeaba a 15 Hz y otra a 17, de manera que el EEG al captar la señal eléctrica, el TMS enviaba esta señal al área occipital del tercero y veía un fosfeno como pista para rotar, o para sencillamente no recibir impulso para no girarla. De esta manera, más del 80% de los participantes logró acertar mediante imágenes mentales enviadas de un cerebro a otro. Hasta este punto, el experimento permitió seguir instrucciones de *sí* o *no* mediante la actividad eléctrica, sin embargo, la compleja comunicación sináptica neural se da en un plano químico, lo que genera un enorme reto para las neurociencias respecto a la comunicación entre los pensamientos humanos sin el lenguaje.

La memoria declarativa y semántica se constituyen por medio de imágenes superpuestas apoyadas por una organización lingüística muchas veces jerárquica, donde los recuerdos visuales corren unos tras otros y nos dan un sentido de lógica, coherencia y por tanto creencia en lo que vemos, en lo que hemos vivido y experimentado. A todo esto, los educadores lo conocen como conocimiento previo, aunque en realidad es solo una parte. Los recuerdos auditivos, táctiles y olfativos que son recuperables, se adhieren a imágenes con tinte emocional que pueden cambiar, modificándose o reemplazándose por otras de acuerdo con los eventos y experiencias vividas. Las personas muy sensibles a las emociones son más proclives a tener una mejor memoria, sin embargo, esto no significa que suelen grabar con exactitud la realidad, ya que su percepción de mundo a menudo se altera con significancia, pues el tinte emocional es muy alto. Un buen grado de sensibilidad emocional es bueno almacenando datos en nuestra memoria, sin embargo, no todo es beneficioso, ya que la información negativa tiende a degradarse con el tiempo como proceso natural mnémico para generar un mejor panorama de acción como se ha comentado. Si guardamos mucha información con tinte negativo, con los años, no podremos recuperar gran parte a menos que estemos recordando y reconsolidando ese tipo de información. Cuando esto último sucede, tenemos personas con índices altos de depresión y angustia crónica tratable (Fischer et al., 2002; Crestani et al., 2018). Algunos medicamentos precursores de

neurotransmisores como la serotonina se dosifican en pacientes depresivos, pues existe una estrecha relación entre la depresión y los niveles bajos de serotonina; sin embargo, aún existe un debate sobre si los bajos niveles de este neurotransmisor son la causa o la consecuencia de la depresión (Miracle et al., 2005).

Si a usted se le pidiera que recordara ahora a su padre, madre u otro familiar, recordaría de primera mano la última vez que los vio, recordando la percepción de su imagen, aunque inmediatamente después viene el intento de recuperar más escenas antiguas donde los vio, estuvo o convivió con ellos. Algunas personas suelen reconsolidar mucho determinada escena de algún elemento de información que siempre salta como primer recuerdo al evocarlos, a pesar de que ya es antigua; esta priorización sucede por el refuerzo continuo de un recuerdo que multiplica sus vínculos para llegar con mayor facilidad al consciente (Conway, 1990; Akhtar et al., 2017).

Es común que las personas entiendan los procesos mnémicos y de razonamiento como uno solo, dado que ambos son muy estrechos entre sí; sin embargo, es necesario separar los dos conceptos, aunque parezcan una unidad dialéctica, esto quiere decir que *sin memoria no hay razonamiento, ni pensamiento sin memoria*. Vamos a colocar un ejemplo: si usted ahora recordara un “*sacapuntas*” o “*afilalápices*”, vería en su mente una imagen del objeto, generalmente de índole semántico si es un objeto común en su vida diaria, dado que ha visto e interactuado con muchos de estos objetos, o de tipo episódico, recordando la última vez que lo usó, o alguna escena donde vio o interactuó con el objeto de manera que varias veces reconsolidó evocando este recuerdo por otras circunstancias. Hasta ahora solo se ha tratado de recordar el objeto, sin embargo, generalmente es rememorado por la acción del pensamiento que lo precisó. Cuando esto sucede, la evocación de un objeto de significado a menudo posee un fin heurístico susceptible a razonarse de manera abstracta, de tal forma que el lenguaje y el razonamiento espacial descomponen la imagen en funciones y características, proveyéndole contextos de uso y aplicación para que el “*sacapuntas*” cumpla con un propósito (Matlin, 2005; Quian et al., 2005).

Las memorias con excepción de la procedimental *-aunque generalmente en el principio de su consolidación son episódicas y semánticas-*, trabajan con imágenes, dado que es la manera más aproximada y primitiva de ver el mundo, y se tiñen con la percepción emocional para distinguir objetos y situaciones de significado aversivas, negativas, positivas, neutras o bien una mezcla de éstas en distintos grados, con fines adaptativos. La memoria primeramente trabaja con datos episódicos de tiempo y lugar que después semantiza. La transposición de imágenes en la memoria da lugar a la semantización porque son muchos los datos episódicos que deben grabarse, por lo que una vasta información podría transponerse generando ambigüedad y

confusión, por lo tanto, el cerebro prioriza en la conservación de la esencia de los objetos de significado (Manning et al., 2012; Elwardm y Vargha-Khadem, 2018).

### **3.4 Una aproximación a la memoria eidética**

Para muchos, la cúspide de la memoria virtuosa sería lo que conocemos como memoria eidética o memoria “*fotográfica*”. Este tipo de memoria posee una sencilla etimología dada la capacidad para capturar y retener elementos de información visual episódica y poderlos recordar por mucho tiempo; tenemos casos famosos como el ruso Shereshevskii que podía memorizar una tabla con números aleatorios en una imagen mental y poder recordarla después de 30 años o más. El lado negativo de los memorizadores eidéticos es que poseen muchas dificultades para olvidar y, por tanto, pasan mucho tiempo recordando lo aprendido de manera que no hay mucho espacio para nueva información; este fenómeno un tanto complejo, fue explicado en el célebre cuento “*Funes, El Memorioso*” del escritor Jorge Luis Borges, donde Funes pasaba las 24 h del día de hoy recordando las 24 h del día de ayer, para ilustrar la idea. El escritor se dio cuenta de la desgracia que sería tener que recordarlo todo (Thompson y Madigan, 2007; Manes y Niro, 2014). Por otro lado, Bragdon y Gamon (2000), afirman que los memorizadores fotográficos tienen problemas con los rostros, porque señalan que las facciones faciales dependientes de los EDA están en constante cambio, lo que tiende a semantizar la información.

Por otra parte, existen casos interesantes de memorizadores auditivos, como fue el caso del austriaco Hans Eberstark, que si bien no se desprendía de las imágenes mentales, las asociaba con mucha facilidad a los sonidos, por ejemplo, el número *siete* en su cabeza, correspondía al sonido de la letra “*L*”; de tal forma que tenía la facilidad para convertir las secuencias visuales en secuencias sonoras. Un tipo de alteración del córtex auditivo le permitía una capacidad para manejar con estupenda sencillez la información de sonidos, aunque esto solo era parte inherente de la asociación visual. Se cree que los memorizadores eidéticos poseen alteraciones en el metabolismo proteico de la memoria de corto plazo, por lo que consolidan con mucha rapidez los elementos de información en la MLP dada una baja o nula presencia o intervención de inhibidores proteicos que impiden que la información no vital o valiosa se almacene en la MLP. Sucede entonces, que el problema principal de la memoria eidética es el resguardo de información no útil que circunda en los escenarios conscientes, de manera que termina en lo general por inutilizar al sujeto en muchas circunstancias donde los fines adaptativos requieren de rememorar solo aquella información heurística esencial (Bragdon y Gamon, 2000; Rossato et al., 2006; Tonegawa et al., 2015).

### 3.5 Imágenes: materia prima de la memoria humana

Autores como Matlin (2005); Sousa (2014); Roy y Tonegawa (2017) y Ozawa y Johansen (2018), señalan que aún persiste un debate sobre si las imágenes son la base de la memoria episódica y semántica declarativa y no declarativa, o lo es el lenguaje que codifica las imágenes en el cerebro para poder recuperarlas y trabajar con ellas. Sin embargo, la controversia no va muy lejos, ya que no se trata de ser “*negro o blanco*” sino más bien se trata de una gama de matices, es decir, si bien las imágenes son los objetos de conocimiento más primitivos que existen, ya que es la percepción visual la más cercana del mundo real, el lenguaje estructura el razonamiento y refuerza la comprensión de lo que vemos, de tal manera que viene a ser parte fundamental del pensamiento en la codificación de imágenes para su recuperación posterior. Es necesario aclarar, que las imágenes en el cerebro son la materia prima de la memoria y del pensamiento, que luego y de manera inmediata son teñidas de una mezcla de emociones y estructuración lingüística que las amplía y nos ayuda a comprenderlas, fortaleciendo así sus vínculos en las redes subpoblaciones del conocimiento previo.

Respecto al lenguaje y el pensamiento, cuando usted evoca una letra, por ejemplo la letra “*p*”, la visualiza desde la materia prima de su memoria, y comprende mediante imagen y lenguaje sus componentes unidos, trazos, dirección y tamaño apropiado para su aplicación o uso. Sin embargo, con un lenguaje consolidado, las letras pasan a un nivel inconsciente en el pensamiento que ahora se enfoca en el significado de las frases y palabras con fines creativos y de planificación para entablar una conversación. Las palabras o frases también trabajan con imágenes mentales asociativas que son susceptibles de guardarse, por ejemplo, imagine que usted escucha o pronuncia la palabra “*excepción*”; entonces visualiza cómo de una secuencia de objetos visuales en su mente se desprende uno que rompe la secuencia y se sale del contexto, por poner un ejemplo. Existen otras palabras con más carga de significado que no tienen una simple asociación visual sino más bien múltiple, por ejemplo, la palabra “*libertad*”; esta palabra exige muchas escenas que se han asociado al hecho de ser libre, de manera que se vuelve un más poco difícil definir de pronto su concepto (Citri y Malenka, 2007; Damasio, 2010; Cuetos, 2015).

Cuando le preguntamos a nuestros alumnos sobre qué entienden por “*libertad*”, puede que nos digan una rápida aproximación derivada de una escena donde ellos le han asociado al significado, por ejemplo, si el estudiante recuerda la escena de una película donde un preso sale de la cárcel y se le oye decir “*¡al fin, soy libre!*”; el alumno puede manejar mediante el razonamiento esta escena mental con el lenguaje, darle forma y decir: “*la libertad es el hecho de no estar aprisionado*”. Esta escena también se puede asociar con experiencias vividas; por ejemplo: el alumno

puede recordar haberse quedado sin recreo en la escuela primaria o secundaria por algún motivo, y tras percibir mucho tiempo transcurrido recuerda al término de las clases salir y sentir la plenitud de “*sentirse libre*”, o también puede ser al terminar un trabajo o proyecto que demandó muchas horas o días de estudio, y al finalizarlo y tener tiempo y espacio para atender los asuntos personales con mayor comodidad y percibir el hecho como “*libertad*” (Álvarez et al., 2014; Wiegert et al., 2018).

### **3.6 Razonamiento espacial y memoria espacial**

Algunas personas confunden las imágenes de la memoria que se han comentado con el razonamiento espacial, sin embargo, son aspectos diferentes, ya que el pensamiento espacial puede manipular de manera abstracta un sinnúmero de imágenes almacenadas o modificadas, de tal forma que las puede rotar, teñir de otro color, cambiar de tamaño o trasladarlas a otro espacio o plano, por mencionar algunos ejemplos modificadores. Por otra parte, la *memoria espacial*, es la capacidad de retener y recuperar características precisas del entorno y trazar rutas directas entre los diferentes componentes visuales encontrados, de tal manera que se precisa recordar su ubicación, tamaños, distancias y sus metas con fines heurísticos (Oyuela et al., 2004).

Maguire et al., (2006), estudiaron una profesión que precisa poseer una evidente memorización espacial. Analizaron por medio de neuroimagen el cerebro e hipocampo de taxistas londinenses, cuya formación inicial comprende aprenderse todas las rutas, calles, avenidas, colonias, distritos de la ciudad, así como de sus zonas conurbadas para obtener su licencia. Maguire et al. (2006), encontraron que los taxistas tenían un mayor volumen de materia gris neural en el hipocampo que los conductores no taxistas, ya que el hipocampo contiene “*células de lugar*” que codifican la memoria espacial al dispararse cuando se percibe que se está en otro lugar o cuando el sujeto se traslada hacia alguno. Este tipo de neuronas funciona en red con otras subpoblaciones neuronales del hipocampo y la corteza, de manera que almacenan, recuperan y actualizan información respecto a lugares y sus rutas. El hipocampo se ve implicado en este tipo de almacenamiento de información.

Si bien la memoria espacial defiende su concepto por las células de lugar en el hipocampo, su constitución se da mediante componentes visuales espaciales abstractos de tipo episódico por lo que se considera dentro de la memoria declarativa. Como se ha visto, este subtipo de memoria fortalece la idea de las imágenes -materia prima de la memoria- como medios primitivos vigentes para obtener información lo más precisa sobre el mundo que percibimos. Los datos arrojados por el estudio de los taxistas de Londres, apoya también la idea de la plasticidad neural para generar mayor activación en zonas que son comúnmente usadas y prioritarias para el sujeto (Lordanova et al., 2009; Martino et al., 2014; Luna et al., 2018).



Si bien las áreas del córtex visual de los lóbulos occipitales se involucran de manera comprometedoramente con la percepción de las imágenes que se reciben de las funciones de la retina, las áreas asociativas del procesamiento de reconsolidación visual no solo se encuentran en las zonas occipitales sino también en los demás lóbulos de la corteza. No obstante, los occipitales juegan un rol o filtro crucial, de tal forma que la percepción debe pasar por ellos inicialmente, ya que un daño en estas zonas ha provocado que pacientes no logren percibir más o crear adecuadamente imágenes mentales para la memoria de nuevos acontecimientos (Waxman, 2011; Álvarez, 2012).

### **3.7 Mapas mentales y memoria**

Matlin (2005), hace referencia a la imaginación mental sobre la materia prima de la memoria en el sentido de que la percepción es un primer filtro de un proceso mnémico de transformación de la información; lo que recordamos vendría a ser un producto creativo modificado. La materia prima de la memoria estructurada y ampliada por las emociones y el lenguaje, forman representaciones que se conocen como mapas mentales -MM- que intentan corresponder con el ambiente externo que nos rodea, incluyendo todos aquellos procesos implícitos y explícitos que conocemos que el mundo posee. Se ha sugerido que los MM representan las redes subpoblacionales neurales en el sentido que se consideran como objetos de significado interrelacionados, donde aquella información que posee pocos vínculos dada su baja priorización, poca reminiscencia y un escaso nivel emocional con el que fueron aprendidos, tienen muchas probabilidades de perderse en el olvido consciente.

Los MM incluyen informaciones específicas y generales, ya que intervienen esquemas mnémicos episódicos y semánticos, y conforman una teoría exógena para comprender la organización de la memoria en el razonamiento. Los MM denotan un principio base del acomodo del conocimiento previo para comprender la teoría del aprendizaje significativo, ya que se tiende a agrupar información como aspecto esencial para la nueva información que llegue tenga sentido, se comprenda, expanda la red, se multipliquen sus vínculos y pueda recuperarse en un futuro. El estudio de los MM se ha relacionado con el razonamiento espacial, emocional y lingüístico para ordenar las imágenes de la materia prima mnémica y sus conglomerados en objetos de significado que se vinculan con otros homólogos. La teoría de los MM por sí misma denota la idea de que el pensamiento navega por medio de rutas visuales emocionales con fines adaptativos; sin embargo, los MM van mucho más allá de lo que se puede considerar como una secuencia mental visual simple (Brady et al., 2008; Luna et al., 2018).



La información que se guarda susceptible de conformarse dentro de los MM, posee subredes detonantes y susceptibles de consolidación conocidas como “*engramas*”, que son conjuntos de neuronas y sinapsis conectadas que cambian cuando se almacena información específica. Los engramas o redes de recuerdos, también se conforman como la chispa que enciende el auto, es decir, la mecha que sigue el pensamiento en la memoria para encontrar la información pretendida. Sin embargo, el detonante de una engrama no solo recae sobre subpoblaciones completas, sino también se puede concentrar en una o varias neuronas (Kitamura et al., 2017; Abdou et al., 2018; Rashid et al., 2018). En teoría, las redes de los engramas se activan por la entrada vinculada de al menos una neurona detonante que se relaciona con otra red, aunque deben ser muchas las neuronas vinculadas entre las subpoblaciones para que el recuerdo sea fácilmente recuperable (Aparicio y Huidobro, 1991; Roy et al., 2017; Davis y Reijmers, 2017; Bédécarrats et al., 2018).

Hasta ahora hemos visto la materia prima almacenada en la memoria episódica y semántica, sin embargo, existe otro tipo de memoria como se comentó, motora y procedural que con mucha dificultad es posible narrarla. La memoria procedimental requiere muchas horas de práctica para almacenar información relacionada con procedimientos que pasan al inconsciente de modo automático y que difícilmente se olvidan, por ejemplo, escribir, tocar un instrumento, andar en bicicleta, anudarse la corbata, abrocharse los botones, manejar un auto, e inclusive realizar cálculos matemáticos. Es así como la memoria procedural no consta de imágenes sino de movimientos y comportamientos, aunque en los inicios de un proceder motor que se aprenda se guarda con información episódica que después parece desvanecerse con la praxis. Entre las partes neuroanatómicas críticas y comprometidas con la memoria procedural, se encuentra la corteza motora primaria y premotora de los lóbulos frontales, coordinadas con el cuerpo estriado y el cerebelo. El cuerpo estriado consta de una porción significativa de sustancia gris bajo los hemisferios, y se encuentra conformado por el núcleo caudado y lentiforme subdivididos en el putamen y globo pálido (Crossman y Neary, 2007; Calixto, 2017; Krebs et al., 2018).

## **Capítulo IV**

# **Etapas mnémicas**



Existen aproximadamente entre 10 000 y 100 000 veces más sinapsis que neuronas en el encéfalo humano, ya que una sola neurona puede tener y mantener muchas sinapsis con otras (Crossman y Neary, 2007). En este sentido, Lee et al., (2004) y Poo et al., (2016), indican que en la actualidad prevalece un consenso general de que la modificación persistente de la fuerza sináptica a través de potenciación a corto y largo plazo inducidas por la actividad y la traducción local específica de sinapsis proteicas, conforman un mecanismo primario y fundamental para la formación, modificación y eliminación plástica de redes mnémicas que almacenan recuerdos afectando a otras redes con las cuales se encuentran conectadas. Las conexiones en redes permiten que dichas se refuercen entre sí fortaleciendo el recuerdo, por ello el proceso de repetición es una estrategia fundamental de la memoria.

#### **4.1 Redes engrama**

Las redes comprometidas con el resguardo de recuerdos se les ha conocido como *engramas* de memoria. Se cree que los *engramas* representan los recuerdos que tenemos, y aunque se han identificado y manipulado engramas individuales, aún se conoce poco sobre cómo los engramas múltiples en red interactúan para favorecer el proceso mnémico. Se ha descubierto que, en zonas como la amígdala y el hipocampo, las neuronas presentan mayor excitabilidad para desarrollar engramas. Esto se correlaciona con el factor emocional, límbico y de recompensa que el sistema mnémico del encéfalo precisa en todo momento, en el cual, la amígdala desempeña un papel importante. Las memorias formadas en el sistema hipocampal constituyen engramas que, apoyados por la glía y otros procesos moleculares, migran y se refuerzan para transferirse a la corteza para el almacenamiento a largo plazo. Estos mecanismos de transferencia y consolidación ocurren con mayor frecuencia en estados de sueño y conscientes no atentos (Roy et al., 2017; Josselyn y Frankland, 2018).

Los engramas partieron de la idea de que las redes neuronales *-apoyadas por la glía-* que almacenan recuerdos, se constituyen como una unidad integral de un recuerdo con identidad individual, conformando así una red como un vecindario distinto de otros. Se cree que este tipo de almacenamiento de información sucede para lograr una catalogación de datos para que puedan recuperarse en el futuro a petición de memorias específicas. En un primer momento, la información susceptible de convertirse en un engrama o recuerdo se codifica con una potenciación temprana y temporal que aumenta la proliferación de sinapsis dendríticas con las redes que contienen información relacionada, cuestión que debe mantenerse con el traspaso de síntesis proteicas sinápticas para la consolidación de la red y su desplazamiento hacia la corteza (Toga, 2015; Davis y Reijmers, 2017; Okuyama, 2018).

El traspaso de memorias o información entre neuronas a otras se da mediante la transferencia sináptica de ARN y micro ARN entre neuronas vecinas con una distribución de contenido entre barrios sinápticos fluidos; sin embargo, en la etapa de consolidación esta distribución se encuentra sujeta a inhibidores de la síntesis proteica, por lo que la relevancia de la información conforma una clave fundamental del recuerdo. Entre los factores de importancia de los datos a consolidar se encuentran el aspecto emocional, la exposición constante involuntaria hacia cierta información y la repetición consciente *-por ello recordamos con mayor facilidad aquella información que usamos a diario o que mayor impacto emocional tuvo en nosotros-*. El proceso mnémico hasta la consolidación de la memoria precisa de un proceso secuencial, donde si una de las partes falla por causa de un traumatismo grave o trastorno nervioso, se afectaría el recuerdo con altas probabilidades (Ripoli, 2017; Miyashita et al., 2018; Ozawa y Johansen, 2018).

La inhibición es un proceso interesante que no solo se presenta en momento de consolidación sino también en la recuperación mnémica. Los efectos inhibidores promueven el rescate de información específica en el cerebro, y además conforman el sistema primario de encéfalo para la concentración del sujeto, ya que se suprime la actividad de redes vecinas que no poseen información relevante en el momento de reminiscencia específica; no obstante, las cadenas y vínculos entre recuerdos propicia que la especificidad de los mismos no se hallen completamente aislados, por este motivo, cuando recordamos algún recuerdo, saltan a la conciencia otros que también fueron vinculados a la red pretendida (Michal et al., 2018; Piskorowski y Chevalerey, 2018).

La distribución de redes engrama con porcentajes de identidad, facilita que el consumo de recursos sea eficiente, ya que permite alimentar solo a aquellas redes importantes y fuertemente consolidadas por el uso. La eliminación en el cerebro no se refiere a la destrucción de neuronas, sino más bien de sinapsis que también son consideradas recursos. Un principio organizativo de las poblaciones neuronales consiste en *“robarle a Pedro para pagarle a Pablo”*; este principio impera en el encéfalo debido al espacio ajustado y compacto interno de la bóveda craneal; por ello, la lucha por el espacio es un tema interesante al estudiar el cerebro, ya que las redes deben reutilizarse. Autores como Howe y Conway (2018) creen que los recuerdos olvidados en realidad no mueren ni desaparecen, sino que están por ahí pero no son accesibles a la conciencia. Esta premisa tiene sentido en cuanto a una reflexión sobre la capacidad de la corteza para almacenar recuerdos *-por ejemplo la cantidad de recuerdos que no son accesibles a la conciencia-*, sin embargo, los recuerdos están cambiando todo el tiempo, por lo que dejan de ser los mismos, ya que la eliminación o sustitución de recursos sinápticos es un hecho evidente que brinda la posibilidad de que las redes

se reutilicen cuando pierden relevancia para seguir siendo alimentadas (Berlot et al., 2018; Rashid et al., 2018).

Las redes *engrama* provocan su modificación con el tiempo y son propensas a aumentar de tamaño mientras más y más aprendemos con dicho recuerdo, esto genera que el peso sináptico de la red aumente impactando en el consumo de recursos cerebrales. Un hecho interesante de las redes engramas consolidadas es que se vuelven muy resistentes a la interferencia *-aun cuando por determinadas causas los inhibidores tratan de interrumpir la reconsolidación-*, y mientras dichas redes obtienen mayor frecuencia de evocación y mayor peso sináptico, se vuelven prioritarias durante la distribución de recursos cerebrales destinados para mantenerlas. Es por esto, por lo que muchos pacientes que sufren impactos en la cabeza, o trastornos como la epilepsia, no pierden una significativa cantidad de memorias o recuerdos que vivieron, aprendieron y se consolidaron. Se ha sugerido que cuando una red consolidada se deprime o se inhibe por causas químicas exógenas, traumáticos graves o trastornos del sistema nervioso, las nuevas redes que se almacenen y posean información relacionada con la red deprimida pueden restablecer el recuerdo, aunque no sería el mismo de manera exacta, pero conservaría la esencia semántica y los componentes específicos más sobresalientes. Por otro lado, se ha identificado que cuando se experimentan traumatismos o trastornos nerviosos que afectan a determinados engramas consolidados, estos aumentan su excitabilidad intrínseca como un intento de conservar el recuerdo a pesar de las circunstancias (Brown y Banks, 2015; Valentini et al., 2017; Crestani et al., 2018).

Las redes engrama se consolidan enfatizando en dos aspectos fundamentales, en la especificidad de la información y en la recuperación del recuerdo. Las redes procuran que la información que almacenan no sea difusa sino sólida en cuestión de lógica y sentido para la conciencia, de otro modo se escaparían los argumentos para seguirse consolidando; no obstante, esto es la única regla, ya que la exposición involuntaria a determinados datos y la repetición consolidan información que posee poco sentido y lógica para el consciente. Por otra parte, la recuperación del recuerdo se refiere al énfasis de las redes engrama para fortalecer sus vínculos con otras redes a fin de establecer múltiples contactos para que el recuerdo sea con mayor facilidad reminiscente (Fischer et al., 2002; King et al., 2017).

La frase *“aprender es cambiar”* es una oración correcta desde el punto de vista neural, ya que el aprendizaje es un cambio morfológico a nivel sináptico en las redes neuronales conectadas entre sí; es decir, es la potenciación, adición, inhibición o eliminación de espinas dendríticas dentro de las redes engrama. Estas conexiones cambian su forma conforme vamos aprendiendo cada vez y a través del tiempo. La corteza visual, por ejemplo, modifica constantemente las redes neurales de los

lóbulos frontales y occipitales con los cambios de percepción que el sujeto ve de manera constante; así de veloz es la plasticidad en el encéfalo. La consolidación mnémica es un proceso como bien se ha señalado, que no sólo engrandece engramas, sino también elimina de ellos componentes que ya no poseen trascendencia con la información nueva que se va agregando y consolidando (Yokose et al., 2017; Asok et al., 2018).

Un dato interesante sobre el *reaprendizaje*, es que se ha observado que no implica necesariamente la generación de nuevas espinas dendríticas dentro de la red, ya que muchas veces los somas de las neuronas de la subpoblación solo modifican su información interna para aprovechar el espacio reducido y compacto dentro de la novedad craneal. Si bien el cambio existe, no es tan notorio desde el punto de vista fenotípico sino intraneuronal. El incremento de la red se da cuando la información nueva es relevante y amerita que se creen nuevas conexiones; por otra parte, ninguna red se encuentra conformada por neuronas de un solo tipo, sino que involucran células nerviosas distintas que le proveen identidad al recuerdo y le hacen funcional ante el sistema sensorial, motor y cognitivo. Las subpoblaciones además de estar compuestas por distintos tipos de neuronas se encuentran reforzadas y superpuestas por otros vecindarios distintos uniendo redes aún mayores; sin embargo, todos estos procesos siguen estudiándose con auge, por lo que aún prevalecen muchas cuestiones que precisar y responder (Taubenfeld et al., 2001; Byrne, 2017; Parsons, 2017; Barry y Maguire, 2018).

*¿Cómo ha sido posible la identificación de los engramas, o acaso es solo una teoría respecto a la organización mnémica?* Si alguna vez usted observó la conectividad de un diminuto pedazo de corteza, se pudo haber dado cuenta que las neuronas y la glía interconectadas forman una verdadera enredadera que pareciera que no tiene ningún sentido; sin embargo, los investigadores usan técnicas de optogenética, que conforman una combinación de métodos genéticos y ópticos para desarrollar proteínas sensibles a la luz o que respondan a químicos para que se modifiquen o se comporten de determinada manera ante ciertos estímulos. La optogenética procura introducir genes exógenos a las neuronas con proteínas codificadas que son sensibles a la luz bajo determinados métodos químicos; esto permite a los investigadores ver la luminosidad o fluorescencia durante la activación de las neuronas vivas en tiempo real. De esta manera se han encontrado rastros en toda la corteza y sistema límbico, de neuronas componentes de engramas durante la reminiscencia de un recuerdo simple (Tonegawa, 2017; Sehgal et al., 2018).

## 4.2 Engramas y codificación

Como ya hemos visto, la codificación mnémica depende de la información que entra por medio de la atención y la percepción; dado que el cerebro no codifica las cosas como las grabaría una videocámara; sino que enfoca en las cosas importantes para el sujeto conforme su experiencia con una atención que va en detrimento a través de tiempo debido al resguardo de recursos moleculares cerebrales. Las emociones, los EDA y los sentimientos derivados de la experiencia también impactan en la percepción del mundo; ya que observamos conforme nos sentimos. En ocasiones las emociones y los EDA sobrepasan los umbrales típicos y secuestran recursos cerebrales alterando de manera significativa la percepción del mundo (Zagrebelsky y Korte, 2014; Asok et al., 2018).

Ya se ha comentado que existen tres tipos de información que podemos recordar: datos episódicos, semánticos y procedimentales. Los procedurales derivados de la excesiva praxis, si bien trabajan en un plano inconsciente y poseen datos de índole inefable, se puede reflexionar sobre ellos hasta determinado nivel, es decir, sí es posible describir en cierto nivel y de manera reflexiva los pasos motores de una destreza o comportamiento procedimental consolidado. Por otro lado, no solo la memoria motora puede llegar a ser inefable, sino también los recuerdos semantizados no declarativos, como la información odorífica, la combinación de emociones y los sonidos (Wixted et al., 2014).

Si bien un recuerdo recién codificado es formado primera y temporalmente por redes relativamente pequeñas, es procesado de manera inmediata por redes neuronales más grandes y superpuestas para consolidarlo, ya que un recuerdo no se imprime inmediatamente, sino que evoluciona con el tiempo, primero con una codificación rápida durante la vigilia atenta para pasar a consolidación mediante el sueño profundo y momentos de reposo mental. Para que se conforme una red engrama, esta debe apoyarse en redes que contengan información relevante para que unan lazos que permitan agrandar las redes vinculadas con información similar y pueda ser recuperada con mayor facilidad; a esto se le conoce como *aprendizaje significativo*. Las redes engrama se disparan cuando la percepción capta información con tinte emocional *-ya sea positiva, negativa, neutra o una mezcla de ellas en diversas proporciones-* que tiene sentido y relación con lo que ya se sabe para aprender; estas redes son significativamente plásticas para adaptarse al proceso de la percepción; sin embargo, cuando el estímulo percibido es preferido y causa una recompensa límbica conforme la experiencia del sujeto, las redes se disparan con mayor rapidez (Cheikhi et al., 2018; Abdou et al., 2018).

Las memorias procedimentales, por ejemplo, requieren de muchas horas de práctica para perfeccionar el aprendizaje, por ejemplo, caminar de manera elegante



con tacones altos o andar en bicicleta, e incluso se precisan de millares de horas para lograr un perfeccionamiento en destrezas especializadas como la ejecución de un instrumento musical de manera profesional. En el caso de la memoria episódica *-de tiempo y lugar-*, se codifican los recuerdos en dos etapas: primeramente, con una codificación plástica sináptica rápida asociada con imágenes y tinte emocional en estados de vigilia atenta, seguida de etapas de consolidación gradual prolongadas en redes más grandes neocorticales bajo estados de reposo o en etapas de sueño profundo. Las redes formadas conforme el nivel de su uso y evocación, generan mayor atención dentro de encéfalo para atraer más recursos que las alimenten. La competitividad dentro del cerebro humano es una base fundamental para el bajo consumo de recursos al tiempo que separan las redes para diferenciar recuerdos e información específica susceptible de recuperar. Se ha identificado, que cuando se trata de recuperar información muy específica, con ayuda de técnicas de optogenética *-como se ha visto-* se puede ubicar las raíces de las redes engramas responsables del disparo del recuerdo, por lo que, si se inhiben o se destruyen de manera exógena estos eslabones cruciales, en teoría el recuerdo ya no sería accesible (Menzel, 2013; Kim y Kaang, 2017; Kitamura et al., 2017).

Se ha observado mediante la optogenética que los recuerdos recién codificados no se forman solo en el hipocampo, sino que se elabora una segunda copia de manera casi inmediata en el córtex; y aunque esta segunda copia parece estar silente al inicio, va presentando activación de manera progresiva mientras madura el recuerdo con la consolidación a través del transcurso de los días o semanas; sin embargo, los engramas del córtex en el proceso de maduración se fortalecen, vuelven más grandes y su reconstrucción futura *-aprendizaje-* dependerá del recuerdo ya modificado. Estas premisas tienen sentido dado el hecho de que el razonamiento propio de la corteza es crítico para dar sentido a la información que procesamos para guardar, y además refuerza las conexiones entre las redes para recordar con mayor facilidad información específica. De cualquier manera, ambas copias mnémicas generadas requieren del sueño profundo y de estados de reposo para bien consolidarse (Liu et al., 2012; Barry y Maguire, 2018; Rao-Ruiz et al., 2018).

También se ha identificado que los mecanismos para la formación de un engrama conforman una red que es distinta de otro engrama para la evocación de los mismos datos, es decir, se crean dos redes con la misma información de un recuerdo: una crítica para su formación y otra para su recuperación; la pregunta es, *¿por qué el encéfalo precisaría de dos circuitos sobre una memoria para su formación y rememoración?*, la respuesta quizá se deba a que las interacciones de los dos circuitos facilitan la edición o actualización de los recuerdos, es decir, que a medida que se activa el circuito de recuperación, la activación simultánea del circuito de formación

de memoria permite añadir nueva información. Estos procesos paralelos ayudan a recordar y si es necesario a codificar nueva información en los engramas (Berndt et al., 2016; Roy et al., 2017; Pignatelli et al., 2018).

Por otra parte, Bédécarrats et al., (2018), realizaron un estudio interesante que abona a la respuesta para resolver una pregunta clásica que ha intrigado a la comunidad científica por mucho tiempo respecto al contexto de la codificación mnémica: *¿es posible traspasar memorias de un organismo vivo a otro?* Estos investigadores, entrenaron babosas marinas -*Aplysia Californica*-, para sensibilizarlas ante una descarga eléctrica molesta, logrando un condicionamiento clásico sin mucha dificultad; además, dispusieron de un grupo control de especímenes que no recibió el estímulo. Después extrajeron ARN del sistema nervioso de las babosas marinas que habían sufrido las descargas, y también de las que no. El ARN de las muestras afectadas y del grupo control se inyectó con la ayuda de un excipiente vehículo en cultivos neuronales tratados *in vitro*. Seguidamente, se implantaron los cultivos en otras nuevas babosas que no habían vivido la experiencia y esperaron 24 h para observar resultados. Se identificó después del tiempo esperado, que la muestra nueva que recibió el ARN de los afectados se empezó a comportar como si ellos mismos hubieran recibido el estímulo, es decir, exhibieron una contracción defensiva prolongada ante el estímulo condicionado, cosa que no se mostró en las babosas marinas que habían recibido el ARN del grupo control.

Bédécarrats et al., (2018), sugieren que si bien es improbable que las memorias se trasplantaran literalmente como pareciera, el ARN implantado sensibilizó de manera significativa el organismo destino, provocando mayor tendencia a la sensibilidad en las neuronas sensoriales para que fuesen muy susceptibles a generar miedo sensitivo inmediato. El ARN y micro ARN representan un mecanismo importante para las alteraciones epigenéticas que permiten por medio de la metilación del ADN la consolidación de la memoria a largo plazo a través de traspaso y mantenimiento de información molecular entre neuronas mediante la sinapsis. Los resultados observados permitieron concluir que los cultivos con carga epigenética de las babosas que fueron expuestas al estímulo sensibilizaron los engramas sensoriales y motores del organismo destino, generando los resultados encontrados. La pluralidad en la comunicación neuronal mnémica es muy rica en diversidad, ya que los cambios en las redes poblacionales no solo se reducen a un potencial sináptico eléctrico, sino que los aspectos químicos epigenéticos moleculares y gliales intervienen con mayor importancia.

### 4.3 Engramas y consolidación

La consolidación es un proceso que tiende a comprimir los recuerdos en redes con identidad de manera que posean el mayor número posibles de conexiones para su reminiscencia. Por otra parte, a pesar de que todo en el cerebro es plural, la información que radica en las redes engrama, si bien se comparte entre las neuronas que la componen, existen algunas de éstas que guardan en su soma información específica sustancial, por ejemplo, las neuronas de Halle Berry y Jennifer Aniston -*ver glosario*- que albergaban la imagen de la actriz. Si bien se cree que una sola neurona puede albergar un concepto, estas posibilidades son, con dificultad, factibles dada la complejidad de la noción conceptual semántica de un objeto de significado, por lo que sería más viable que los conceptos radicaran más bien en una red o redes, por su complejidad multifactorial de los datos componentes. La compresión en la consolidación mnémica se debe a la prioridad de almacenaje compacto derivado de la estrecha cavidad en la bóveda craneal (Rogerson et al., 2014; Tettegah y Evie, 2016; Quian, 2016).

Todas las memorias episódicas consolidadas tienden con el tiempo a semantizarse, con excepción de aquellas informaciones que fueron memorizadas con una repetición excesiva. La semantización, como se observó en el capítulo segundo, consiste en la pérdida de componentes específicos de información de los recuerdos, de manera que solo se conserva la esencia del recuerdo. La transposición de imágenes en la memoria da lugar a la semantización porque son muchos los datos episódicos que deben grabarse, por tanto, una vasta información de detalles podría transponerse generando ambigüedad y confusión con el tiempo, por ello, el cerebro prioriza en la conservación de la esencia de los objetos de significado, como se ha reiterado (Manning et al., 2012; Elwardm y Vargha-Khadem, 2018). El detalle con este mecanismo natural mnémico es que, con el paso del tiempo y la pérdida de detalles, las redes compensan con información inventada, las pequeñas lagunas para que el recuerdo no pierda sentido y lógica (Rossato et al., 2006).

Se cree que la semantización mnémica en el proceso de consolidación responde al principio de subconjuntos de redes de significado afín. Los conceptos relacionados obedecen a una estructuración semántica conforme la experiencia del sujeto reforzados y enriquecidos con el lenguaje para diferenciar y unir representaciones del mundo relacionadas, por ejemplo, la palabra *jeringa* puede ser parte del campo semántico de: *hospital, enfermera, vacuna, antídoto, médico, medicina, punta, dolor, quirófano, veterinario, animal*, entre otras. Pero también puede estar relacionada con: *enfermedades, drogas, drogadictos, narcomenudeo, sangre, cocaína, heroína*, entre otras sustancias. Cada una de estas representaciones se encuentra vinculada a un factor emocional y visual para relacionar y darle identidad a cada objeto de significado

guardado, y además cada palabra relacionada tiene su propio campo semántico, por tanto, la riqueza del conocimiento mnémico es considerada significativamente grande. Estos campos semánticos interrelacionados también compiten por recursos para seguirse consolidando, por lo tanto, las palabras que con mayor frecuencia utilizamos, son las que están más disponibles para la conciencia (Bocchio et al., 2017; Tanaka et al., 2018).

La idea de la categorización y ordenamiento secuencial en los campos semánticos del cerebro presenta numerosas excepciones, es decir, no siempre se sigue una categorización de la información nueva conforme al orden del conocimiento previo (Manning et al., 2012), *¿cómo es esto posible?*, pues sucede que cada persona tiene una experiencia emocional, visual, perceptiva y cognoscitiva diferente, por lo que supone que la asociación de datos nuevos con redes preexistentes resulta tremendamente diversa, por tanto, es muy probable que cada persona persiga una estrategia distinta para asociar contenido (McKay et al., 2013). La consolidación mnémica es un proceso que evita que las memorias se pierdan el olvido consciente y prioriza en aquellos recuerdos que son más relevantes para el sujeto.

El proceso de consolidación y semantización de la memoria conforma un mecanismo de filtrado para la sobrevivencia, aunque a primera vista parezca un defecto mnémico, *¿cómo es esto?*; el cerebro prioriza en guardar solo lo relevante y útil para nosotros conforme a los reflejos, las necesidades básicas y la experiencia; de otra manera nos enfrentaríamos a los problemas comunes de los *memorizadores eidéticos*, que almacenan mucha información no útil circundante en los escenarios conscientes, fenómeno que en lo general termina por inutilizar al sujeto en circunstancias donde los fines adaptativos requieran rememorar aquella información heurística esencial (Bragdon y Gamon, 2000; Rossato et al., 2006; Tonegawa et al., 2015).

#### **4.4 Engramas y reminiscencia**

La evocación y la consolidación no pueden verse como objetos de significado completamente separados; ya que la evocación también es consolidación. Durante la recuperación de un recuerdo, este se vuelve vulnerable a modificarse, por lo que se le agregan y se pierden pequeñas informaciones en el proceso, de manera que los recuerdos pierden con el tiempo su autenticidad, pero intentan conservar coherencia, de tal forma que los seguimos considerando como verdaderos. Si bien la semantización es todo un tema cuando se habla de reminiscencia y consolidación, el hecho es que los datos episódicos de un recuerdo no son los primeros en modificarse *-como podría suponerse-*, sino los datos emocionales, ya que, en cuestión de horas o días, los aspectos emocionales de un recuerdo pueden cambiar de manera significativa afectando en la manera de percibirlos al recordarlos (Schiller et al., 2010).

Antes se pensaba que tal como se codificaba un recuerdo así se evocaba, sin embargo, con técnicas como la optogenética se ha identificado que los engramas consolidados que conservarían los datos no son los mismos para el tiempo de la reminiscencia, además, el recuerdo consolidado como tal no se almacena en una sola red. Una de las características de las redes engrama es que se encuentran bien distribuidas en todo el córtex, dando como resultados recuerdos complejos ricos en componentes de información variada. Se ha pensado que la dispersión de las redes engrama en vastas áreas del encéfalo podría poner en riesgo un recuerdo, sin embargo, los engramas suelen ser muy estables siempre y cuando se consoliden de manera continua. Cuando un recuerdo se evoca, la irradiación sináptica en la red puede ir hacia adelante como atrás. Se ha sugerido que es fenómeno excitatorio bidireccional permitiría a la memoria episódica regresar de manera abstracta en el tiempo y en el espacio, apoyando al razonamiento tanto para la planificación consciente como para la recapitulación de lo almacenado (Cai et al., 2016).

Si bien los recuerdos son conformaciones de miles de sinapsis, la doctrina neuronal sigue considerando a las neuronas como unidades autónomas separadas; sin embargo, la identidad de una neurona depende de sus sinapsis por las cuales les llega información para almacenarla, y también la red a la cual pertenece depende de otras redes por las cuales les llega información relacionada. La identidad de la red se ve reflejada del conjunto de la identidad de la información que cada neurona tiene en su soma. Por este motivo, la formación de las sinapsis depende más bien de la identidad de la neurona que hace contacto, que de la proximidad con otra neurona cercana. Por otra parte, Poo et al. (2016) sostiene que la facilitación en la recuperación de las redes engrama se debe a principios epigenéticos que generan aumentos en el número de sinapsis. Este dato ofrece la idea de que cuando usted evoca un recuerdo puede aprender aún más de él y con él. Entre más conozcas de algo, más puedes aprender de dicho objeto de significado, ampliando tus habilidades y saberes hacia dicho contexto de estudio (Kunz et al., 2018).

Vamos a responder a continuación, algunas interrogantes clásicas que los principiantes en el estudio de la memoria realizan a menudo sobre el contexto de los engramas y sus procesos de consolidación y evocación: *¿por qué el cerebro se fia de la estructura en red para guardar la información?*, *¿no sería mejor que se tuvieran neuronas con somas gigantes que absorbieran todo el contenido facilitando a simple vista el proceso?*, *¿por qué el sistema nervioso tiende hacia una complejidad exagerada para guardar los recuerdos y generar el razonamiento?* La respuesta a estas preguntas radica en el resguardo de los datos y las funciones dada la complejidad de las redes y sus componentes; por este motivo, la necrosis o apoptosis de una neurona vendría a ser insignificante para poner el riesgo los engramas. Además, la complejidad del tejido nervioso permite que los

trastornos y traumatismos leves no afecten de manera inmediata a todo el conjunto de redes. La clave de la complejidad nerviosa ha permitido al encéfalo sobrevivir (Callaghan et al., 2014; Denny et al., 2017).

La complejidad de los engramas ha permitido que se postule una teoría de sistemas neurales que explica lo siguiente: la reminiscencia de recuerdos no depende de un lugar específico donde exista un catálogo de neuronas detonadoras para encontrar el recuerdo, sino que se precisan de otros engramas para llegar al pretendido que alberga la información específica que buscamos; por tanto, se requiere de otros engramas para todos los procesos de indexación, indicación, vinculación y facilitación en la rememoración de recuerdos. Existe otro dato interesante sobre la teoría de los sistemas sobre los engramas, que señala que los recuerdos existentes engendran otros recuerdos de tipo *evento* relacionados, proveyendo así una contribución para la argumentación de que la memoria humana no es sino una construcción inventiva, cambiante y continua conforme la experiencia (Dudai, 2012; Josselyn et al., 2015).

Otro fenómeno de interés es que la múltiple conexión de una subred con otras aumenta la eficiencia y flexibilidad de esta y de sus vecinas con el tiempo, ya que las experiencias que se van viviendo se codifican por poblaciones superpuestas de redes engrama, proveyendo incrementos excitatorios para las redes, lo que promueve un aumento de mayores prestaciones para el aprendizaje. Esto ha sustentado la frase: “*el que más conoce, más posibilidades tiene de aprender*”. Sin embargo, ante la superposición de las redes *¿cómo es posible que cada recuerdo siga conservando su identidad?*, pues si bien aún no se comprenden bien estos procesos, se ha sugerido que depende más bien del tipo de sinapsis, es decir, que las redes a pesar de estar juntas no por ello están revueltas, ya que mantienen conexiones sinápticas discretas que les permiten consolidar el recuerdo aun cuando la red que lo guarda se encuentre estrechamente vinculada en una superposición de vecindarios. Por último, no todas las neuronas componentes de las redes engrama interconectadas son exclusivas para tareas de memoria y aprendizaje, ya que se han identificado que otras neuronas ajenas a las redes interfieren y se activan con los engramas clave en el momento de la asimilación de un recuerdo y durante su evocación futura. Esto quiere decir, que los engramas son solo el principio del cuento mnémico, pues existe todavía un más allá de los subconjuntos dispersos de neuronas activadas durante el momento del aprendizaje (Li et al., 2016; Rao-Ruiz et al., 2018).

#### **4.5 Interrogantes sobre el código del cerebro**

Aún quedan muchas preguntas por resolver en lo referente al estudio de los engramas y sus componentes mnémicos, por ejemplo, *¿cuáles son los principios fisiológicos que rigen*

*el tamaño relativo de un engrama en las regiones del cerebro?, ¿podría el tamaño de una red engrama reflejar aspectos importantes requisitorios para la recuperación de la memoria?, ¿cómo evoluciona un engrama con el tiempo?, ¿de qué otros factores depende esta evolución?, ¿cuál es el tamaño mínimo de un engrama que fuese capaz de soportarse en la memoria a largo plazo?, ¿hasta qué punto el aumento del tamaño del engrama puede dar lugar a memorias más robustas sin pérdida de especificidad de la información?, ¿con qué precisión se codifican las neuronas de los engramas?, ¿cómo se guarda con precisión molecular la información en el cerebro a largo plazo?, ¿cuáles son los códigos que utiliza la memoria para guardar diferentes tipos de información como lo son los datos sensoriales, semánticos, episódicos y espaciales?* Estas son solo algunas preguntas fundamentales que han permanecido durante mucho tiempo en la mente de los investigadores de la memoria, sin embargo, las respuestas a estas interrogantes no han sido totalmente esclarecidas por cuanto han recaído en el escenario molecular químico neural. Los descubrimientos sobre las cadenas de ADN y su código, brindaron un salto enorme para comprender la vida genética y la herencia dando lugar al “boom” de la biología molecular, y en este respecto se ha planteado la pregunta: *¿podría la neurociencia hacer lo mismo, es decir, descubrir el “código del cerebro”?*; la respuesta a esta cuestión no es muy simple como parece (Koch y Marcus, 2014).

*¿Por qué existe tanto interés en descubrir el código del cerebro?*, porque permitiría comprender los procesos cerebrales y emularlos en ordenador con muchos fines, entre ellos, comprender los traumatismos, trastornos, infecciones y desórdenes complejos como la esquizofrenia o la depresión; por otra parte, potenciar el aprendizaje, la memoria y el razonamiento. Desde mucho tiempo atrás ya conocíamos que la tarea de propagación fundamental de la comunicación neuronal era el impulso o potencial de acción, sin embargo, los impulsos significan muchas cosas distintas, y son generados por códigos diferentes. Se ha sugerido que existe una vasta tipología de códigos en un mismo cerebro, dado que éste controla múltiples áreas cognitivas, sensoriales y motoras a la vez, como el control de los músculos, la manipulación de voz y la interpretación de imágenes, sonidos y aromas que nos rodean, por lo que se necesitan diversos códigos para diversas tareas. Todo esto complica un poco más el asunto (Romo, 2014; Sousa, 2014; Purves, 2015).

Los sonidos son unidimensionales y varían a lo largo del tiempo y el espacio, mientras que las imágenes que capta la retina son bidimensionales y tridimensionales. Por otro lado, el olfato depende de información odorífica compuesta por una mezcla de gases, vapores y polvo, conformados por químicos y bacterias, por lo que precisa un mecanismo diferente para identificarlos. Si bien los impulsos eléctricos son un sistema común a todo el cerebro, la codificación a nivel molecular es otro tema. Pongamos un ejemplo: la retina posee intrincadas capas que forran el fondo ocular que transducen los fotones en impulsos eléctricos; en este



sentido, se han identificado por lo menos 60 tipos de neuronas retinianas, cada una con su forma y función; y de todas ellas, solo los axones de aproximadamente 20 tipos de estas neuronas conforman el nervio óptico que se introduce al cerebro en su ruta talámica para pasar de manera preponderante hasta las cortezas visuales en los lóbulos occipitales. Algunas neuronas de la retina se especializan en la detección del brillo, mientras que otras del color, y cada grupo emite sus datos en paralelo más allá del ojo hacia el encéfalo. Para comprender el proceso de la visión ocular, los investigadores deben comprender la tasa de impulsos de cada neurona y su propia identidad, porque si bien todas emiten impulsos, debemos comprender qué tipo de neurona fue quien lo produjo y cuál es su patrón para comprender el significado de dicho. Esto es tan solo en la retina, y se estima que pueden haber más de mil tipos de neuronas en el cerebro humano, cada una con un papel propio (Pizarro, 2003; Rogerson et al., 2014; Yoshii et al., 2017).

Además, todos estos procesos son más bien colectivos con un fin común múltiple, ya que las acciones cognitivas no dependen de una neurona *maestra* sino del conjunto de la red. Se han identificado neuronas especializadas como las *neuronas de lugar* que codifican nuestra situación en el espacio físico, pero también *neuronas de red o grid* que promueven una visión imaginaria y espacial de un entorno para triangular nuestra posición en lugares más grandes, incluso en ambientes oscuros, e incluso se han identificado *neuronas temporales*. Si bien existen neuronas que pueden codificar la información de una imagen como el caso la neurona de Jennifer Aniston o de Halle Berry, también existen redes dispersas y complejas para guardar un simple nombre o dato preciso. Estos asuntos se vuelven complejos, pues la codificación parece depender de múltiples factores, algunos aún desconocidos. Los impulsos eléctricos son necesarios, pero no suficientes para traducir las intenciones del cerebro (Palm, 2013; Banqueri et al., 2017).

Como el cerebro es tan complejo, tampoco ha sido posible lograr un consenso preciso a corto plazo sobre *cómo* estudiarlo, esto se ha convertido en un problema para la comunidad científica y ha provocado reacciones negativas de parte de algunos investigadores hacia programas ambiciosos como el proyecto “*Cerebro Humano*” de la Unión Europea que tiene el objetivo de simular el funcionamiento del cerebro humano utilizando supercomputadoras. Por un lado, se critican estos proyectos esperanzadores porque los métodos de neuroimagen actuales son burdos y ofrecen resultados multimedia con baja resolución, además no se especializan en el estudio de las acciones de neuronas por separado, ni en la función interna de cada una de ellas, dada la vasta complejidad molecular que posee cada una. Por otra parte, la bioética no permite que se utilicen técnicas invasivas que pongan en riesgo la integridad de personas vivas durante los experimentos, aunque los



defensores de la *experimentación humana* continúan afirmando que no se puede seguir investigando el cerebro humano estudiando con cerebros de animales o de insectos; y en parte, tienen razón, pues resulta, que las tecnologías invasivas como los *implantes* cerebrales y los *nanobots* son capaces de monitorear, estimular y registrar *in vivo* con mayor precisión la estructura cerebral, aunque dichas técnicas continúan en etapas *beta* o experimentales. Por lo tanto, sería conveniente conservar la esperanza de que el futuro tecnológico ofrezca herramientas no invasivas que permitan observar el cerebro humano como se pretende, aunque la espera pueda tomar su tiempo. El camino corto más prudente y necesario a seguir por ahora, sería la experimentación no invasiva y específica para ir dilucidando cada uno de los múltiples y vastos componentes de las funciones del sistema nervioso, porque al final del día, el descifrar todos los códigos neurales solo es parte del reto (Markram, 2012; Salinas, 2015; Salinas, 2016).

**Capítulo V**

**El olvido**



El antagonista aparente de la reminiscencia mnémica ha intrigado a los investigadores de la memoria durante mucho tiempo. Entre las interrogantes de los aficionados al tema se continúa escuchando: *¿existe el olvido, o solo existe información que no podemos recuperar?*, *¿por qué olvidamos?*, *¿es el olvido siempre un error de la memoria?*, *¿podría el olvido poner en riesgo la supervivencia humana en un futuro?*, *¿es el olvido un defecto que ridiculiza la memoria?*, *¿por qué no podemos recordar de pronto el nombre de una persona bien conocida?*, *¿por qué de forma seguida se nos pierden las llaves, la cartera o el teléfono celular?* El olvido es inherente a la memoria humana, es decir, entre ambos conforman una *unidad dialéctica*, no puede ser uno sin el otro; además, aunque el olvido parezca antagonista de la memoria es muchas veces más un bien que un mal, porque olvidar también es aprender y muchas veces mejora los procesos neurales, pues elimina la información no vital para el sujeto conforme a su experiencia. Es muy importante olvidar (Caine, 1998; Snowden, 2001; Manzanero, 2010).

Sin embargo, de manera contemporánea, las personas han catalogado al olvido como un defecto mnémico que genera problemas por causar pérdidas de tiempo al buscar cosas y hacer un esfuerzo para recordarlas. Existe un olvido relajado y con el tiempo silencioso, el cual es considerado normal en personas sanas mayores de edad, pues es normal ir perdiendo recuerdos como fenómeno natural después de los treinta años de manera aproximada; de hecho, es una preocupación común entre las personas de edad avanzada. Es precisamente la ansiedad de saber que olvidarán con mayor frecuencia. No obstante, la experiencia acumulada en la memoria accesible y no accesible a la conciencia de las personas mayores posee una vasta cantidad de engramas superpuestos *-muchos semantizados-* que promueven la impresión para la generación de sensaciones que proveen confianza para la toma de mejores decisiones basadas, como se ha visto, en un cúmulo mayor de experiencias. Esto acontece porque es diferente el recuerdo del conocimiento, es decir, si bien, las personas mayores de edad comúnmente poseen más problemas para memorizar información nueva, poseen una experiencia semantizada mayor que les provee un mejor conocimiento para comprender de los recuerdos (Commissaris et al., 1998; Segovia de Arana, 2003; Escobar, 2015).

Toda persona debe conocer que el estudio y la investigación presentan un papel importante para combatir el deterioro de la memoria con el paso de la edad (Córdoba, 2010). Snowden desde 2001, identificó que la esperanza de vida de las monjas era superior a la media de las mujeres no dadas al estudio. Sugirió que el grado de escolaridad y estudio que precisan las monjas durante su vida les favorece vivir en promedio más tiempo; además, el constante reto cognitivo posibilita que se retrasasen enfermedades como el Alzheimer. Incluso se identificaron monjas que, si bien poseían predisposición genética para el Alzheimer, no presentaban la

comorbilidad del trastorno con la misma rapidez y gravedad que otras mujeres no dadas al estudio en la misma situación. Téllez (2003) y Mesones (2012), indican que entre otras recomendaciones para recordar mejor se encuentran: controlar la presión arterial, la glucosa, el colesterol, los niveles de ansiedad con estrategias de relajación, el ejercicio físico, la interacción social, y lo más importante como se ha señalado: el *desafío intelectual*. La jubilación laboral ociosa y los estados de holgazanería mental son muy perniciosos para la memoria.

### **5.1 Datos episódicos: blanco fácil del olvido**

Desde 1895, Ebbinghaus ya había observado y publicado lo rápido que la memoria se deshacía de los detalles episódicos no relevantes para el sujeto. Montealegre (2003), señala que los estudios a partir de Ebbinghaus (1895) sobre el tema del olvido identificaron procesos de semantización natural para olvidar elementos episódicos específicos de los eventos recordados dando paso a la conservación superpuesta de la esencia de las memorias. Sin embargo, Howe et al., (2016) y Vallet et al. (2017), indican que cuando las emociones son intensas y el evento es trascendente, surgen las memorias “*flashbulb*” que son capturas instantáneas detalladas y vívidas del momento sobre las circunstancias en las que se escuchó o vivió una noticia sorprendente e excitante; por ejemplo, muchos recordaremos dónde y qué estábamos haciendo cuando sucedió el asesinato del expresidente Kennedy o la tragedia de las torres gemelas en la ciudad de Nueva York; sin embargo, la impresión de estos recuerdos fuertemente afianzados, precisa de una buena comprensión para evaluar y reflexionar sobre las consecuencias del fenómeno para que el factor emocional detone y se guarde el recuerdo *flashbulb*; es por esto, que muchos niños y adolescentes que presenciaron las noticias en ese tiempo, no fueron capaces de retener con detalle estos recuerdos. Otras circunstancias que promueven la aparición de memorias *flashbulb* son los eventos con alta tensión emocional como accidentes y eventos sentimentales, significativos, como divorcios, bodas nupciales, hasta eventos específicos de índole sexual.

Olvidamos la información episódica que dejamos de usar y recordar a voluntad; además, la semantización mnémica también genera olvido por lo que se recomienda pensar y hablar sobre las experiencias y conocimientos que tenemos como estrategia para retenerlos. Es por este motivo, que se dice que el que mejor aprende en la Escuela es el *maestro*, pues siempre se encuentra exponiendo y reflexionando sobre conocimientos complejos y específicos frente a grupo. Al olvido por semantización también se le ha conocido como *transitoriedad*, ya que las personas pueden recordar con detalles un día normal de trabajo, sin embargo, con el paso de los días, se vuelven descripciones genéricas de lo que sucede de manera habitual (Schacter, 2003; Gómez, 2007).

## 5.2 Distracción y olvido

Otro tipo de olvido propuesto se ha conocido como *distractibilidad*, causada por la falta de atención que implica una ruptura entre la atención y la memoria; es decir, que no se alcanza a almacenar información por distracción. Entre las consecuencias más comunes de la distracción se encuentran: perder las llaves, el teléfono móvil, la cartera, el bolígrafo, alguna carpeta con documentos, olvidar una cita, entre otros. La etiología más frecuente de la distractibilidad se debe a cuestiones de ansiedad y preocupación que nos distraen afectando la codificación mnémica, e incluso también interviene la concentración focalizada que deja absorto al sujeto, así como la somnolencia, la desnutrición y la depresión, entre algunos otros trastornos nerviosos. El estrés crónico, por ejemplo, además de afectar otras áreas de la salud, es un importante enemigo de la memoria, pero no por el hecho de que la atrofie de manera literal, sino genera que el encéfalo consuma más recursos para prestar atención que en situaciones normales (Schacter, 2003; García y Migueles, 2005; Schacter et al., 2015).

Por otro lado, muchas personas acostumbran a dejar su rutina diaria en manos del “*piloto automático*” es decir, que se suelen alistar y manejar hacia el trabajo *-por ejemplo-*, porque están tan familiarizados con el trayecto y la rutina, que prestan poca consciencia a su contexto diario, dejando los hábitos motores en manos de la consolidación procedimental hasta cierto punto. La amnesia del procedimiento automático si bien resguarda recursos neurales, también puede traernos problemas crónicos de olvido, por ejemplo, la generación de hábitos de distractibilidad. Debemos tener en cuenta las grandes limitaciones de la memoria de trabajo para enfrentarnos a escenarios donde se fuerce la división de la atención; lo que propicia la reiteración de una recomendación bien conocida: *debemos tomarnos el tiempo para prestar atención*. Otro factor conocido que impacta en el olvido por distractibilidad es la *ceguera al cambio*. Este fenómeno sucede por la confianza exagerada en nuestra habilidad para detectar los cambios visuales, y es por esto, que solemos caer en los trucos de los ilusionistas. El optimismo inconsciente causado por la tendencia al bajo consumo de recursos neurales provoca en el encéfalo que la percepción se altere suponiendo la información del contexto a la cual no prestamos atención (Jelin, 2001; Schacter, 2003; Wang, 2009).

Memorizar no sólo se centra en el pasado, sino también en el futuro. Los psicólogos le conocen a esto como *memoria prospectiva*, que consiste en recordar lo que hay que hacer. Las bases neurales para la planificación de acciones susceptibles de recordar son muy similares a cuando se genera un recuerdo común de un suceso pasado. Generalmente la memoria prospectiva se encuentra basada en rememorar sucesos y tiempos; por ejemplo, acordarse de en cuanto ver a “*Arturo*” pasarle una

nota o recado de otra persona, o sacar en veinte minutos las galletas del horno. En numerosas ocasiones, el papel de la distractibilidad afecta a la memoria prospectiva ya que no se alcanza a afianzar el recuerdo del quehacer futuro y se termina asociando a algo más conforme a las experiencias pasadas, por ejemplo, que al ver a “Arturo” se desencadenen otros recuerdos vinculados. La memoria perceptiva es una de las más afectadas por los efectos del envejecimiento, por lo que se recomienda la elaboración de pistas y ayuda externa para aumentar las posibilidades de que los recuerdos por hacer no se pierdan (Diez, 2009; Cottini et al., 2018).

### **5.3 Bloqueos y asociaciones incorrectas**

Otro tipo de olvido es conocido como “*bloqueo*”, que sucede cuando el cerebro intenta recuperar o codificar información, pero de manera general, otro recuerdo se interfiere o simplemente no es posible recuperarlo a pesar de que se encuentre “*en la punta de la lengua*”. Esta expresión se ha correlacionado con la inconfundible imprecisión y sensación simultánea de parecer que sabemos muchas cosas sobre la palabra que no llega a la conciencia para expresarla. El bloqueo es por tanto una inaccesibilidad temporal de información almacenada, que suele por lo general recuperarse tiempo más tarde. El bloqueo durante la recuperación de nombres propios conocidos es un olvido común entre las personas y se acentúa en la edad avanzada. Se ha sugerido que el bloqueo se debe a una incorrecta asociación consolidada de los objetos de significado almacenados, y es que sucede que una gran parte de los nombres propios en la era moderna no nos dicen mucho acerca del mundo para lograr una asociación directa, es decir, los nombres propios de las personas tienen poco que ver con una correlación directa con el mundo ya que no se encuentran bien integrados con asociaciones a conocimientos o conceptos afines, por lo tanto, es muy susceptible que los nombres propios que recién se codifican, lo hagan con pocas y débiles asociaciones conceptuales. Si usted, por ejemplo, desea recordar mi nombre -Daniel Cantú- cuando me vea, puede imaginarse asociando mi nombre al personaje de “*Daniel San cantando*”, para aumentar las posibilidades de recordarlo en el futuro (Montealegre, 2003; Schacter, 2003; Jáuregui y Razumiejczyk, 2011; Schacter et al., 2015).

Es evidente que cada persona puede hacer asociaciones diferentes conforme a su experiencia para enlazar nombres propios o conceptos difíciles, sin embargo, esta técnica es limitada, ya que pretender vincular y memorizar una multitud de asociaciones es agobiante y difícil a largo plazo. Por otra parte, los nombres propios no son los únicos asaltados por el bloqueo, sino también otras palabras y conceptos que, aunque se encuentren bien relacionados muchas veces pueden estar incorrectos dando lugar al efecto de bloqueo. En numerosas ocasiones la codificación incorrecta

de una palabra o concepto que propicia el bloqueo se genere por principios de ambigüedad fonológica y a una poca comprensión sintáctica y gramatical. Se han propuesto dos tipos generales de bloqueo por interferencia de información: el proactivo y retroactivo. El primero tiene lugar cuando la información aprendida dificulta la retención de la información nueva, inhabilitando muchas opciones de correlación, por tanto, el recuerdo de algo se deteriora por la exposición previa a otra información. El retroactivo se genera cuando la información nueva dificulta la retención de la información que ya se había aprendido con anterioridad, es decir, el recuerdo de algo se deteriora por la exposición posterior a otra información (Behn et al., 1993; Schacter, 2003; Charidimou, 2015).

Otro tipo de olvido se ha conocido como *atribución mnémica incorrecta*, consistente de una recolección correcta de información junto con una recolección incorrecta de la fuente de dicha información, es decir, se genera a partir de recordar la idea de un concepto, pero recordando la fuente incorrecta. Para ilustrar este tipo de olvido, podemos colocar un ejemplo: una testigo de asesinato acudió a la policía para denunciar este delito. Como la mujer recordaba con lujo de detalles el rostro del sospechoso, la policía con rapidez rastreó y localizó al ciudadano que ella describía y lo aprehendió. Al verlo, la mujer aseguró que verdaderamente se trataba de él, y se fueron a juicio; sin embargo, el acusado comprobó que durante el día que ocurrió el homicidio, él estuvo en una entrevista por televisión en vivo y de manera casual ella vio el programa justo antes de salir de casa y presenciar el evento trágico. Sucedió que la mujer atribuyó de manera incorrecta los detalles faciales del sujeto acusado con el delincuente. Si bien este es un ejemplo extremo de atribución errónea, la idea de este tipo de olvido es muy común durante la asimilación de los detalles que se guardan en la memoria (Venables et al., 1988; Schacter, 2003; Moritz et al., 2009; Schacter et al., 2015).

Vamos a colocar a continuación una prueba simple sobre el tipo de olvido de atribución errónea para que usted haga la prueba con otra persona. Debe leerle las siguientes palabras al receptor pidiéndole que haga un esfuerzo por recordarlas: *miel, caramelo, ácido, agradable, duro, azúcar, amargo, sabor, diente, refresco, bueno, chocolate, duro, pastel, comer y pastel*. Ahora, pregunte al receptor si la palabra “*sabor*” estuvo entre las palabras a recordar. Ahora pregunte, si la palabra “*punto*” estuvo entre la lista. Luego pregunte si la palabra “*dulce*” figuró en la lista. Con mucha probabilidad dirá que la palabra “*punto*” no estaba, pero sí la palabra “*sabor*” y “*dulce*”. Esta última no se encuentra entre las palabras, pero es muy probable que el receptor asegure haberla escuchado pues tiene mucho que ver con el contexto de las palabras que estaban relacionadas con lo dulce, ya que con altas probabilidades se encuentra en su campo semántico. Este tipo de error se correlaciona con el olvido de la



atribución errónea. En condiciones normales, gran parte de la etiología de la atribución mnémica incorrecta se debe a principios de distractibilidad y una mal asociación que termina por generar errores de ligamento entre los componentes de un recuerdo. Estos defectos de ligamento se deben con mucha frecuencia a las confusiones de memoria referentes a los hechos que experimentamos y a otros que solo pensamos e imaginamos; por ejemplo, alguna vez ha pasado, que usted piensa salir, no antes de cerrar bien la puerta trasera de su casa, y cuando se sube al coche o ya van conduciendo en el camino, se siente alarmado al pensar: *¿realmente cerré la puerta o solo imaginé que la cerraba?* (Schacter, 2003; Sigman, 2015; Schacter et al., 2015; Rossi-Arnaud et al., 2018).

#### **5.4 Olvido, sugestión y modificación mnémica**

Existe un tipo de interferencia mnémica que también provoca la distorsión de la memoria. Se le conoce como *sugestibilidad* y se refiere al hecho de cuando de manera voluntaria o involuntaria alguien o algo manipula nuestros recuerdos; por ejemplo, cuando por medio de preguntas hechas por personas más o menos hábiles, generan posibilidades de hacernos llegar a codificar determinada información como vivencias no ocurridas pero consideradas verdaderas. La policía suele utilizar de manera frecuente la sugestibilidad durante los interrogatorios para promover que los sospechosos declaren recuerdos como verdaderos *-aunque también suelen tener conocimiento sobre la toma de decisiones para hacer declarar a los testigos; de otra manera, se dificultaría el cierre de los casos por el alto nivel de transformación mnémica-*. Esto sucede, como ya se ha comentado, porque las personas no ven ni viven conforme a lo que visualizan, sino conforme a lo que saben. La sugestibilidad se encuentra muy relacionada con la atribución incorrecta de información, en el sentido de que los datos percibidos de origen se transforman por fuerzas externas que incorporan información que no se recordaba bien o que fue percibida de manera ambigua. Estos fenómenos también se han explicado desde el punto de vista sociológico, ya que existe un efecto desde la infancia a tender a confiar en determinadas personas mayores o que poseen cierto nivel jerárquico social o autoridad en una institución. Este escenario, propicia que la verdad percibida se mezcle entre los comentarios, dando como resultado que algunas perspectivas sobre lo acontecido prosperen sobre otras, modificando las creencias de unos sobre otros (Commissaris et al., 1994; Schacter, 2003; Gold y Korol, 2014).

Se ha identificado otro tipo de olvido *-más bien modificación mnémica-* por interferencia conocido como *sesgo retrospectivo*, el cual tiene lugar *-con similitud con la sugestibilidad-* cuando se provoca una distorsión del recuerdo al verse este influenciado y afectado por emociones y EDA específicos al momento al recuperar la información;

es decir, los recuerdos se modifican con la experiencia emocional afectando lo que creemos que sucedió en el pasado. El sesgo retrospectivo generalmente provoca que las creencias sobre nuestro pasado sean reconstruidas para hacerlas de manera consciente parecidas al presente *-aunque también sucede que las vuelve distintas, dependiendo de la experiencia del sujeto-*. Este fenómeno acontece porque los recuerdos de episodios pasados son filtrados por el conocimiento adquirido día a día que permite al sujeto razonar en el presente. La ciencia politológica pareciera que conoce bien estos principios, ya que los ciudadanos suelen asociar sus posiciones políticas pasadas, como si éstas fueran semejantes a las presentes. Se ha sugerido, que el cambio de perspectivas para relacionar las ideas y actitudes pasadas con las presentes, genera una estabilidad emocional en el sujeto para sentirse seguro al percibir de manera general, que ha tomado buenas decisiones y realizado acciones relativamente adecuadas durante su vida pasada, proveyendo así un escenario con lábiles alertas que genera un bajo consumo de recursos neurales (Hess y Blanchard-Fields, 1999; Schacter, 2003; Vance et al., 2013).

Otro ejemplo común del efecto del *sesgo retrospectivo*, es la tendencia de los sujetos por exagerar los cambios cuando existe un notable y efectivo esfuerzo por lograrlos; por ejemplo, cuando las personas dedican tiempo y energía en un programa de dieta y ejercicio para adelgazar, su percepción propia del cambio suele exagerar en cierta medida, o cuando los estudiantes comienzan un curso con dedicación focal que les demanda mucho esfuerzo, al terminarlo, suele declarar que el nivel inicial previo al curso era por mucho inferior al actual. Otro ejemplo sería la creencia de un gran porcentaje de mujeres que considera que durante su periodo menstrual tienden más a la depresión y a la irritabilidad. Si bien los estudios al respecto han identificado que durante la menstruación aparecen síntomas como la cefalea, dolor abdominal o de espalda, lo que provocan EDA negativos que respaldan la creencia, se ha encontrado que las mujeres que atraviesan el periodo perciben que los estados emocionales intermenstruales son más positivos que durante la regla, generando así una tendencia a exagerar los malhumores cuando ya se ha terminado el periodo. Otro ejemplo de los efectos del sesgo retrospectivo puede ser cuando después de un tiempo, algún miembro de la pareja cambia de sentimientos en una relación, y declara después, que siempre había sentido lo mismo (Schacter et al., 2015; Manzanero, 2010; Vallet et al., 2017).

La modificación mnémica durante el paso de tiempo conforma una medida para disminuir la sensación de pensamientos y concepciones contrapuestas para mejorar la estabilidad emocional y conservar recursos. Desgraciadamente, no todas las personas conforme su experiencia perciben que el proceso de transformación mnémica les da resultados, y en muchas ocasiones, optan por las adicciones, como

el alcohol y tabaco entre otras sustancias, que les generan una relajación mediante la segregación de neurotransmisores inhibidores que les provoca una reducción de la disonancia cognitiva. Si bien no somos seres enteramente racionales, sino seres emocionales que razonan; el ser humano es muy hábil en justificar con el razonamiento su acción emocional, aunque que esté consciente que ha sufrido cambios de perspectiva emocional y cognitiva que pueden generar contradicción con el tiempo (Pestell, 2001; Palmer et al., 2012).

Hemos observado, que la modificación mnémica reconstruye nuestro pasado desde lo episódico hasta lo emocional almacenado, lo cual es interesante, sin embargo, causa una mayor intriga el hecho de que los recuerdos modificados se vuelvan tan reales y verdaderos para nosotros que inclusive en algunas veces consideramos que nuestra percepción del mundo siempre es la correcta y la única válida. Se ha sugerido que esta propensión egocéntrica denota un claro arraigo de un esquema infantil consolidado en nuestra forma de percibir y comportarnos con el mundo. El egocentrismo perceptivo en la adultez se ha considerado como un buen escenario para el aprendizaje, ya que la estructura cognoscitiva de los conocimientos, actitudes y habilidades del “yo” se encuentran en engramas muy interconectados entre sí. Los pedagogos que conocen este tema suelen usar de piso el “yo” para estimular asociaciones entre los alumnos para aprender (Sjaak, 1995; Aumann et al., 1997; Rashid et al., 2017; Rossi-Arnaud et al., 2018).

Es necesario distinguir entre *olvido* y *amnesia*, ya que los tipos de olvidos identificados, se ubican como procesos de los efectos connaturales en personas consideradas sanas. La amnesia por otra parte, es un olvido asociado por lo general a enfermedades, traumatismos, trastornos y patologías relacionadas con el sistema nervioso; e incluso, por agentes exógenos como drogas, alcohol entre otras sustancias químicas. *¿Cómo se las arregla entonces la gente para seguir con su vida, si conocemos todos estos procesos sobre la memoria y el olvido?*; esta pregunta es interesante respecto a cuánto confiamos en nuestra memoria para los detalles concretos y las circunstancias sobre las cuales suceden las experiencias de la vida. A fin de cuentas, la memoria cumple su propósito en cuanto al resguardo de la esencia y significado de las cosas, aunque no es fiable a la hora de conservar todos los detalles concretos. La memoria no solo cumple la función de almacenar el pasado, sino que es crucial para imaginar el futuro, y planificarlo a través de la toma de decisiones para el inmediato, corto, mediano y largo plazo. La memoria sirve para vivir, aunque los defensores de la inteligencia artificial señalen de defectuoso nuestro sistema nervioso y mnémico (Martínez, 1994; Álvarez, 2012; Orozco, 2017; Fallon et al., 2019).

## Reflexiones finales

Se ofrecen al lector algunas premisas esenciales para acercarlo a un escenario de reflexión sobre la comprensión del proceso mnémico humano. Seguidamente, se elabora y contesta una pregunta impostergable sobre el tema educativo *-¿qué es el aprendizaje desde el punto de vista mnémico?-* con base en la revisión de los puntos comentados a lo largo del libro. Se concluye con un desglose de diecisiete estrategias clave para memorizar mejor.

La memoria humana depende del aspecto posmitótico neuronal, ya que dichas células deben retener por mucho tiempo los recuerdos consolidados. La neurogénesis además de cumplir funciones de compensación neural ante traumatismos y trastornos nerviosos funge como mediadora para la sustitución de neuronas en el proceso de almacenaje de recuerdos. El traspaso de memorias o información entre neuronas a otras se da mediante la transferencia sináptica de ARN y micro ARN entre neuronas vecinas con una distribución de contenido entre barrios sinápticos fluidos, sin embargo, en la etapa de consolidación esta distribución se encuentra sujeta a inhibidores de la síntesis proteica, por lo que la relevancia de la información conforma una clave fundamental del recuerdo (Gould et al., 1999; Zhao et al., 2003; Ripoli, 2017; Miyashita et al., 2018; Ozawa y Johansen, 2018).

Las emociones favorecen la codificación de la imagería visual mnémica y el rescate de la información; por tanto rigen tendencias automáticas conductuales y en ocasiones los picos emocionales secuestran el comportamiento de manera automática. La memoria humana no solo depende del resguardo de datos, sino que pende primeramente de la percepción que existe para ver las cosas importantes para el sujeto y para la supervivencia de él, por ello la memoria humana guarda aquello emocionante, destacable o útil y constantemente percibido por el sujeto, y cuando esto pasa, los sistemas de recompensa promueven la segregación de neurotransmisores relajantes que generan sentimientos y experiencias satisfactorias en el sujeto. Las emociones, los EDA y los sentimientos derivados de la experiencia también impactan en la percepción del mundo; ya que observamos conforme nos sentimos. En ocasiones las emociones y los EDA sobrepasan los umbrales típicos y secuestran recursos cerebrales alterando de manera significativa la percepción del mundo. El cerebro genera hipótesis sobre el mundo con los recuerdos que ya tenemos que a su vez, guían y manipulan la información sensorial que entra para crear una realidad particular. Las personas muy sensibles a las emociones son más proclives a tener una mejor memoria, no obstante, esto no significa que suelen grabar con exactitud la realidad, ya que su percepción de mundo a menudo se altera con significancia, pues el tinte emocional es muy alto (Aber et al., 1999;

Davidson et al., 2000; Damasio, 2000; Fischer et al., 2002; Matlin, 2005; Siegel, 2007; Goleman, 2012; LeDoux, 2012; Bear et al., 2016; Kyriazi et al., 2018; Asok et al., 2018).

Solemos recordar mejor la información a la que estamos más expuestos con mayor cotidianidad, además, podemos recordar con mayor precisión cuando tenemos un EDA al almacenar un recuerdo y este EDA concuerda o sucede cuando se recupera. Por otro lado, el cerebro inconsciente tiende a recuperar mejor la información positiva. La información emocional asignada sobre los recuerdos es la primera en modificarse con el tiempo. Los datos emocionales suelen cambiar en cuestión de horas o días (Salovey y Mayer, 1990; Damasio, 2006; Kindt et al., 2009; Frederickson, 2009; Schiller et al., 2010; Goleman, 2012). Lo que realmente recordamos no es, sino el último recuerdo, es decir lo último que reconsolidamos que puede discrepar del evento original aprendido (Alberini, 2005; Hupbach et al., 2007; Monfils et al., 2009). La percepción es un primer filtro de un proceso mnémico de transformación de la información, por lo que vendría a ser un producto creativo modificado (Matlin, 2005).

En la actualidad se ha observado mediante técnicas de optogenética que los recuerdos recién codificados no se forman solo en el hipocampo, sino que se elabora una segunda copia de manera casi inmediata en el córtex; y aunque esta segunda copia parece estar silente al inicio, va presentando activación de manera progresiva mientras madura el recuerdo con la consolidación a través del transcurso de los días o semanas; sin embargo, los engramas del córtex en el proceso de maduración se fortalecen, vuelven más grandes y su reconstrucción futura dependerá del recuerdo ya modificado. Las redes engrama, a pesar de estar superpuestas, se diferencian unas de otras mediante enlaces y vínculos discretos para conservar la identidad de los recuerdos. Estas redes compiten por recursos para seguirse consolidando, por tanto, las palabras, los conceptos entre otros objetos de significado que con mayor frecuencia utilizamos, son las que están más disponibles para la conciencia. Cuando un recuerdo se evoca, la irradiación sináptica en la red engrama puede ir hacia adelante como atrás. Este fenómeno excitatorio bidireccional permitiría a la memoria episódica regresar de manera abstracta en el tiempo y en el espacio, apoyando al razonamiento tanto para la planificación consciente como para la recapitulación de lo almacenado (Liu et al., 2012; Menzel, 2013; Cai et al., 2016; Kim y Kaang, 2017; Kitamura et al., 2017; Tonegawa, 2017; Sehgal et al., 2018; Barry y Maguire, 2018; Rao-Ruiz et al., 2018).

Cuando la corteza detecta un elemento de significado, recupera información relevante, conforma la experiencia relacionada con los elementos de la información sensorial que percibe, y entre más sepamos y conozcamos, más

información vinculada tendremos para darle sentido al mundo, y más podremos ver de los objetos de significado, comprenderlos y aprender más de ellos. Sin embargo, no toda la información está disponible para la consciencia, es decir, no es posible acceder a ella, pues el foco atencional es como la punta de un iceberg, pues casi toda la actividad mental es inconsciente; es como una pequeña lámpara que busca información relacionada en un extenso océano de redes interconectadas (Conway, 1990; Nobre y Coull, 2010; Marbles y Sundem, 2015; Karanian y Slotnick, 2017; Quian, 2018; Akan et al., 2018).

La definición de un cerebro sano sigue siendo imprecisa, pues cada uno es único y no perfecto desde su desarrollo, además lo pueden impactar directamente factores externos como la contaminación, traumatismos, deficiencia en la alimentación, ambientes aversivos, y también factores endógenos como trastornos hormonales, pequeños accidentes cerebrovasculares mutaciones hasta neoplasias, inclusive cuestiones epigenéticas que involucran la desregularización de funciones neurales y predisposiciones génicas para el desarrollo de trastornos encefálicos fenotípicos y moleculares. Todos estos aspectos intervienen de manera directa en el proceso de la memoria (Young y Young, 2001; Afifi y Bergman, 2006; Crossman y Neary, 2007; Waxman, 2011; D'agostino, 2017).

A continuación, vamos a responder a una pregunta clásica con base en la reflexión de los puntos y temas vistos a lo largo de esta obra: *¿qué es el aprendizaje desde el punto de vista mnémico?* El aprendizaje es un cambio neural constante que parte del reacomodo y ajuste de las redes engrama y subpoblaciones conforme la percepción y la consolidación y reconsolidación de la información contenida en las redes y somas de las neuronas que las componen. El aprendizaje desde el punto de vista mnémico, es un cambio morfológico a nivel sináptico entre las redes neuronales conectadas que propician la potenciación, adición, inhibición o eliminación de espinas dendríticas dentro de las redes engrama; es por esto que el olvido también es aprendizaje, ya que eficientiza los procesos neurales, suprimiendo la información no vital para el sujeto conforme a su experiencia (Kandel et al., 2001; Schacter, 2007; Quian et al., 2008; Logatt y Castro, 2011; Matute, 2012; Iriarte y Artieda, 2013; Nobre, 2017; Quian, 2018; Luna et al., 2018).

Las redes interconectadas cambian su forma conforme vamos aprendiendo cada vez y a través del tiempo. La consolidación mnémica es un proceso que no sólo engrandece engramas, sino también elimina componentes que ya no poseen trascendencia con la información nueva que se va agregando y consolidando. La multiplicidad conectiva de una subred con otras aumenta su eficiencia y flexibilidad, así como la de sus vecinas, ya que las experiencias que se van viviendo se codifican por poblaciones superpuestas de redes engrama provyendo incrementos

excitatorios para las redes, lo que promueve un aumento de mayores prestaciones para el aprendizaje. Sin embargo y a pesar de la superposición y mezcla de redes, los recuerdos y los objetos de significado que aprendemos continúan conservando su identidad, ya que mantienen conexiones sinápticas discretas que les permiten consolidar el recuerdo aun cuando la red que lo guarda se encuentre estrechamente vinculada en una superposición de vecindarios. Estos fenómenos posibilitan que las personas que más conocen poseen más posibilidades de aprender (Brady et al., 2008; Liu et al., 2012; Li et al., 2016; Yokose et al., 2017; Asok et al., 2018; Cheikhi et al., 2018).

El *reaprendizaje* no implica necesariamente la generación de nuevas espinas dendríticas dentro de la red, ya que muchas veces los somas de las neuronas de la subpoblación solo modifican su información interna para aprovechar el espacio reducido y compacto dentro de la bóveda craneal. Si bien el cambio existe, no es tan notorio desde el punto de vista fenotípico sino intraneuronal. El incremento de la red se da cuando la información nueva es relevante y amerita que se creen nuevas conexiones. Las subpoblaciones además de estar compuestas por distintos tipos de neuronas se encuentran reforzadas en toda la corteza y superpuestas por otros vecindarios distintos uniendo redes aún mayores. Una vez establecido un aprendizaje, cada vez se precisa una menor cantidad de neurotransmisor excitativo para reconsolidar o modificar la memoria (Taubenfeld et al., 2001; Romo, 2014; Sousa, 2014; Purves, 2015; Byrne, 2017; Parsons, 2017; Kim y Kaang, 2017; Kitamura et al., 2017; Barry y Maguire, 2018; Crestani et al., 2018; Rao-Ruiz et al., 2018).

A continuación se presentan **diecisiete estrategias** y principios básicos para memorizar *-asociación de datos en entornos visuales bien consolidados, memorización mecánica, asociación emocional intencional, las siglas con sentido sintáctico, la técnica de la historia inventada, la enseñanza de lo aprendido, el aprovechamiento de las bondades de los demás sentidos especiales, como el tacto, la audición y el olfato, la generación de pistas y notas, la técnica de estudiar lo que le interesa, la elección del mejor momento del día para memorizar, la relajación y el sueño, el uso de material didáctico, la utilización de rimas, el aprovechamiento de los efectos primacía y reciente, la elaboración de preguntas y el método PQAR-*. Estas técnicas aprovechan las bondades de la materia prima mnémica, como las imágenes, otras priorizan en la exposición iterada a determinada información e incluso la agrupación para lograr fines de vinculación para recuperar el recuerdo. Controlar la presión arterial, la glucosa, el colesterol, los niveles de ansiedad, incrementar el ejercicio físico, la interacción social, y el desafío intelectual, son recomendaciones básicas para abordar acciones sobre las estrategias mnémicas que se describen a continuación (Télez, 2003; Mesones, 2012).



Una primera estrategia para recordar mejor información episódica específica es la **asociación de datos en entornos visuales bien consolidados**. Esta técnica es efectiva, por ejemplo, cuando se requiere aprender una serie de palabras sin sentido de secuencia. Supongamos que usted pretende memorizar estas palabras en orden: *lentes, escoba, candado, luna, escalera, salsa picante, árbol y pintura*. Para esta estrategia se requiere que usted recuerde un pasillo o calle muy bien de manera que no precise recordar las casas o los detalles del camino o trayecto. Generalmente, las personas utilizan el recuerdo de las casas de la calle de su cuadra o *manzana* donde vivieron de pequeños porque fueron bien consolidadas. Entonces, se empiezan a asociar las palabras en su orden con el orden de las casas. Vamos a utilizar un ejemplo del propio autor de esta obra: *recuerda que la casa donde vivió de pequeño era la séptima de la cuadra, así que empieza a asociar las palabras por la primera casa hasta que se termine, es decir, en la primera casa de la esquina que es de “don Leandro”, se imagina a Leandro con unos enormes “lentes” negros. En la segunda cuyo propietario era “don Chilo” se imagina a Chilo barriendo con una “escoba” grande la banqueta de su casa. En la tercera que pertenece a Imelda, se imagina la casa cerrada con un gran “candado” gris brillante que sujeta una cadena; en la siguiente casa donde vivía Iván, hay una enorme “luna” con cráteres que descendió del cielo y por tanto brilla mucho, cubriendo la superficie de la parte de enfrente del solar. En la quinta casa que está sola pues nadie nunca vivió ahí de manera establecida, hay una escalera recargada en la pared para reparar el techo. En la sexta casa de “Berna” hay un enorme molcajete de “salsa picante” justo en la banqueta enfrente de su casa, que por algún motivo alguien dejó allí. En la séptima casa en la cual vivimos, hay un árbol grande y verde que da sombra hasta media calle, y en la octava casa que es de “Juana”, están pintando la casa de un azul metálico brillante. Solo basta con repetir unas pocas veces la secuencia asociativa de las cosas, para recordar en orden cada palabra recordando los objetos situados en cada sitio (Lipina y Sigman, 2011; Sigman, 2015).*

De manera coloquial, el concepto **memorización** entre el magisterio ha sido utilizado como un término para referirse al hecho de retener objetos de significado por los alumnos repitiendo acciones para lograrlo, por ejemplo, iterando la pronunciación de una palabra con su definición, una lista de cosas, las tablas de multiplicar, el dictado con las observaciones que dejó el profesor de tarea e incluso otros datos precisos que pueden venir en los exámenes. Esta “memorización mecánica” ha sido despreciada por los modelos educativos actuales, evidenciando un carente conocimiento del sistema mnémico humano para retener información, *¿qué quiere decir esto?*, que la retención mnémica con iteración es propicia para la memoria, ya que se recuerda mejor aquella información a la cual se está más expuesto. *¿Por qué mejor no optar por otro medio y seguir despreciando la memorización mecánica?*, porque el cerebro razona con base en lo que sabe, y lo que sabe son sus recuerdos del



mundo, por tanto, entre mayor materia para el razonamiento halla, más contenido se tendrá a la mano para enfrentar temas reflexivos sobre lo que se sabe en clase. Entonces, *¿esto quiere decir que debemos memorizarlo todo de forma mecánica?*; no, solo aquel tipo de información vital y esencial que se precisa retener con especificidad puntual (Damasio, 2006; LeDoux, 2012; Poo et al., 2016; Ripoli, 2017; Miyashita et al., 2018; Ozawa y Johansen, 2018).

La **asociación emocional intencional** es otra técnica para memorizar, y se refiere al acto de vincular valores morales y emociones pico a objetos y cosas del mundo que no tengan vida o sean abstractos. Es preciso acotar que esta estrategia se facilita para personas que sean muy sensibles a las emociones y tomen un papel no fingido para establecer las asociaciones pero también posean un sentido consciente y reflexivo sobre la técnica; por ejemplo, el alumno que desee recordar los símbolos químicos de algunos elementos de la tabla periódica puede imaginarlos y asociarlos de la siguiente manera: *“el hierro -Fe- es el elemento que más gordo me cae, es fastidioso y lo odio”*. *“El cobre -Cu- es el que más envidioso de todos los elementos, siempre quiere tener las propiedades de los demás, me cae mal”*. *“El yodo -I- es el más sensible de todos, es muy llorón, no aguanta nada, por todo se entristece y le tengo lastima”*. Para recordar un poco mejor los humores comentados, se puede imaginar que se encuentra por la calle a los elementos caminando y de pronto se esconde del cobre que lo mira con envidia porque no puede ser como usted. También imagine que tuvo una reunión ayer con el hierro que hizo comentarios para nada agradables confirmando lo gordo que le cae. Estos son solo algunos ejemplos que el alumno puede mejorar para asociar emociones a los objetos de significado, aprovechando el mismo trayecto que utiliza el cerebro para memorizar. Como se ha comentado, el **egocentrismo** perceptivo en la adultez se ha considerado como un buen escenario para la interiorización del aprendizaje, ya que la estructura cognoscitiva de los conocimientos, actitudes y habilidades del “yo” se encuentran en engramas muy interconectados entre sí (McKay et al., 2013; Kim y Kaang, 2017; Kitamura et al., 2017; Rashid et al., 2018).

Otra técnica mnémica son las clásicas **siglas con sentido sintáctico**, y precisan tenerlo, pues son la esencia de la estrategia. El clásico truco se utiliza a menudo para memorizar varias secuencias conceptuales difíciles de retener, por ejemplo, si se requiere aprenderse en orden las siguientes capas: *epidermis, dermis, hipodermis, aponeurosis, periostio, hueso, duramadre, aracnoides y piamadre*; que son las capas que cubren desde fuera hasta el cerebro; se puede utilizar la siguiente sigla: **“EDHIAPHUDAPP”** con su pronunciación: *“ediapudapi”*. Si bien de pronto, la sigla parezca enorme y sin sentido, la iteración de las palabras con la asociación a la sigla bastará para que el razonamiento haga su parte a partir de la pista mnémica; es decir, la técnica apoya la conexión de los engramas para encontrar lo estudiado.

Se recomienda anotar a mano estas pistas en una libreta u hoja de estudio (Matlin, 2005; López et al., 2013).

Otra estrategia que utilizan los estudiantes es la **historia inventada**. En ella se entrelazan los conceptos a aprender en el cuento, a fin de generar una historia divertida y/o apasionada para asociar objetos de significado. El detalle con esta técnica es que no prioriza en el establecimiento de un orden secuencial por un motivo mnémico fundamental: el cerebro tiende a guardar de primera mano la esencia del “cuento” más que su orden cronológico de lo hechos, lo que impacta en el recuerdo de las cosas tales y como se formularon; es decir, el alumno recordará los conceptos con la historia, pero puede que olvide la secuencia precisa de su orden de aparición. Claro que esto puede solucionarse con el repaso constante de la historia, aunque se precisará de un mayor tiempo (López et al., 2013; Brady et al., 2008; Rolls et al., 2010).

Otra técnica es **platicar** o enseñar lo aprendido. Ya hemos puesto el ejemplo, que el que mayor aprende en clase es el profesor, ya que debe manejar la información para bien ser explicada a sus alumnos y comprender con un grado de profundidad los temas para enfrentar las dudas que se susciten. La eferencia al expresar información comprende mecanismos que no se encuentran meramente presentes en la codificación o comprensión de un tema u objetos de significado. La explicación de un asunto aprendido si bien mejora la comprensión ofrece la generación de repasos atentos sobre los datos para consolidarlos con el uso (Schacter, 2003; Gómez, 2007; Sigman, 2015).

Otra estrategia clásica es aprovechar las **bondades de los sentidos especiales** además de la vista, como el tacto, la audición y el olfato. *¿Qué se puede hacer al respecto?*, se puede escribir a mano lo aprendido para repararlo después, grabarse con el uso del *smartphone* o grabadora portátil y escuchar inmediatamente y después las propias grabaciones sobre el contenido a aprender. Además, se puede estudiar con una vela aromática, o con otro objeto con perfume, y llevar el perfume o la vela con aroma al lugar donde se pretende recordar lo aprendido. La información odorífica se asociará con las redes engrama del recuerdo facilitando más vías sensoriales especiales para su reminiscencia. Es evidente tomar en cuenta, que esta técnica funciona, siempre y cuando se le permita a la persona llevar objetos aromáticos al examen, por poner un ejemplo (Crossman y Neary, 2007; Álvarez et al., 2014; Alarcón et al., 2018).

Una recomendación básica para mejorar la consolidación y evocación de la memoria, es el reposo mental y el **dormir bien**. De manera desafortunada, en la actualidad los jóvenes suelen desvelarse con sus dispositivos móviles o con otras distracciones digitales, viendo televisión o pasando el tiempo en los ordenadores,

de tal forma, que tienen poco reposo mental durante todo el día, afectando a la atención, de manera que no hay un descanso. Las desveladas promueven una afectada consolidación y recuperación mnémica, además de promover un desajuste de la glía en su función reparadora del sistema nervioso central, que incluso puede provocar con el tiempo neoplasias o trastornos nerviosos, cuando es excesivo el hábito de trasnochar y no descansar correctamente. Hoy en día existen muchos métodos, terapias y técnicas que pueden ayudar de manera significativa a reposar y conciliar el sueño (Baddeley, 2016; Bear et al., 2016; Braidot, 2016; Felten y O'Banion, 2017).

Otra técnica mnémica para recordar mejor, es la elaboración de las clásicas **pistas** sobre lo estudiado. En la Escuela, a menudo se relaciona esta estrategia con la realización de “*acordeones*” o notas pequeñas con pistas que contienen las respuestas hipotetizadas sobre los exámenes. Esta técnica ha sido de manera contemporánea vetada y castigada por las instituciones, sin embargo, el fin de la evaluación educativa no tiene como fin la conductual calificación ni la aprobación del alumno, sino más bien que los estudiantes aprendan mejor. Las “acordeones” permiten a los discentes recordar con facilidad lo estudiado con miras a consolidarlo a largo plazo, que es lo que se debería pretender. La **toma de notas** es una técnica clásica para memorizar no solamente durante un examen, sino que se vuelve parte del hábito diario. Esta evidente estrategia parece evidente, pero es muy sólida cuando el apunte de notas sobre lo que hay que recordar se revisa periódicamente. Los apuntes deben hacerse con letra clara y aunque solo ofrecen pistas para consolidar y evocar los enlaces a los engramas mnémicos, estas pistas deben ser colocadas de manera que no haya duda después sobre lo que se escribió (Howard-Jones, 2010; Lipina y Sigman, 2011; Garrido, 2014; Fuster, 2015)

**Estudiar lo que le interesa** es otra de las estrategias para memorizar, consolidar y evocar con significativa rapidez. Por una parte, como se ha comentado, se debe al *Principio de Pollyanna*, referido al hecho de recordar mejor los elementos mnémicos agradables con mayor precisión que los desagradables. Esto sucede porque disponemos de reflejos y emociones que nos permiten adaptarnos al entorno con proclividad a situaciones benéficas y confortables para nosotros, con intentos de alejarnos de situaciones desagradables; de tal manera que cuando el estímulo percibido es preferido y causa una recompensa límbica conforme la experiencia del sujeto, las redes engrama se disparan con mayor rapidez. El principio de aprender lo que le interesa al sujeto, causa problemas cuando no se tiene vocación o gusto para la carrera profesional que se lleva a cabo, provocando, que un enfrentamiento a mayores problemas mnémicos respecto a la retención de conocimientos (Logatt y Castro, 2011; Manes y Niro, 2014; Cheikhi et al., 2018; Abdou et al., 2018).

*¿Existe una mejor hora para memorizar?*, autores, como Battro et al., (2008) y Sundem (2015) afirman que aproximadamente alrededor de las diez de la mañana el cerebro se encuentra en su mejor punto de descanso -a menos que se haya desvelado- para enfrentar las labores cognitivas de mayor peso y complejidad. Con el paso de las horas hacia la tarde, la memoria de trabajo va prescindiendo de un eficaz desempeño de los recursos atencionales dependiendo de cuánto esfuerzo cognitivo se realice durante el día; en circunstancias diarias de alta demanda cognitiva, se evidencia un mayor agotamiento mental cuanto más está avanzado el día. Por estos motivos, las asignaturas más difíciles en la Escuela o los temas más complejos en las materias deben verse con los alumnos alrededor de las diez de la mañana, todos los días.

**Ser mayor que las distracciones** es un principio básico para memorizar de manera adecuada, pero también es un reto significativo. La incapacidad para discriminar deseos e impulsos por distraerse o dividir la atención provoca distractibilidad afectando la codificación mnémica. Se debe estar consciente que sin atención no hay memoria, por tanto, debemos hacer el esfuerzo para darnos el tiempo de prestar mayor atención para memorizar. Por otra parte, la **relajación** ha sido utilizada como una técnica base para el aprovechamiento de codificación de la memoria. Los métodos para relajación previos al estudio favorecen la capacidad para el control de estrés y tensión que, si bien no afectan directamente la memoria, la dificultan de manera significativa (Montealegre, 2003; Schacter et al., 2015; Braidot, 2016).

Otro principio básico mnémico, es el **material didáctico** en tu salón de clase, lugar de trabajo y hogar, es decir, que es recomendable poseer materiales colocados para repararlos e interactuar con ellos que estén a la vista en los lugares donde se suele estar durante el día. La iteración de la exposición forzada a la información que se pretende consolidar es una excelente herramienta para memorizar y recordar lo aprendido. Por otro lado, el **uso de rimas**, también se ha propuesto como una estrategia mnémica para potenciar la asociación lingüística y visual abstracta. La conformación de secuencias de significado y sonoras permite una que la realización de rimas propicia una mejor retención de contenidos a base de pistas que puede después el razonamiento desglosar y trabajar (López et al., 2013; Manes y Niro, 2014).

Otra de las estrategias para memorizar es el aprovechamiento de las bondades de los efectos mnémicos de la **primacía** y **efecto reciente**. El efecto primacía se refiere a la tendencia de recordar mejor los primeros elementos de una lista o secuencia, y el factor reciente a rememorar los elementos finales. Se ha sugerido, que el efecto de primacía se puede deber a que los primeros elementos de información

a recordar son mejor codificados bajo la suposición de una memoria de trabajo descansada y vacía. Por otro lado, se cree que el efecto reciente se debe a dos factores mnémicos fundamentales: primeramente, se cree que la información final de la lista aún se encuentra en la memoria de trabajo cuando se empieza a recordarla, por lo cual se vuelve más fácil tenerla en mente. El aprovechar los efectos primacía y reciente brindan beneficios cuando se colocan los elementos más importantes que usted desee mejor codificar colocándolos al principio y al final de la lista o secuencia (Schacter, 2003; Montealegre, 2003; Damasio, 2010; Campos, 2010).

La reflexión sobre lo que se lee y aprende a través de la elaboración de **preguntas** es una buena y clásica estrategia para memorizar. La realización de cuestiones tales como: *¿cuál es el significado de lo que acabo de leer?, ¿por qué es importante?, ¿cuál puede ser un ejemplo de determinado concepto que acabo de aprender?*, permiten una atención sostenida con procesamiento de raciocinio reflexivo sobre el tema, no obstante, la técnica de preguntas, por lo general aporta la consolidación de datos semantizados con mayor facilidad que episódicos. Además de la generación de preguntas, existe una estrategia elaborada para memorizar conocida como el **método PQ4R** que significa: “*revisión previa, preguntar, leer, reflexionar, recitar y revisar*”, lo que engloba alguna de las estrategias anteriormente descritas. Sin embargo, se precisa de disciplina y constancia para completar todo el método. La etapa de la revisión previa comprende la investigación somera y anticipada sobre los objetos de conocimiento a comprender, para dar paso a la elaboración de preguntas. En la etapa de la lectura se seleccionan las ideas principales y se realizan subrayados del texto -en caso de serlo- e incluso pueden elaborarse resúmenes. La reflexión implica la realización de comparación por medio de la elaboración de ejemplos e incluso mapas conceptuales o mentales, para pasar a la recitación, donde se intenta recordar la información aprendida, intentando dar respuesta a las nuevas interrogantes que puedan surgir con la segunda. Por último, se implementa la repetición, mediante la realización de un recuento desde el principio (López et al., 2013; Howard-Jones, 2014; Calixto, 2017; Quian, 2018).

Es necesario que los investigadores en el campo educativo continúen desarrollando estrategias a la par de los neurólogos y psicólogos para extender lazos colaborativos con el fin de seguir desentrañando aspectos que posibiliten una mejor comprensión del sistema mnémico humano. Pero, *¿por qué es que existe tanto interés por los investigadores en educación en estudiar el cerebro?*, porque como se ha visto a través de esta obra, todo el proceso de consolidación del aprendizaje se da en el cerebro y sistema nervioso, si se diera en el riñón, fuéramos nefrólogos.

## Glosario de términos

**Aferente:** que transmite un impulso nervioso desde la periferia al sistema nervioso central.

**Apoptosis:** muerte celular programada o provocada por el mismo organismo, con el fin de controlar su desarrollo y crecimiento, puede ser de naturaleza fisiológica y está desencadenada por señales celulares controladas genéticamente.

**Axón:** Prolongación filiforme que se desprende del cuerpo o soma de la neurona y termina en una ramificación que se encuentra en contacto con otros puntos sinápticos de otras células neuronales.

**Bulbo olfatorio:** estructura neural del prosencéfalo de los vertebrados implicada en la percepción del olfato. El bulbo olfatorio trata y codifica esta información y la dirige a estructuras superiores del cerebro. Sus neuronas principales son las células mitrales; estas reciben la información de las neuronas olfativas, la integran y la envían a través de sus axones a otras regiones cerebrales.

**Bulbo Raquídeo:** o médula oblongada. Es el más bajo de los tres segmentos del tronco del encéfalo, situándose entre la protuberancia anular, por arriba, y la médula espinal, por debajo. Presenta la forma de un cono truncado de vértice inferior. Sus funciones incluyen la transmisión de impulsos de la médula espinal al encéfalo.

**Células gliales:** también conocidas como neuroglías, son células del sistema nervioso que poseen funciones auxiliares, para las neuronas, y son las principales responsables de su función nerviosa. Las células gliales son variadas en tipos y constituyen una matriz interneural para el soporte de las neuronas, sin embargo, se diferencian de estas principalmente por no formar contactos sinápticos. Las células gliales controlan fundamentalmente el microambiente celular en lo que respecta a la composición iónica, los niveles de neurotransmisores y el suministro de citoquinas y otros factores de crecimiento de las neuronas.

**Cisura de Rolando:** también conocida como surco o fisura central, que separa el lóbulo frontal del lóbulo parietal. Está ubicada en la cara externa de ambos hemisferios, siendo lateral y ascendente. También divide la corteza motora primaria del lóbulo frontal de la corteza sensorial primaria del lóbulo parietal.

**Comisura:** punto de unión en los bordes de una abertura o estructura de un tejido neural.

**Condicionamiento Pavloviano:** tipo de aprendizaje asociativo, donde un estímulo neutro se condiciona, provocando una respuesta incondicionada.

**Congénito:** alusión a cualquier rasgo o identidad presente en el nacimiento adquirido durante el desarrollo intrauterino.

**Córtex auditivo:** Región del cerebro que es responsable del procesamiento de la información auditiva. Se ha sugerido que se corresponde con las áreas 41 y 42 de Brodmann. Se localiza en el lóbulo temporal y recibe información que le llega desde los oídos y los centros inferiores del cerebro.

**Córtex visual:** Región en los lóbulos occipitales localizada dentro y alrededor de los surcos calcarinos. Recibe información directa del núcleo geniculado lateral del tálamo que forma parte del sistema visual que inicia con la apreciación de las imágenes del ojo y la retina.

**Corteza cerebral:** también conocida como córtex cerebral. Es el tejido nervioso que cubre la superficie de los hemisferios cerebrales, alcanzando su máximo desarrollo en las últimas etapas de la maduración cerebral. Es responsable de las acciones ejecutivas del pensamiento como la percepción, la memoria, la imaginación, el juicio y la decisión. Por motivos de escaso espacio dentro de la bóveda craneal, las capas de materia gris y blanca están estrechamente replegadas en la corteza formando cisuras y circunvoluciones.

**Corteza somatosensitiva:** ubicada en el lóbulo parietal posterior a la cisura central. Comprende un complejo de centros de recepción y proceso para representar estímulos tales como el tacto, la temperatura, la propiocepción -posición del cuerpo- y la nocicepción -dolor-. Los receptores sensoriales actúan en la piel, el epitelio, el músculo esquelético, los huesos y articulaciones, órganos internos y el sistema cardiovascular. Este sistema reacciona a los estímulos usando diferentes receptores: termorreceptores, mecanorreceptores y quimiorreceptores. La transmisión de información desde los receptores pasa por vía de los nervios sensoriales a través de tractos en la médula espinal y en el cerebro. El sistema se activa cuando una neurona sensorial es impulsada por algún estímulo específico, como el calor; esta neurona pasa a un área del cerebro especialmente atribuida al área del cuerpo que ha recibido el estímulo.

**Cuerpo amigdalino o amígdala:** conjunto de núcleos de neuronas localizadas en la profundidad de los lóbulos temporales de los vertebrados complejos, incluidos los humanos. La amígdala forma parte del sistema límbico, y su papel principal es el procesamiento y almacenamiento de reacciones emocionales.

**Cuerpo estriado:** también conocido como núcleo estriado, es una parte subcortical del telencéfalo y forma parte de los ganglios basales.

**Dopamina:** neurotransmisor sintetizado en muchas partes del sistema nervioso, especialmente en la sustancia negra, que forma parte de los ganglios basales. La dopamina cumple con funciones inhibitorias en el sistema nervioso central y generalmente es liberada por el hipotálamo.

**Eferente:** que transmite un impulso nervioso desde el sistema nervioso central a la periferia, en este caso a las terminaciones nerviosas que inervan los músculos para producir acciones.

**Electroencefalograma:** prueba que se usa para estudiar el funcionamiento del sistema nervioso central través de gráficos en los que se registra la actividad bioeléctrica cerebral en condiciones basales de reposo, en vigilia o sueño, y durante diversas activaciones mediante un equipo de electroencefalografía.

**Encéfalo:** conjunto de los componentes principales del sistema nervioso, incluyendo el cerebro, ganglios basales, tronco encefálico y médula espinal.

**Etiología:** estudio sobre el origen de las causas o las consecuencias.

**Estimulación magnética transcraneal:** procedimiento no invasivo que utiliza campos magnéticos para estimular las células nerviosas en el cerebro. Se coloca una bobina electromagnética sobre el cuero cabelludo, de manera que el electroimán emite un pulso magnético sin causar dolor que estimula las células nerviosas en determinada región.

**Experimento de Hamlin, Wynn y Bloom:** la idea del experimento consistió en presentarles a los niños pequeños, algunas escenas donde figuras geométricas cobraban movimiento simulando vida que interactúa entre sí, por ejemplo, un *triángulo* escalaba con dificultad sobre una colina mientras que un *cuadrado* en la cima



descendía para impedir que aquel subiera. Los niños distinguían valores morales de los objetivos asignando valores positivos al *triángulo* y antivalores al *cuadrado*.

**Fenotipo:** característica o rasgo observable de un organismo, como su morfología, desarrollo, propiedades bioquímicas, fisiología y comportamiento.

**Fosfeno:** destello percibido caracterizado por la sensación de ver manchas luminosas causadas por estimulación mecánica, eléctrica o magnética de la retina o corteza visual. Un ejemplo de fosfeno son los patrones luminosos que se ven al frotar los párpados con presión.

**Ganglios nerviosos:** son agrupaciones de los cuerpos de las neuronas localizadas fuera del sistema nervioso central y en el trayecto de los nervios del sistema nervioso periférico, pertenecientes a este último.

**Ganglios o núcleos basales:** grupo de núcleos de sustancia gris en la base del cerebro bajo los hemisferios interconectados con la corteza y muchas áreas del tronco encefálico. Generalmente los núcleos basales se encuentran directamente relacionados con las acciones motoras voluntarias e inconscientes. Los componentes principales de los ganglios basales son el núcleo caudado, lenticular, globo pálido, putamen, cuerpo amigdalino, núcleo rojo y sustancia negra.

**Glioma:** tipo de tumor que se desarrolla en el cerebro y la médula espinal. Los gliomas comienzan en el soporte viscoso -células gliales- que rodean las células nerviosas y las ayuda de manera significativa a funcionar.

**Gliosis:** proliferación reactiva de células glía reparadoras en regiones lesionadas del sistema nervioso central y que por lo general deja como saldo la formación de una cicatriz glial. En ocasiones, estas cicatrices desencadenan la generación de tumores en el sistema nervioso.

**Hemisferio cerebral:** estructuras de la corteza superiores más grandes del telencéfalo. Si bien fenotípicamente parecen paralelos, son asimétricos, como los dos lados de la cara del individuo. La cisura sagital profunda en la línea media los divide mediante un pliegue de la meninge duramadre en hemisferio derecho y hemisferio izquierdo. Ambos hemisferios poseen tres comisuras que los unen y permiten su conexión para cruzar información entre ellos: cuerpo calloso como la principal y más extensa, la comisura anterior y posterior.

**Heurístico:** que tiene capacidad para resolver problemas.

**Hipocampo:** estructura marginal que forma parte del sistema límbico consistente de capas de sustancia gris de neuronas densamente empaquetadas en la corteza de los lóbulos temporales de ambos hemisferios. Las neuronas del hipocampo se regeneran y desempeñan principalmente funciones importantes en la memoria y el manejo del espacio. Una de las patologías en neurología asociadas con el daño al hipocampo es la enfermedad de Alzheimer, aunque también se puede lastimar por situaciones de hipoxia, epilepsia, tumores, encefalitis y otros tipos de infecciones en el cerebro.

**Homeóstasis:** Conjunto de fenómenos de autorregulación, conducentes al mantenimiento de una relativa constancia en la composición y las propiedades del medio interno de un organismo.

**Homúnculo sensorial:** representación del mapa sensorial de la corteza en los lóbulos parietales para identificar las regiones anatómicas responsables de la recepción de estímulos sensoriales táctiles, de presión, propiocepción, temperatura y dolor de los sentidos.

**Hormona:** sustancia química producida por un órgano, o por parte de él, cuya función es la de regular la actividad de uno o varios tejidos determinados.

**Inefable:** que no se puede expresar con palabras.

**Información episódica:** representación de la memoria que permite al ser humano contar y declarar sucesos mnémicos relacionados con el tiempo, el lugar, las emociones y conocimientos contextuales.

**Información sensorial:** información recopilada por el sistema nervioso a través de los receptores sensoriales de los tejidos internos y externos. La información sensorial se recopila de los sentidos especiales: la vista, el oído, el tacto, el gusto y el olfato.

**Inherente:** esencial y permanente en un ser o en una cosa, de manera que no se puede separar de él por formar parte de su naturaleza.

**Líquido cefalorraquídeo:** líquido incoloro generado en los plexos coroideos y baña el encéfalo y la médula espinal, circulando por el espacio subaracnoideo, los ventrículos

cerebrales y el canal endodimario. Actúa como amortiguador contra traumatismos y presión local en el nervio central y sirve como apoyo en el proceso metabólico.

**Lóbulo cerebral:** parte de la corteza cerebral en el telencéfalo que subdivide el cerebro en regiones con cierto grado de especialización. Se divide en diferentes lóbulos funcionales.

**Lóbulo frontal:** Situado en la parte anterior, por delante de la Cisura de Rolando. Contiene áreas de asociación multimodales frontales, áreas del campo visual implicada con los movimientos oculares y las áreas 4 y 6 de Brodmann que comprenden la corteza premotora y motora. En sus circunvoluciones inferiores se puede encontrar las áreas de Broca.

**Lóbulo insular:** conocido simplemente como ínsula, es una estructura de la corteza ubicada de manera profunda dentro del surco lateral o Cisura de Silvio que separa los lóbulos temporal y parietal inferior y se encuentra estrechamente relacionada con el sistema límbico. La ínsula solo es visible desde un corte sagital que permita ver el interior de los hemisferios.

**Lóbulo occipital:** se encuentra situado detrás de la cisura parietooccipital e incorpora la corteza visual con las áreas 17 del córtex visual primario y las áreas de asociación visual 18 y 19 de Brodmann. La corteza visual es el sitio de la terminación de las aferentes visuales provenientes del cuerpo geniculado lateral del tálamo, en su camino desde los globos oculares.

**Lóbulo parietal:** se extiende desde la Cisura de Rolando hasta la cisura parietooccipital, y lateralmente, hacia el nivel de la cisura de Silvio. Contiene las áreas sensoriales post centrales primarias 3, 1 y 2 de Brodmann y las áreas de asociación 5, 7, 39 y 40.

**Lóbulo temporal:** se encuentra por debajo de la cisura de Silvio y se extiende hacia atrás hasta el nivel de la cisura parietooccipital en la superficie medial de cada hemisferio. Contiene el área 42 de Brodmann de asociación auditiva y la corteza primaria auditiva. Además, aloja el área 22 correspondiente a la región de Wernicke. La superficie lateral del lóbulo temporal se divide en los giros superior, medio e inferior, paralelos, que se encuentran divididos por el surco temporal superior y el surco temporal medio.

**Médula espinal:** cordón de sustancia blanca localizado en el canal vertebral, encargada de llevar impulsos nerviosos a los 31 pares de nervios raquídeos, comunicando el encéfalo con el cuerpo, mediante dos funciones eferentes y aferentes. No debe confundirse con la columna vertebral, que es la que protege a la médula interior.

**Memoria de trabajo:** también conocida como memoria operativa. Es un constructo teórico referente a las estructuras y procesos usados para el almacenamiento y elaboración temporal de información. La memoria de trabajo permite relacionar lo que vemos del mundo exterior con lo que poseemos en la estructura cognoscitiva para que, conforme a lo que sabemos, tenga sentido el mundo.

**Memoria procedimental:** o procedural. Conformar parte de la memoria humana y animal que participa en el recuerdo de las habilidades motoras y ejecutivas necesarias para realizar una tarea. Es un sistema ejecutivo que guía la actividad y suele funcionar a un nivel inconsciente. Cuando es necesario, los recuerdos procedimentales se recuperan automáticamente para ser utilizados en la ejecución de procedimientos integrados relacionados con habilidades motoras e intelectivas; desde anudarse los cordones de los zapatos hasta pilotar un avión. La memoria procedimental es un tipo de memoria a largo plazo, y se considera una forma de memoria implícita.

**Memoria semántica:** término mnémico que hace referencia a la memoria de significados, entendimientos y otros conocimientos conceptuales que no están relacionados con experiencias concretas. La memoria semántica y la memoria episódica conforman la categoría de memoria declarativa, una de las dos divisiones principales de la memoria. La contraparte de la memoria declarativa o explícita es la memoria procedimental o memoria implícita.

**Memoria episódica:** memoria relacionada con sucesos autobiográficos -momentos, lugares, emociones asociadas y demás conocimientos contextuales- que pueden evocarse de forma explícita. La memoria episódica y la memoria semántica son los dos componentes que conforman la memoria declarativa, una de las dos subdivisiones principales de la memoria humana. La contraparte de la memoria declarativa -explícita- es la memoria procedimental.

**Memoria autobiográfica:** un sistema general de memoria que consiste en episodios recopilados de la vida de un individuo, basado en una combinación de

memoria episódica -experiencias personales y objetos específicos, personas y eventos experimentados en un momento y lugar en particular- y semántica -conocimiento general y hechos sobre el mundo.

**Meninges:** membranas del tejido conectivo que cubren todo el sistema nervioso central, añadiendo una protección blanda que complementa a la dura de las estructuras óseas. Entre estas membranas protectoras se encuentran la piamadre, aracnoides, subaracnoides y duramadre.

**Mielinización:** proceso mediante el cual los oligodendrocitos en el sistema nervioso central y células de Schwann en el sistema nervioso periférico forma una vaina de mielina multilaminar de membranas plasmáticas que rodean los axones de las neuronas para impulsar y protegen los impulsos eléctricos que viajan entre las conexiones sinápticas. Al proceso de mielinización también se le conoce como maduración cerebral.

**Mnémico:** relativo a la memoria.

**Necrosis:** muerte celular accidental por traumatismo, trastorno o infección.

**Neoplasia nerviosa:** masa anormal de tejido nervioso, que se produce porque las células que lo constituyen se multiplican a un ritmo superior a lo normal. Las neoplasias pueden ser benignas cuando se extienden solo localmente y malignas cuando se comportan de forma agresiva, comprimen los tejidos próximos y se diseminan a distancia.

**Neurona:** aunque son las menos abundantes en el sistema nervioso, son las células diferenciadas y componentes principales de este sistema cuya función principal es recibir, procesar y transmitir información a través de señales químicas y eléctricas gracias a la excitabilidad eléctrica de su membrana plasmática que genera un potencial de acción. Las neuronas presentan unas características morfológicas típicas que sustentan sus funciones: un cuerpo celular, soma o pericarion central; una o varias prolongaciones cortas que generalmente transmiten impulsos hacia el soma celular, denominadas dendritas, y una prolongación larga denominada axón o que conduce los impulsos desde el soma hacia otra neurona u órgano diana.

**Neurona de Halle Berry y Jennifer Aniston:** término para referirse a varios experimentos donde se mostraban diversas fotos de personajes famosos de la farándula a participantes, y con técnicas de optogenética, determinada y única neurona respondía y mostraba actividad cuando el sujeto veía la cara de la actriz, suponiendo la idea de que una sola neurona es capaz de almacenar un concepto de imagen.

**Neurotransmisor:** también conocido como mensajero químico, es una biomolécula que permite la transmisión de información desde una neurona hacia otra mediante la sinapsis que las separa. El neurotransmisor se libera desde las vesículas sinápticas situada en los botones sinápticos en la extremidad de la neurona presináptica, hacia la sinapsis atraviesa el espacio sináptico y actúa sobre los receptores celulares específicos de la célula objetivo.

**Oligodendrocitos y Células de Schwann:** células nerviosas parte de la glía, que poseen la función principal de sostén, unión y formación de la vaina de mielina en el sistema nervioso central. En el sistema nervioso periférico la mielinización es desempeñada por la célula de Schwann.

**Quiasma óptico:** es la parte del cerebro donde se entrecruzan parcialmente las fibras axónicas de los nervios ópticos. En este entrecruzamiento la mitad de las fibras pasan del nervio óptico derecho a la cintilla óptica izquierda, y viceversa. El quiasma óptico está situado en la fosa cerebral anterior, por delante de la silla turca en la base inferior y ventral del cráneo. Las imágenes formadas en cada una de las retinas se cruzan al lado opuesto del cerebro en el quiasma óptico. Esto permite que las imágenes de cada lado del campo de ambos ojos se transmitan al lado apropiado del cerebro.

**Reconsolidación:** reforzamiento de una o varias unidades de información aprendidas mediante un proceso de evocación del recuerdo, donde se modifica y se vuelve a guardar.

**Reminiscencia:** acción de recordar una imagen y suceso del pasado.

**Sistema límbico:** sistema formado por varias estructuras cerebrales que regulan las respuestas fisiológicas frente a determinados estímulos, instintos y reflejos humanos. Sus partes principales que lo conforman son: tálamo, hipotálamo, hipocampo, amígdala cerebral, cuerpo calloso, septo y mesencéfalo. El sistema límbico interacciona muy velozmente con el sistema endocrino y el sistema nervioso periférico.

**Telencéfalo:** también conocido como cerebro terminal. Alberga el córtex de los hemisferios cerebrales izquierdo y derecho como las partes más voluminosas e integradas del encéfalo. Los ganglios basales surgen de la base de las vesículas telencefálicas consideradas ontogenéticamente primitivas.

## Referencias

- Abdou, K., Sheshata, M., Choko, K., Nishizono, H., Matsuo, M., Muramatsu, S., y Inokuchi, K. (2018). Synapse-specific representation of the identity of overlapping memory engrams. *Science*, 360(1): 1227-1231.
- Abe, J., y Izard, C. (1999). The developmental functions of emotions: An analysis in terms of differential Emotions Theory. *Cognition and Emotion*, 13(1): 523-549.
- Aber, J., Brown, J., y Henrich, C. (1999). *Teaching conflict resolution: an effective school-based approach to violence prevention*. New York: Columbia University.
- Afifi, A., y Bergman, R. (2006). *Neuroanatomía funcional*. Barcelona: McGrall Hill Education.
- Akan, M., Stanley, S., y Benjamin, A. (2018). Testing enhances memory for context. *Journal of Memory and Language*, 103(1): 19-27.
- Akhtar, S., Justice, L., Loveday, C., y Conway, M. (2017). Switching memory perspective. *Consciousness and Cognition*, 56(1): 50-57.
- Akhtar, S., Justice, L., Morrison, C., y Conway, M. (2018). Fictional First Memories. *Psychological Science*, 103(2): 1-8.
- Alarcón, F., Cárdenas, D., y Suárez, V. (2018). *Neurociencia, deporte y educación*. Madrid: Wanceulen Editorial.
- Alberini, C. (2005). Mechanisms of memory stabilization: are consolidation and reconsolidation similar or distinct processes? *Trends on Neuroscience*, 28(1): 51-56.
- Álvarez, C. (2012). *Redes neuronales de la memoria espacial*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Álvarez, M., Morales, C., y Ortega, M. (2014). *Principios de neurociencias para psicólogos*. México: Paidós.
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(1): 71-82.
- Aparicio, J., y Huidobro, A. (1991). Estrategias en la memoria espacial. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 43(1): 59-69.
- Asok, A., Leroy, F., Rayman, J., y Kandel, E. (2018). Molecular Mechanisms of the Memory Trace. *Trends in Neurosciences* (In Press). DOI: 10.1016/j.tins.2018.10.005
- Aumann, R., Hart, S., y Perry, M. (1997). The Forgetful Passenger. *Games and Economic Behavior*, 20(1): 117-120.
- Baddeley, A. (2016). *Memoria de trabajo, pensamiento y acción*. Madrid: Antonio Machado.
- Bahena, R., Flores, G., y Arias, J. (2000). Dopamina: síntesis, liberación y receptores en el sistema nervioso central. *Rev Biomed*, 11(1): 39-60.
- Balconi, M., y Mazza, G. (2009). Lateralisation effect in comprehension of emotional facial expression: A comparison between EEG alpha band power and behavioural inhibition (BIS) and activation (BAS) systems. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 15(3): 361-384.



- Banqueri, M., Mendez, M., y Arias, J. (2017). Spatial memory-related brain activity in normally reared and different maternal separation models in rats. *Physiology and Behavior*, *181*(1): 80-85.
- Barbas, H., y Zikopoulos, B. (2007). The prefrontal cortex and flexible behavior. *Neuroscientist*, *13*(1): 532-545.
- Barry, C., y Docherty, M. (2018). Assessment of mental capacity and decision-making. *Medicine*, *46*(7): 405-410,
- Barry, D., y Maguire, E. (2018). Remote Memory and the Hippocampus: A Constructive Critique. *Trends in Cognitive Sciences*, (In Press). DOI: 10.1016/j.tics.2018.11.005
- Battro, A., Fischer, K., y Léna, P. (2008). *Cerebro educado. Ensayos sobre la neuroeducación*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Bear, M., Paradiso, M., y Connors, W. (2016). *Neurociencia: la exploración del cerebro*. Barcelona: Wolters Kluwer.
- Bédécarrats, A., Chen, S., Pearce, K., Diancai, C., y Glanzman, D. (2018). RNA from Trained Aplysia Can Induce an Epigenetic Engram for Long-Term Sensitization in Untrained Aplysia. *eNeuro*, *38*(18): 41-68.
- Behn, U., Van Hemmen, J., Kühn, R., Lange, A., y Zagrebnev, V. (1993). Multifractality in forgetful memories. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, *68*(3): 401-415.
- Benes, M. (2009). Neural circuitry models of schizophrenia: is it dopamine, GABA, glutamate, or something else? *Biol Psychiatry*, *15*(65): 1003-1005.
- Benito, N., Martín, G., Makarova, J., Makarov, V., y Herreras, O. (2016). The right hippocampus leads the bilateral integration of gamma-parsed lateralized information. *eLife*, *2016*(5): 2-26.
- Berlot, E., Popp, N., y Diedrichsen, J. (2018). In search of the engram. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *20*(1): 56-60.
- Berndt, A., Lee, S., Wietek, J., Ramakrishnan, C., Steinberg, E., Rashid, A., Kim, H., Park, H., Santoro, A., Frankland, P., Iyer, S., Pak, S., Åhrlund-Richter, S., Delp, S., Malenka, R., Josselyn, S., Carlén, M., Hegemann, P., y Deisseroth, K. (2016). Structural foundations of optogenetics: Determinants of channelrhodopsin ion selectivity. *PNAS*, *113*(49): 822-829.
- Bocchio, M., Nabavi, S., y Capogna, M. (2017). Synaptic Plasticity, Engrams, and Network Oscillations in Amygdala Circuits for Storage and Retrieval of Emotional Memories. *Neuron*, *94*(4): 731-743.
- Bollan, K., King, D., Robertson, L., Brown, K., Taulor, P., Moss, S., y Connolly, C. (2003). GABA receptor composition is determined by distinct assembly signals within  $\alpha$  and  $\beta$  subunits. *Journal Biol Chem*, *278*(7): 4747-4755.
- Brady, T., Konkle, T., Álvarez, G., y Oliva, A. (2008). Visual long-term memory has a massive storage capacity for object details. *Proceedings National Academy Sciences*, *105*(18): 1422-1429.

- Bragdon, A., y Gamon, D. (2000). *Cerebros Que Funcionan Un Poco Diferente*. México: Tomo.
- Braidot, N. (2016). *Neurociencias para tu vida*. Buenos Aires: Granica.
- Brown, M., y Banks, P. (2015). In search of a recognition memory engram. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 50(1): 12-28.
- Byrne, J. (2017). *Learning and Memory: A Comprehensive Reference*. New York: Academic Press.
- Cai, D., Aharoni, D., Shuman, T., Shobe, J., Biane, J., Song, W., Wei, B., Veshkini, M., La-Vu, M., Lou, J., Flores, S., Kim, I., Sano, Y., Zhou, M., Baumgaertel, K., Lavi, A., Jumata, M., Tuszyński, M., Mayford, M., Goldshani, P., y Silva, A. (2016). A shared neural ensemble links distinct contextual memory encoded close in time. *Nature*, 534(1): 115-118.
- Caine, E. (1998). Does “Benign Senescent Forgetfulness” Exist? *Clinics in Geriatric Medicine*. 4(4): 897-916.
- Calixto, E. (2017). *Un clavado a tu cerebro: cómo las neuronas actúan*. México: PRH.
- Callaghan, B., Li, S., y Richardson, R. (2014). The elusive engram: ¿what can infantile amnesia tell us about memory? *Trends in Neuroscience*, 37(1): 47-53.
- Campos, A. (2010). Neuroeducación: uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano. *La Educación*, 143(1): 2-15.
- Cantú, D., Lera, J., y Baca, J. (2017). Especialización hemisférica y estudios sobre lateralidad. *Revista de Psicología y Ciencias del Comportamiento*, 8(2): 6-50.
- Cárdenas, A., Villalba, A., De Juan Romero, C., Picó, E., Kyrousi, C., Tzika, A., Tessier-Lavigne, M., Ma, L., Drukker, M., Cappello, S., y Borrell, V. (2018). Evolution of Cortical Neurogenesis in Amniotes Controlled by Robo Signaling Levels. *Cell*, 174(3): 590-606.
- Casagrande, V., Guillery, R., y Sherman, S. (2005). *Cortical Function: A View from the Thalamus*. London: Elsevier.
- Chaaya, N., Battle, A., y Johnson, L. (2018). An update on contextual fear memory mechanisms: Transition between Amygdala and Hippocampus. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 92(1): 43-54.
- Chadwick, D., Diamond, M., y Goode, J. (2008). *Percept, Decision, Action: Bridging the Gaps*. London: Novartis.
- Chaki S. (2010). Group II metabotropic glutamate receptor agonists as a potential drug for schizophrenia. *Eur J Pharmacol*, 10(639): 59-66.
- Charidimou, A. (2015). Elderly and forgetful with transient neurological spells: A story of two amyloids? *Journal of the Neurological Sciences*. 351(1): 1-2.
- Cheikhi, A-. Wallace, C., Croix, C., Cohen, C., Tang, W., Wipf, P., Benos, P., Ambrosio, F., y Barchowsky, A. (2018). Mitochondria are a substrate of cellular memory. *Free Radical Biology and Medicine*, 130(1): 528-541.
- Chiao, J. (2018). Developmental aspects in cultural neuroscience. *Developmental Review*, 2018(1): 1-9.

- Chowdhury, S., Young, J., y Ramalingam, A. (2016). Identity and group conflict. *European Economic Review*, 90(1): 107-121.
- Citri, A., y Malenka, R. (2007). Synaptic plasticity: multiple forms, functions and mechanisms. *Neuropsychopharmacology Journal*, 33(1): 18-41.
- Cofer, Ch. (1980). *La estructura de la memoria humana*. Madrid: Omega.
- Commissaris, C., Ponds, R., y Jolles, J. (1998). Subjective forgetfulness in a normal Dutch population: possibilities for health education and other interventions. *Patient Education and Counseling*, 34(1): 25-32.
- Commissaris, C., Verhey, F., Ponds, R., Jolles, J., y Kok, G. (1994). Public education about normal forgetfulness and dementia: Importance and effects. *Patient Education and Counseling*, 24(2): 109-115.
- Conway, M. (1990). *Autobiographical Memory: An Introduction*. London: Open University Press.
- Córdoba, F. (2010). *Pensamiento y memoria*. Lima: Universidad de San Martín de Porres.
- Cottini, M., Basso, D., y Palladino, P. (2018). The role of declarative and procedural metamemory in event-based prospective memory in school-aged children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 166(1): 17-33.
- Coyle J. (2006). Glutamate and schizophrenia: beyond the dopamine hypothesis. *Cell Mol Neurobiol*, 26(1): 365-84.
- Crestani, A., Krueger, J., Barraga, E., Nakazawa, Y., Nemes, S., Quillfeldt, J., Fray, J., y Wiltgen, B. (2018). Metaplasticity contributes to memory formation in the hippocampus. *Neuropsychopharmacology*, 2018(1): 34-39.
- Crossman, A., y Neary, D. (2007). *Neuroanatomía*. Barcelona: Masson.
- Cuetos, F. (2015). *Neurociencia del lenguaje: bases neurológicas e implicaciones clínicas*. México: Panamericana.
- D'agostino, M. (2017). *Neurociencia de las decisiones*. Madrid: LEXXI Ediciones.
- Damasio, A. (2000). *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*. New York: Harvest Books.
- Damasio, A. (2006). *Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain*. New York: Pan Macmillan.
- Damasio, A. (2010). *Self Comes to Mind: Constructing the Conscious Brain*. Toronto: Pantheon Books.
- Davidson, R., Jackson, D., y Kalin, N. (2000). Emotion, plasticity, context, and regulation: Perspectives from affective neuroscience. *Psychological Bulletin*, 126(1): 890-909.
- Davis, P., y Reijmers, L. (2017). The dynamic engram: fear memories and the basolateral amygdala. *Brain Res Bull*, 141(1): 44-49.
- Denny, C., Lebois, E., y Ramirez, S. (2017). From engrams to pathologies of the brain. *Front Neural Circuits*, 11(1): 23-24.
- Díaz, J. (2009). Persona, mente y memoria. *Salud mental*, 32(6): 4-19.

- Diez, A. (2009). *Psicología de la memoria, el recuerdo y el olvido*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Diniz, M., Marinho, S., y Marinho, M. (2016). *Neurociencia: conocimiento*. Lender Books.
- Dotan, D., Meyniel, F., y Dehaene, S. (2018). On-line confidence monitoring during decision making. *Cognition*, 171(1): 112-121.
- Dudai, Y. (2012). The restless engram: consolidations never end. *Annu Rev Neuroscience*, 35(1): 227-247.
- Ebbinghaus, H. (1895). *Über das Gedächtnis. Untersuchungen zur experimentellen psychologie*. Leipzig: Duncker und Humboldt.
- Elwardm R., y Vargha-Khadem, F. (2018). Semantic memory in developmental amnesia. *Neuroscience Letters*, 680(1): 23-30.
- Engen, H., y Anderson, M. (2018). *Trends in Cognitive Sciences*. London: Cell Press.
- Enna, S., y Möhler, H. (2007). *The GABA receptors*. New Jersey: Human Press.
- Escobar, A. (2004). Glía y tumores. Nuevos conceptos sobre las funciones de la neuroglia astrocitaria y los mecanismos de su transformación en gliomas. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 5(6): 571-578.
- Escobar, C. (2015). El olvido del olvido: una aproximación psicoanalítica. *Revi. Filos*, 27(40): 345-373.
- Fallon, S., Muhammed, K., Drew, D., Ang, Y., Manohar, S., y Husain, M. (2019). Dopamine guides competition for cognitive control: Common effects of haloperidol on working memory and response conflict. *Cortex*, 113(1): 156-168. DOI: 10.1016/j.cortex.2018.11.031
- Felten, D., y O'Banion, M. (2017). *Netter. Atlas de neurociencia*. New York: Elsevier.
- Fernández, E., Ochaita, E., y Rosa, R. (1988). *Memoria a corto plazo y modalidad sensorial en sujetos ciegos y videntes*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Fischer, S., Hallschmid, M., Elsner, A., y Born, J. (2002). Sleep forms memory for finger skills. *PNAS*, 99(18): 11978-11991.
- Flórez, J. (2008). *Farmacología humana*. Barcelona: Elsevier Masson.
- Frederickson, B. (2009). *Positivity*. New York: Crown.
- Fuster, J. (2015). *Neurociencia. Los cimientos cerebrales de nuestra libertad*. México: Paidós.
- Gallego, J. (2015). *Trastornos del lenguaje en el niño*. Bogotá: Ediciones de la U.
- García, E., y Migueles, M. (2005). Olvido inducido por la recuperación con experiencias emocionales positivas y negativas. *Cognitiva*, 17(2): 115-125.
- Garrido, M. (2014). *Neurociencias y educación. Guía para padres y docentes*. Santiago: Mago Editores.
- Ghosh, S., y Prakash, S. (2016). Regeneration of Zebrafish CNS: Adult Neurogenesis. *Neural Plasticity*, 2016(1): 3-23.
- Gold, P., y Korol, D. (2014). Forgetfulness during aging: An integrated biology. *Neurobiology of Learning and Memory*, 112(1): 130-138.

- Goldman, S., y Nottebohm, F. (1983). Neuronal production, migration and differentiation in a vocal control nucleus of the adult female canary brain. *PNAS*, 80(8): 2390-2394.
- Goleman, D. (2012). *Inteligencia emocional*. Barcelona: Kairós.
- Gómez, C. (2007). La nueva cara del olvido. *Revista Electrónica de Divulgación*, 1(1): 12-14.
- Gould, E., Reeves, A., Graziano, M., y Gross, C. (1999). Neurogenesis in the Neocortex of Adult Primates. *Science*, 286(5439): 548-552.
- Haines, D. (2013). *Principios de neurociencia. Aplicaciones básicas y clínicas*. Barcelona: Elsevier.
- Hamlin, J., Wynn, K., y Bloom, P. (2011). 3-month-olds show a negativity bias in their social evaluations. *Development Science*, 13(6): 923-929.
- Hardingham, G., y Bading, H. (2010). Synaptic versus extrasynaptic NMDA receptor signalling: implications for neurodegenerative disorders. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(10): 682-696.
- Herrmann, S. (1996). *The whole brain business*. New York: McGraw. En Velásquez, B., De Cleves, N., y Calle, M. (2007). *Determinación del perfil de dominancia cerebral o formas de pensamiento de los estudiantes*. Bogotá: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
- Hess, T., y Blanchard-Fields, F. (1999). *Social Cognition and Aging*. New York: Academic Press.
- Howard-Jones, P. (2010). *Investigación neuroeducativa. Neurociencia, educación y cerebro: de los contextos a la práctica*. Madrid: La Muralla, S. A.
- Howard-Jones, P. (2014). Neuroscience and education: myths and messages. *Neuroscience*, 15(1): 817-824.
- Howe, M., y Conway, M. (2018). Keeping up with the times at Memory. *Memory*, 26(1): 1-9.
- Howe, M., Knott, L., y Conway, M. (2016). *Memory and Miscarriages of Justice*. New York: Routledge.
- Hu, Y., Pan, Y., Shi, X., Cai, Q., Li, X., y Cheng, X. (2018). Inter-brain synchrony and cooperation context in interactive decision making. *Biology Psychology*, 133(1): 54-62.
- Hupbach, A., Gómez, R., Hardt, O., y Nadel, L. (2007). Reconsolidation of episodic memories: A subtle reminder triggers integration of new information. *Learning Memory*, 14(1): 47-53.
- Iriarte, J., y Artieda, J. (2013). *Manual de neurofisiología clínica*. México: Editorial Médica Panamericana.
- Jáuregui, M., y Razumiejczyk, E. (2011). Memoria y aprendizaje: una revisión de los aportes cognitivos. *Psicología y Psicopedagogía*, 26(1): 20-44.
- Jeffery, K. (2018). The Hippocampus: From Memory, to Map, to Memory Map. *Trends in Neurosciences*, 41(2): 64-66.
- Jelin, E. (2001). *¿De qué hablamos cuando hablamos de memoria?* México: Siglo Veintiuno Editores.
- Jiang, L., Stocco, A., Losey, D., Abernethy, J., Prat, C., y Rao, R. (2018). *BrainNet: A Multi-Person Brain-to-Brain Interface for Direct Collaboration Between Brains* *BioRxiv* (En Línea). DOI: 10.1101/425066

- Josselyn, S., y Frankland, (2018). Memory allocation: mechanisms and function. *Ann Rev Neuroscience*, 41(1): 389-413.
- Josselyn, S., Kohler, P., y Frankland, P. (2015). Finding the engram. *Nat Rev Neuroscience*, 16(1): 521-534.
- Joyce, N., Annett, G., Olson, S., Bauer, G., y Nolte, J. (2010). Mesenchymal stem cells for the treatment of neurodegenerative disease. *Regen Med*, 5(6): 993-946.
- Justice, L., Morrison, C., y Conway, M. (2018). Intentionally fabricated autobiographical memories. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(2): 449-454.
- Kahneman, D. (2013). *Thinking, fast and slow*. New York: Millman.
- Kandel, E., Schwartz, J., y Jessell, T. (2001). *Principios de neurociencia*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Karanian, J., y Slotnick, S. (2017). False memory for context and true memory for context similarly activate the parahippocampal cortex. *Cortex*, 91(1): 79-88.
- Kerchner, G., y Nicoll, R. (2008). Silent synapses and the emergence of a postsynaptic mechanism for LTP. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(11): 813-825.
- Kim, S., y Kaang, K. (2017). Epigenetic regulation and chromatin remodeling in learning and memory. *Exp Amp Mo Med*, 49(1): 281-282.
- Kindt, M., Soeter, M., y Vervliet, B. (2009). Beyond extinction: erasing human fear responses and preventing the return of fear. *Nature Neuroscience*, 12(3): 256-258.
- King, B., Hoedlmoser, K., Hirshauer, F., Dolfen, N., y Albouy, G. (2017). Sleeping on the motor engram: The multifaceted nature of sleep-related motor memory consolidation. *Neurosci Biobehav Rev*, 80(1): 1-22.
- Kitamura, T., Ogawa, S., Roy, D., Okuyama, T., Morrissey, M., Smith, L., Redondo, R., y Tonegawa, S. (2017). Engrams and Circuits Crucial for Systems Consolidation of a Memory. *Science*, 356(63): 73-78.
- Koch, C., y Marcus, G. (2014). *El lenguaje del cerebro es una 'Torre de Babel'*. Cambridge: MIT.
- Krebs, C., Weinberg, J., Akesson, E., y Dilli, E. (2018). *Neuroscience*. Barcelona: Wolters Klower.
- Kunz, L., Deuker, L., Zhang, H., y Azmacher, N. (2018). Tracking Human Engrams Using Multivariate Analysis Techniques. *Handbook of Behavioral Neuroscience*, 28(1): 481-508.
- Kyriazi, P., Headley, D., y Paré, D. (2018). Multi-dimensional Coding by Basolateral Amygdala Neurons. *Neuron*, 99(6): 1315-1328.
- Kyu, K., Ri-Lee, A., y Lee, U. (2018). Impact of anonymity on roles of personal and group identities in online communities. *Information and Management*, 2018(1): 1-8.
- LeDoux, J. (2012). Rethinking the Emotional Brain, *Neuron*, 73(4): 653-676.
- Lee, J., Everitt, B., y Thomas, K. (2004). Independent cellular processes for hippocampal memory consolidation and reconsolidation. *Science*, 304(5672): 839-843.
- Levin, G. (2004). The amygdala, the hippocampus, and emotional modulation of memory. *Neuroscientist*, 10(1): 31-39.

- Li, L., Pérez, C., Slaughter, B., Zhao, Y., Repon-Khan, M., Unruh, J., Rubinstein, B., y Si, K., (2016). A Putative Biochemical Engram of Long-Term Memory. *Current Biology*, 26(23): 3143-3156.
- Lin, C., Lane H., y Tsai, G. (2012). Glutamate signaling in the pathophysiology and therapy of schizophrenia. *Pharmacol Biochem Behav*, 100(1): 665-77.
- Lipina, S. (2016). *Pobre cerebro. Los efectos de la pobreza sobre el desarrollo cognitivo y emocional y lo que la neurociencia puede hacer para prevenirlos*. México: Siglo Veintiuno.
- Lipina, S., y Sigman, M. (2011). *La pizarra de Babel: puentes entre neurociencia, psicología y educación*. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Liu, X., Ramirez, S., Pang, P., Puyear, C., Govindarajan, A., Deisseroth, K., y Tonegawa, S. (2012). Optogenetic stimulation of a hippocampal engram activates fear memory recall. *Nature*, 484(1): 381-385.
- Lock, D., y Funk, D. (2016). The Multiple In-group Identity Framework. *Sport Management Review*, 19(2): 85-96.
- Lockwood, P., y Wittmann, M. (2018). Ventral anterior cingulate cortex and social decision-making. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 92(1): 187-191.
- Logatt, C., y Castro, M. (2011). *Neuroicoeducación para todos. Neurociencia para el cambio*. Buenos Aires: AE.
- López, M., Jústiz, M., y Cuenca, M. (2013). Memorizing methods, procedures and strategies: necessary reflections for efficient study activity. *Humanidades Médicas*, 13(3): 805-824.
- Lordanova, M., Good, M., Burnett, D., y Honey, R. (2009). Dorsal hippocampal involvement in different forms of memory retrieval. *Frontiers (In Press)*. DOI: 10.3389/conf.neuro.08.2009.09.178
- Luna, D., Manzanares, M., Rodríguez, K., y López, H. (2018). Memoria espacial a largo plazo en humanos entrenados en un laberinto virtual. *Acta Colombiana de Psicología*, 21(1): 70-82.
- Macaluso, E. (2006). Multisensory processing in sensory-specific cortical areas. *Neuroscientist*, 12(1): 327-338.
- Maguire, E., Woollett, K., y Spiers, H. (2006). London taxi drivers and bus drivers: a structural MRI and neuropsychological analysis. *Hippocampus*, 16(12): 1091-1101.
- Manes, F., y Niro, M. (2014). *Usar el cerebro*. Buenos Aires: Paidós.
- Manning, J., Sperling, M., Sharan, A., Rosenberg, E., y Kahana, M. (2012). Spontaneously reactivated patterns in frontal and temporal lobe predict semantic clustering during memory search. *Journal of Neuroscience*, 32(26): 8871-8878.
- Manzanero, A. (2010). *Memoria de Testigos: Obtención y valoración de la prueba testifical*. Madrid: Editorial Pirámide.
- Marbles, H., y Sundem, G. (2015). *24 hours in the life of your brain*. New York: Crown Publishing Group.



- Marina, J. (2012). Neurociencia y educación. *Revista del Consejo Escolar de Estado*, 1(1): 2-13.
- Markram, H. (2012). The human brain project. *Scientific American*, 306(6): 50-55.
- Martin, I., y Dunn, S. (2002). *GABA receptor*. *Tocris Reviews*, 20(1): 1-8.
- Martínez, F. (2011). *Neurociencias y educación inicial*. México: Trillas.
- Martínez, S. (1994). *La memoria y su relación con el aprendizaje*. Colima: Universidad de Colima.
- Martino, P., Cervigni, M., Stelzer, F., y Tafet, G. (2014). Memoria espacial e hipocampo en taxistas londinenses. *Acta Psiquiátrica y Psicológica de América Latina*, 60(1): 43-51.
- Martynoga, B., Drechsel, D., y Guillemot, F. (2012). Molecular Control of Neurogenesis: A View from the Mammalian Cerebral Cortex. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 4(10): 59-73.
- Matlin, M. (2005). *Cognition*. New York: Wiley.
- Matute, E. (2012). *Tendencias actuales de las neurociencias cognitivas*. México: Manual Moderno.
- McDonald, R., y Vickaryous, M. (2018). Evidence for neurogenesis in the medial cortex of the leopard gecko, *Eublepharis macularius*. *Scientific Reports*, 8(1): 23-38.
- McElroy, T., y Corbin, J. (2009). Affective imposition influences risky choice: Handedness points to the hemispheres. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 15(4), 426-438.
- McKay, B., Matthew-Oh, M., y Disterhoft, J. (2013). Learning increases intrinsic excitability of hippocampal interneurons. *Neuroscience*, 33(1): 5499-5506.
- Menzel, R. (2013). In Search of the Engram in the Honeybee Brain. *Handbook of Behavioral Neuroscience*, 22(1): 397-415.
- Mesones, J. (2012). *Trastornos de la memoria y su límite con la demencia*. Murcia: Universidad Internacional del Mar.
- Michal, M., Vann, S., y Sengpiel, F. (2018). Spatial Memory Engram in the Mouse Retrosplenial Cortex. *Current Biology*, 28(12): 1975-1980.
- Miracle, A., Brace, M., Huyck, K., Singler, S., y Wellman, C. (2005). Chronic stress impairs recall of extinction of conditioned fear. *Neurobiol Learn Mem*, 85(3): 213-218.
- Miyashita, T., Kikuchi, E., Horiuchi, J., y Saitoe, M. (2018). Long-Term Memory Engram Cells Are Established by c-Fos/CREB Transcriptional Cycling. *Cell Reports*, 25(10): 2716-2728.
- Monfils, M., Cowansage, K., Klann, E., y LeDoux, J. (2009). Extinction-reconsolidation boundaries: Key to persistent attenuation of fear memories. *Science*, 324(1): 951-955.
- Monroy, C. (2017). *Neurociencia de las decisiones*. México: SEELE Neuroscience Press.
- Montealegre, R. (2003). La memoria: operaciones y métodos mnemotécnicos. *Revista Colombiana de Psicología*, 12(1): 99-107.
- Moritz, S., Kloss, M., Von Eckstaedt, F., y Jelinek, L. (2009). Comparable performance of patients with obsessive-compulsive disorder (OCD) and healthy controls for verbal and nonverbal memory accuracy and confidence: time to forget the forgetfulness hypothesis of OCD? *Psychiatry Research*, 166(2): 247-253.



- Nader, K., Shafe, G., y LeDoux, J. (2000). Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. *Nature*, 406(6197): 722-726.
- Nakatomi, H., Kuriu, T., Okabe, S., Yamamoto, S., Hatano, O., Kawahara, N., Tamura, A., Kirino, T., y Nakafuku, M. (2002). Regeneration of hippocampal pyramidal neurons after ischemic brain injury by recruitment of endogenous neural progenitors. *Cell*, 110(4): 429-441.
- Nobre, A. (2017). Perception and cognition. *Neuron*, 96(1): 11-13.
- Nobre, A., y Coull, J. (2010). *Attention and time*. Oxford: Oxford University Press.
- Okuyama, T. (2018). Social memory engram in the hippocampus. *Neuroscience Research*, 129(1): 17-23.
- Orozco, L. (2017). *Memoria autobiográfica*. México: Colofón.
- Oyucla, R., Lareo, L., Muñoz, L., Morales, L., Echeverry, S., Uribe, A., Santos, O., y Acuña, A. (2004). Efecto en el aprendizaje y la memoria espacial de un péptido sintético en ratas: estudio preliminar. *Psicología desde el Caribe*, 13(1): 1-14.
- Ozawa, T., y Johansen, J. (2018). Learning rules for aversive associative memory formation. *Current Opinion in Neurobiology*, 49(1): 148-157.
- Palm, G. (2013). Neural associative memories and sparse coding. *Neural Networks*, 37(1): 165-171.
- Palmer, W., Crozier, J., y Petrucelli, O. (2012). 79-Year-Old Woman with Forgetfulness. *Mayo Clinic Proceedings*, 87(4): 408-411.
- Papagno, C. (2018). Memory deficits. *Handbook of Clinical Neurology*, 151(1): 377-393.
- Papouin, T., y Oliet, S. (2014). Organization, control and function of extrasynaptic NMDA receptors. *Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1654): 601-609.
- Parsons, R. (2017). Behavioral and neural mechanisms by which prior experience impacts subsequent learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 154(1): 22-29.
- Parsons, R., Gafford, G., Baruch, D., Riedner, B., y Helmstetter, F. (2006). Long-term stability of fear memory depends on the synthesis of protein but not mRNA in the amygdala. *European Journal Neuroscience*, 23(7): 1853-1859.
- Pestell, K. (2001). Feeling forgetful? *Trends in Pharmacological Sciences*, 22(8): 400-401. 0
- Picco, N., García, F., Maini, P., Woolley, T., y Molnár, Z. (2018). Mathematical Modeling of Cortical Neurogenesis Reveals that the Founder Population does not Necessarily Scale with Neurogenic Output. *Cerebral Cortex*, 28(7): 2540-2550.
- Pignatelli, M., Ryan, T., Roy, D., Lovett, C., Smith, L., Muralidhar, S., y Tonegawa, S. (2018). Engram Cell Excitability State Determines the Efficacy of Memory Retrieval. *Neuron*, (In Press). DOI: j.neuron.2018.11.029
- Pinto, M. (2012). *Neurociencias y teorías de la toma de decisiones*. Madrid: EAE.

- Piskorowski, R., y Chevaleyre, V. (2018). Memory circuits: CA2. *Current Opinion in Neurobiology*, 52(1): 54-59.
- Pizarro, B. (2003). *Neurociencia y educación*. Madrid: La Muralla Editorial.
- Poo, M., Pignatelli, M., Ryan, T., Tonegawa, S., Bonhoffer, T., Martin, K., Rudenko, A., Tsai, L., Tsien, R., Fishell, G., Mullins, C., Goncalves, T., Shtrahman, M., Johnston, S., Gage, F., Dan, Y., Long, J., Buzsáki, G y Stevens, C. (2016). What is memory? The present state of the engram. *BMC Biology*, 2016(1): 2-18.
- Purves, D. (2015). *Neurociencia*. México: Editorial Panamericana.
- Quian, R. (2016). Magic and cognitive neuroscience. *Current Biology*, 26(10): 390-394.
- Quian, R. (2018). *¿Qué es la memoria?* Barcelona: Ariel.
- Quian, R., Mukamel, R., Isham, E., Malach, R., y Fried, I. (2008). Human single-neuron responses at the threshold of conscious recognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(1): 3599-3604.
- Quian, R., Reddy, L., Kreiman, G., Koch, C., y Fried, I. (2005). Invariant visual representation by single neurons in the human brain. *Nature*, 435(1): 1102-1107.
- Rao-Ruiz, P., Yu, J., Kushner, S., y Josselyn, S. (2018). Neuronal competition: microcircuit mechanisms define the sparsity of the engram. *Current Opinion in Neurobiology*, 54(1): 163-170.
- Rashid, A., Yan, Ch., Mercado, V., Hsiang, H., Park, S., Cole, C., De Cristofaro, A., Yu, J., Ramakrishnan, Ch., Lee, S., Deisseroth, K., Frankland, P., y Josselyn, S. (2018). Competition between engrams influences fear memory formation and recall. *Science*, 353(6297): 383-387.
- Rashid, H., Mahboob, A., y Ahmed, T. (2017). Role of cholinergic receptors in memory retrieval depends on gender and age of memory. *Behavioural Brain Research*, 331(1): 233-240.
- Redolar, D. (2014). *Neurociencia cognitiva*. México: Panamericana.
- Redolar, D. (2017). *Placer, toma de decisiones y cerebro*. Catalunya: UOC.
- Ressler, R., y Maren, S. (2018). Synaptic encoding of fear memories in the amygdala. *Current opinion in neurobiology* 54(1): 54-59.
- Ripoli, C. (2017). Engram-pigenetics: Epigenetics of engram memory cells. *Behavioural Brain Research*, 325(1): 297-302.
- Rogerson, T., Cai, D., Frank, A., Sano, Y., Shobe, J., Lopez, M., y Silva, A. (2014). Synaptic tagging during memory allocation. *Nat Rev Neuroscience*, 15(1): 157-169.
- Rolls, E., Grabenhorst, F., y Deco, G. (2010). Choice, difficulty, and confidence in the brain. *NeuroImage*, 53(1): 694-706.
- Romo, M. (2014). *Entrena tu cerebro: neurociencia para la vida cotidiana*. Barcelona: Alienta Editorial.
- Romo, R., y Rudomin, P. (2012). *Control motor y cognición: propiedades emergentes de redes neuronales*. México: Colegio Nacional.

- Rosales, M., Juárez, C., y Barros, P. (2018). Evolution and genomics of the human brain. *Neurología*, 33(4): 254-265.
- Rosental, D. (2018). Consciousness and confidence. *Neuropsychologia*, 2018(1): 1-8.
- Rossato, J., Bevilaqua, L., Medina, J., Izquierdo, I., y Cammarota, M. (2006). Retrieval induces hippocampal-dependent reconsolidation of spatial memory. *Learning Memory*, 13(4): 431-440.
- Rossi-Arnaud, C., Spataro, P., y Geraci, L. (2018). Effects of Stereotype Threat and Prior Task Success on Older Adults' Eyewitness Memory. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 7(3): 422-431.
- Rouvière, H., y Delmas, A. (2005). *Anatomía Humana: descriptiva, topográfica y funcional*. Barcelona: Elsevier Masson.
- Roy, D., y Tonegawa, S. (2017). Manipulating memory in space and time. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 17(1): 1-7.
- Roy, D., Kitamura, T., Okuyama, T., Ogama, S., Sun, C., Obata, Y., Yoshiki, A., y Tonegawa, S. (2017). Distinct Neural Circuits for the Formation and Retrieval of Episodic Memories. *Cell*, 170(5): 1000-1012.
- Roy, D., Muralidhar, S., Smith, L., y Tonegawa, S. (2017). Silent memory engrams as the basis for retrograde amnesia. *PNAS*, 114(46): 9972-9979.
- Roy, D., Muralidhar, S., Smith, L., y Tonegawa, S. (2017). Silent memory engrams as the basis for retrograde amnesia. *PNAS*, 114(46): 9972-9979.
- Sah, P. (2017). Fear, Anxiety, and the Amygdala. *Neuron*, 91(1): 1-2.
- Salinas, D. (2015). Proyecto BRAIN: ¿solo se estudia en computadoras? *Rev Med Chile*, 143(8): 1081-1082.
- Salinas, D. (2016). Proyecto cerebro humano: ¿existen experimentos secretos con humanos en Latinoamérica? *Archivos de Medicina*, 16(1): 196-198.
- Salovey, P., y Mayer, J. (1990). Emotional Intelligence, Imagination, *Cognition and Personality*, 9(3): 185-211.
- Schacter, D. (1997). *Searching for Memory: the brain, the mind, and the past*. New York: Perseus Books.
- Schacter, D. (2003). *Los siete pecados de la memoria*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Schacter, D. (2007). *Los siete pecados de la memoria: cómo olvida y recuerda la mente*. Madrid: Ariel.
- Schacter, D., Gilbert, D., Wegner, D., y Nock, M. (2015). *Introducing psychology* (3rd Edition). New York: Worth.
- Scheepers, D., y Derks, B. (2016). Revisiting social identity theory from a neuroscience perspective. *Current Opinion in Psychology*, 11(1): 74-78.
- Schiller, D., Monfils, M., Raio, C., Johnson, D., LeDoux, J., y Phelps, E. (2010). Preventing the return of fear in humans using reconsolidation update mechanisms. *Nature*, 463(7277): 49-53.
- Schmidt, W., y Reith, M. (2005). *Dopamine and glutamate in psychiatric disorders*. New Jersey: Humana Press.

- Segovia de Arana, J. (2003). *Memoria y olvido*. Madrid: Real Academia de Ciencias Morales y Políticas.
- Sehgal, M., Zhou, M., Lavi, A., Huang, S., Zhou, Y., y Silva, A. (2018). Memory allocation mechanisms underlie memory linking across time. *Neurobiology of Learning and Memory*, 153(1): 21-25.
- Sekar, A., Bialas, A., De Rivera, H., Davis, A., Hammond, T., Kamitaki, T., Tooley, K., Presumey, J., Baum, M., Van Doren, V., Genovese, G., Rose, S., Handsaker, R., Daly, M., Carroll, M., Stevens, B., y McCarroll, S. (2016). Schizophrenia risk from complex variation of complement component 4. *Nature*, 530(7589): 177-183.
- Sekeres, M., Winocur, G., y Moscovitch, M. (2018). The hippocampus and related neocortical structures in memory transformation. *Neuroscience Letters*, 680(1): 39-53.
- Shankle, W., Raffi, M., Landing, B., y Fallon, J. (1999). Approximate Doubling of Numbers of Neurons in Postnatal Human Cerebral Cortex and in 35 Specific Cytoarchitectural Areas from Birth to 72 Months. *Pediatric and Developmental Pathology*, 2(3): 244-259.
- Siegel, D. (2007). *The Mindful Brain*. New York: W.W. Norton & Company.
- Siegel, G. (2006). *Basic neurochemistry*. Amsterdam: Elsevier.
- Sigman, M. (2015). *La vida secreta de la mente. Nuestro cerebro cuando decidimos, sentimos y pensamos*. México: PRH.
- Simon-Dack, S., Holtgraves, T., Hernández, K., y Thomas, C. (2015). Resting EEG and behavioral correlates of interhemispheric transfer times. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 20(5): 618-638.
- Simons, J., Garrison, J., y Johnson, M. (2017). Brain Mechanisms of Reality Monitoring. *Trends in Cognitive Sciences*, 21(6): 462-473.
- Sjaak, H. (1995). Learning by Forgetful Players. *Games and Economic Behavior*, 11(2): 304-329.
- Snowdon, D. (2001). *Aging with grace: what the nun study teaches us about leading longer, healthier, and more meaningful lives*. New York: Bantam Books.
- Sousa, J. (2014). *Neurociencia educativa. Mente, cerebro y educación*. Madrid: Narcea Ediciones.
- Sundem, G. (2015). *Your daily brain*. New York: Penguin Random House.
- Tanaka, K., He, H., Tomar, A., Niisato, K., Huang, A., y McHugh, T. (2018). The hippocampal engram maps experience but not place. *Science*, 361(1): 392-393.
- Taubenfeld, S., Milekic, M., Monti, B., y Alberini, C. (2001). The consolidation of new but not reactivated memory requires hippocampal C/EBPbeta. *Nat Neuroscience*, 4(8): 813-818.
- Téllez, A. (2003). *La memoria humana: revisión de hallazgos recientes*. Monterrey: UANL.
- Tettegah, A., y Evie, Y. (2016). *Emotions, Technology, and Health. A volume in Emotions and Technology*. New York: Academic Press.
- Thompson, R., y Madigan, S. (2007). *Memory: The Key to Consciousness*. Princeton: Princeton University Press.
- Toga, A. (2015). *Brain Mapping An Encyclopedic Reference*. New York: Academic Press.

- Tonegawa, S. (2017). Monitoring and engineering memory engram cells and their circuits. *Journal of the Neurological Sciences*, 381(1): 1-2.
- Tonegawa, S., Pignatelli, M., Roy, D., y Ryan, T. (2015). Memory engram storage and retrieval. *Current Opinion in Neurobiology*, 35(1): 101-109.
- Tuominen, H., Tiihonen J., y Wahlbeck, K. (2005). Glutamatergic drugs for schizophrenia: a systematic review and meta-analysis. *Schizophr Res*, 1(72): 225-234.
- Vakil, E., Wasserman, A., y Tibon, R. (2018). Development of perceptual and conceptual memory in explicit and implicit memory systems. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 57(1): 16-23.
- Valentini, E. Nicolardi, V., y Aglioti, S. (2017). Painful engrams: Oscillatory correlates of working memory for phasic nociceptive laser stimuli. *Brain and Cognition*, 115(1): 21-32.
- Vallet, R., Manzanero, A., Aróztegui, J., y García, R. (2017). Diferencias según la edad en las características fenomenológicas de los recuerdos a largo plazo del atentado del 11 de marzo de 2004. *Anuario de Psicología Jurídica*, 27(1): 85-93.
- Van Den Berg, R., Zylberberg, A., Kiani, R., Shadlen, M., y Wolpert, D. (2016). Confidence Is the Bridge between Multi-stage Decisions. *Current Biology*, 23(23): 3157-3168.
- Vance, D., Pariya, M., Fazeli, B., Moneyham, L., Norman, L., Keltner, E., y Raper, J. (2013). Assessing and Treating Forgetfulness and Cognitive Problems in Adults With HIV. *Journal of the Association of Nurses in AIDS Care*, 24(1): 40-60.
- Venables, G., Bates, D., y Cartlidge, N. (1988). A forgetful man. *Case Presentations in Neurology*, 1(1): 15-18.
- Veselis, R. (2018). Complexities of human memory. *British Journal of Anaesthesia*, 121(1): 210-218.
- Vessel, M., y Darian-Smith, C. (2010). Adult neurogenesis occurs in primate sensorimotor cortex following cervical dorsal rhizotomy. *Journal of Neuroscience*, 30(25): 8613-8623.
- Walker, W., Skowronski, J., y Thompson, C. (2003). Life is pleasant, and memory helps to keep it that way. *Review of General Psychology*, 7(2): 203-210.
- Wang, Q. (2009). Are Asians forgetful? Perception, retention, and recall in episodic remembering. *Cognition*, 111(1): 123-131.
- Waxman, S. (2011). *Neuroanatomía clínica*. México: McGraw-Hill Educación.
- Whiting, P. (2003). GABA-A receptor subtypes in the brain: a paradigm for CNS drug discovery? *Drug Discov Today*, 15(8): 445-450.
- Whitmore, J. (2017). *Coaching for performance*. London: Nicholas Brealey Publishing.
- Wiegert, S., Pulin, M., Gee, C., y Oertner, T. (2018). The fate of hippocampal synapses depends on the sequence of plasticity-inducing events. *BioRxiv*, 2018(1): 2-27.
- Wiese, D., Rodríguez, J., Hsu, Y., Kulathinal, R., y Hayes, A. (2018). The fluidity of biosocial identity and the effects of place, space, and time. *Social Science and Medicine*, 198(1): 46-52.

- Wixted, J., Squire, L., Jang, Y., Papesh, M., Goldinger, S., Kuhn, J., Smith, K., Treiman, D., y Steinmetz, N. (2014). Sparse and distributed coding of episodic memory in neurons of the human hippocampus. *PNAS*, *836*(5): 2-11.
- Yokose, J., Okubo-Suzuki, R., Nomoto, M., Ohkawa, N., Nishizono, H., Suzuki, A., Matsuo, M., Tsujimura, S., Takahashi, Y., Nagase, M., Watabe, A., Sasahara, M., Kato, F., y Inokuchi, K. (2017). Overlapping memory trace indispensable for linking, but not recalling, individual memories. *Science*, *355*(6323): 398-403.
- Yoshii, T., Hosokawa, H., y Matsuo, N. (2017). Pharmacogenetic reactivation of the original engram evokes an extinguished fear memory. *Neuropharmacology*, *113*(1): 1-9.
- Young, P., y Young, P. H. (2001). *Neuroanatomía clínica funcional*. Barcelona: Masson.
- Zagrebelsky, M., y Korte, M. (2014). Maintaining stable memory engrams: New roles for Nogo-A in the CNS. *Neuroscience*, *283*(1): 17-25.
- Zhao, M., Momma, S., Delfani, K., Carlén, M., Cassidy, R., Johansson, C., Brismar, H., Shupliakov, O., Frisen, J., y Janson, A. (2003). Evidence for neurogenesis in the adult mammalian substantia nigra. *PNAS*, *100*(13): 7925-7930.



## Sobre los autores

### Daniel Cantú Cervantes

Doctor en Educación *Cum Laude*, por la Universidad de Baja California. Maestro en Comunicación Académica por el Centro de Excelencia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y Licenciado en Ciencias de la Educación en Tecnología Educativa egresado de la Unidad Académica Multidisciplinaria de Ciencias, Educación y Humanidades de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Profesor Investigador de Tiempo Completo con Perfil Deseable PRODEP de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Integrante de la Red Iberoamericana de Docentes. Certificado por ELT Teach ETS Cengage Learning in English For Teaching Course and Assessment in The Teach Professional Development Program. Su trayectoria académica ha girado siempre acorde con las líneas fundamentales de su campo de trabajo: la instrucción de maestros en formación inicial para estar frente a grupo; por este motivo, su primer trayecto de investigación contextualizó el estudio de la comprensión lectora en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Entre los productos académicos desarrollados sobre esta línea se encuentra el libro *Comprensión lectora: Educación y Lenguaje*, ISBN 9781506519876; los artículos: *Desarrollo de estrategias y enseñanza lectora con apoyo de dispositivos móviles en futuros docentes*, *Uso de dispositivos móviles para favorecer la motivación durante la lectura en educación primaria*, *Propuesta de un modelo de comprensión de estrategias lectoras apoyado por dispositivos móviles en docentes en formación inicial* y los capítulos: *Intervención para favorecer las habilidades lectoras con TIC móviles*, y *Elementos componentes de un modelo de comprensión lectora para futuros docentes*, además de presentar ponencias sobre el tema en distintos congresos nacionales e internacionales. A la par y enseguida de la línea de estrategias lectoras interesó por el estudio de las tecnologías móviles en la educación como instrumentos emergentes presentes en la sociedad que han llegado para quedarse. Entre los productos académicos resultantes de esta línea se encuentran los libros: *Aprendizaje Móvil: El futuro de la educación*, ISBN 9786078563647, *Educación a Distancia y TIC*, ISBN 9781506522432, y *TIC, INNOVACIÓN, EDUCACIÓN: Aportes, Estudios y Reflexiones*, ISBN 978-1506527123, además de los artículos: *Modelo para el reforzamiento del aprendizaje con dispositivos móviles*, *Brecha digital en alumnos del sistema de educación primaria en Tamaulipas, México: un panorama del futuro capital humano del estado*, y *Dispositivos móviles, como estrategia metodológica que favorece la comprensión lectora en alumnos de Quinto Grado*, y los capítulos: *La infraestructura y uso de las TIC en los planteles educativos de nivel preescolar del Altiplano tamaulipeco: un estudio basado en la percepción de los docentes*, *Universidades una transformación necesaria: de la educación presencial a la educación virtual*, *Smartphones y educación*, *Intervención para favorecer las habilidades lectoras con TIC*



móviles, y *¿Cómo las IES pueden brindar respuestas a los desafíos de la educación superior que se presentan en México y Latinoamérica?*, además de presentar ponencias sobre la temática en distintos congresos de carácter nacional e internacional celebrados en México. Después de trabajar en estas líneas, el doctor Cantú empezó sus estudios en neurociencia como frontera de la ciencia que impacta de manera directa en el contexto del aprendizaje y la enseñanza. Entre los productos desarrollados se encuentran los capítulos: *Importancia de las neurociencias en la educación*, y *Redes sociales: desde una perspectiva neuroeducativa*, además de los artículos: *Especialización hemisférica y estudios sobre lateralidad* y *Estudios sobre creatividad figurativa no verbal por la activación motora de la mano izquierda*, y el libro *Redes sociales: perspectivas desde la neuroeducación*, ISBN en trámite. El objetivo del impacto que provee la presente obra, es reforzar y actualizar las bases pedagógicas de los investigadores de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y de México, contribuyendo a la construcción del estado del arte para beneficiar una mejor comprensión sobre el cerebro humano en sus procesos de aprendizaje. Correo electrónico: [dcantu@docentes.uat.edu.mx](mailto:dcantu@docentes.uat.edu.mx)

### **Arturo Amaya Amaya**

Doctor en Educación Internacional con Especialidad en Tecnología Educativa. Maestro en Administración de Empresas con Especialidad en Administración de Sistemas de Información. Maestro en Big Data & Business Intelligence. Licenciado en Informática. Es instructor certificado del Sistema Blackboard Learn y experto en el Manejo de Sistemas Administradores de Aprendizaje y Ambientes Virtuales de Aprendizaje. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Es director de Educación a Distancia y profesor en el Doctorado en Educación Internacional, Maestría en Tecnología Educativa y Maestría en Comunicación de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. También es profesor de la Maestría en Tecnología Educativa de la Universidad Da Vinci y de la Maestría en Tecnologías para el Aprendizaje y el Conocimiento de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Es representante de la Universidad Autónoma de Tamaulipas ante el Sistema Nacional de Educación a Distancia y el Espacio Común de Educación Superior a Distancia. Es evaluador externo de la Revista Electrónica de Investigación Educativa de la Academia de Ciencias Administrativas. Es autor del libro *Aprendizaje móvil: el futuro de la educación* y *Redes sociales: perspectivas de la neuroeducación*. Su línea de investigación es la Educación a Distancia y neuroeducación. Correo electrónico: [aamaya@uat.edu.mx](mailto:aamaya@uat.edu.mx)

*Una introducción a la memoria humana desde perspectivas de la neurociencia y el aprendizaje*, de Daniel Cantú Cervantes y Arturo Amaya Amaya, autores, publicado por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y Fontamara como edición digital culminada en abril de 2022. El cuidado estuvo a cargo del Consejo de Publicaciones UAT.

*Una introducción a la memoria humana desde perspectivas de la neurociencia y el aprendizaje*, es una invitación dirigida y pensada para investigadores en las áreas de educación, psicología y neurociencia, maestros en formación inicial, continua y personas interesadas en el contexto de la investigación mnémica humana, con el fin de ofrecer un espacio para la profundización en un esquema reflexivo sobre los procesos de la memoria humana con fines de generar un mejor entendimiento sobre aquellos aspectos relacionados con los pilares fundamentales de la memoria, como son las emociones, la percepción y atención, la toma de decisiones, la semantización mnémica, las técnicas de borrado de memoria, los tipos de información que almacena nuestro cerebro, las etapas mnémicas fundamentales y el olvido. Además de esto, se presenta una recopilación de 17 estrategias, recomendaciones y principios básicos para facilitar la memoria, considerando sus procesos de codificación, consolidación y recuperación de los recuerdos.

ISBN UAT: 978-607-8750-90-0

ISBN Fontamara: 978-607-736-742-0

