

CEREBRO Y MEMORIA

DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED
DOCENTES APRENDIENDO EN RED



Ministerio de
Educación
Presidencia de la Nación



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura

PRESIDENTA DE LA NACION
Cristina FERNÁNDEZ DE KIRCHNER

MINISTRO DE EDUCACIÓN
Alberto SILEONI

SECRETARIA DE EDUCACIÓN
María Inés ABRILE de VOLLMER

SECRETARIO DEL CONSEJO FEDERAL DE EDUCACIÓN
Domingo DE CARA

SECRETARIO DE POLÍTICAS UNIVERSITARIAS
Alberto DIBBERN

SUBSECRETARIO DE PLANEAMIENTO EDUCATIVO
Eduardo ARAGUNDI

SUBSECRETARIA DE EQUIDAD Y CALIDAD
Mara BRAWER

INSTITUTO NACIONAL DE FORMACIÓN DOCENTE
Graciela LOMBARDI

DIRECCIÓN NACIONAL DE FORMACIÓN DOCENTE E INVESTIGACIÓN
Andrea MOLINARI

COORDINADORA DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA DEL INFED
Ana PEREYRA

PRESENTACIÓN

Durante el año 2010 en el Instituto Nacional de Formación Docente se desarrolló la primera etapa del dispositivo Escritura en Ciencias que contó con la participación de profesores de institutos de formación docente de las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, La Pampa, La Rioja, Neuquén, Salta, San Luis, Santa Cruz, Santa Fe, Santiago del Estero, Tierra del Fuego y Tucumán.

Inspirada en un programa del Sector Educación de la Oficina de UNESCO, Montevideo denominada *Docentes Aprendiendo en Red*, la propuesta de Escritura en Ciencias conforma una experiencia innovadora en nuestro país, reuniendo a 30 profesores de diferentes provincias que, a través de un trabajo grupal, llevan a cabo la escritura de 6 textos sobre contenidos de problemáticas actuales de las ciencias naturales.

Esta experiencia se desarrolló a lo largo de un año mediante un dispositivo semipresencial, en el cual los grupos de estudio se reúnen periódicamente orientados por coordinadores de escritura y asesorados por destacados investigadores de nuestro país, estudian e investigan sobre los temas. Los profesores llevan adelante un proceso de elaboración de los textos, mediante un uso intensivo de aula virtual realizando intercambios muy activos que tienen como meta específica producir libros sobre temas científicos, en un ejercicio de trabajo colaborativo.

Escritura en Ciencias pretende inscribirse dentro de las tendencias actuales de los dispositivos de formación docente, desplegando un *trayecto de formación* donde se implica la experiencia y la práctica de los participantes, en un proceso conjunto de construcción de conocimiento. Desde esta propuesta se asume que escribir profesionalmente es una práctica y un aprendizaje continuo, que supone un arduo trabajo, que se pone en juego en diferentes contextos sociales, y por eso, frente a cada nueva situación es preciso 'reaprender' las maneras de escribir propias del texto o disciplina que lo demanda.

El desarrollo actual de políticas de formación marca un tiempo de transición y de cambios que empiezan a modificar las lógicas de formación de los docentes. La característica de este dispositivo de Escritura en Ciencias traduce algunas de las propuestas actuales de formación en investigación, tomando en cuenta un conjunto

de variables que contribuyen a la formación sostenida de los profesores.

Es sabido que la escritura académica constituye un aspecto relevante de este proceso. Cuando se investiga, la escritura interviene de diferentes maneras y son variados los modos en que se requiere su uso: escribir planes de escritura, sintetizar lecturas, tomar notas, desarrollar ideas y conceptos, articular discusiones teóricas, son algunas de las muchas operaciones que se activan para la elaboración de un texto. Estas cuestiones se enlazan solidaria y necesariamente dentro del proceso que demanda la tarea y la producción intelectual. El trabajo alcanza otro nivel de complejidad cuando se asocia a un proceso de construcción colectiva, el cual supone algunas condiciones inexcusables para su realización:

- Los trayectos formativos, posibilidad de continuidad y persistencia sobre el trabajo propios y el de otros

Sabemos que durante mucho tiempo en la Argentina los espacios de formación se caracterizaron en propuestas a los docentes para que llevaran por su cuenta la aplicación de grandes principios o cuerpos teóricos que se desplegaban en esos espacios. Algunos rasgos predominantes de esta formación que marcaron todo un estilo de capacitación se reconoce en el predominio del formato 'curso' y la capacitación en cascada que, por efecto derrame, debía llegar desde un centro que se encuentra arriba hacia el lugar más lejano, por lo general, el espacio del aula.

Los problemas fundamentales que conllevan esas lógicas son la intermitencia, la fragmentación y superposición de perspectivas que en no pocos casos dificultan la aplicación que los docentes intentan hacer con las propuestas teóricas. Hay suficiente literatura sobre estas cuestiones y sus consecuencias, entre las más relevantes, la escasa huella que esas modalidades han dejado para las posibilidades de un trabajo enriquecedor con las prácticas docentes.

La idea de *Trayecto formativo* se torna superadora de algunas tradiciones asentadas en la realización de un curso. Posibilita el cumplimiento de procesos formativos y transcurre en una temporalidad de continuidad que permite a los protagonistas ser hacedores de una tarea o producción junto a otros.

- Énfasis en las necesidades prácticas de los docentes en los programas de formación

Paulatinamente se intenta poner en foco ‘las necesidades prácticas’ de los docentes como centro de los programas de formación en servicio. Esta tendencia muestra un movimiento opuesto a aquellas que se presentan alejadas de esas necesidades y que sobredimensionan aspectos teóricos con escaso vínculo con la producción durante la oferta de formación.

En esta propuesta, la práctica de la escritura se coloca en el centro, concebida más que como una *macrohabilidad* que hay que dominar, como una herramienta al servicio del pensamiento epistémico, que trabaja en la adecuación y reorganización de géneros discursivos primarios, para expresar saberes y conocimientos, en *géneros secundarios pertinentes* a situaciones comunicativas con otro nivel de complejidad. Argumentar, explicar, describir, ejemplificar, manejar el discurso de autoridad, referir a fuentes, de manera directa o indirecta, incluir y presentar una evidencia empírica son algunas de las operaciones específicas de este tipo de escritura. Constituyen estrategias puntuales que requieren aprendizaje, reflexión y desarrollo autónomo.

Escritura en Ciencias se convierte en un espacio y oportunidad para que los profesores puedan desarrollar la práctica de la escritura ligada a contextos muy específicos del campo científico.

- Los docentes son sujetos de saber y corresponsables de los procesos de formación

Las posiciones llamadas *aplicacionistas*, que conciben a los profesores como prácticos, ejecutores de algún tipo de teoría, les otorgan un lugar subsidiario y subalterno que termina invisibilizando capacidades y alternativas de un trabajo más creativo vinculado con el conocimiento.

Un presupuesto que se encuentra en la base de las nuevas propuestas, además de verificar la ineficacia de las que hemos mencionado, es la idea de que los docentes son sujetos de saber y corresponsables de los procesos de formación. Y este reconocimiento no es menor y constituye una pieza clave para comprender el sentido de las políticas actuales de formación docente.

La idea que los profesores pueden constituirse en autores de textos que abonen espacios formativos implica un cambio de su estatuto en la manera de concebir su trabajo. Esta es una nota distintiva del proyecto de Escritura en Ciencias y uno de los propósitos fundamentales. Este cambio de estatuto sobre su trabajo conlleva también la idea de la corresponsabilidad en sus procesos de producción y formación.

- El desarrollo de la práctica de escribir a lo largo de todo un proceso de formación

Si bien existe consenso sobre la puesta en foco de las necesidades prácticas de los docentes, es preciso tener en cuenta que este deseo presenta una serie de matices a la hora de traducirlo a propuestas concretas para la formación continua. Las propuestas de formación continua requieren para el desarrollo profesional atender a cuestiones de ¿Cómo hacer aparecer la tarea y la realización de una producción a lo largo de todo un proceso de formación que, sin desestimar cuestiones teóricas, ponga especial énfasis en las maneras prácticas de resolverlo?

Inspirado en esas ideas precedentes, Escritura en Ciencias concibe a la producción de los textos como el hilo articulador y conductor de todo el proceso del trayecto formativo. Todos los otros elementos del dispositivo colaboran a modo de andamiaje para que cada producción pueda ser elaborada.

- El desafío de encontrar los mecanismos institucionales para que los docentes se constituyan en fuerza renovadora de las prácticas.

Existen numerosas propuestas de formación de modalidades presenciales o semi presenciales donde los docentes cuentan con tutorías y diferentes andamiajes que colaboran como sostén y apoyatura durante todo el proceso para favorecer la producción. Pero, como sostiene Flavia Terigi, constituye todo un desafío “encontrar los mecanismos institucionales para que esos docentes se constituyan en una fuerza renovadora de las prácticas”.

En esta propuesta, el reto se resuelve mediante un trabajo de articulación entre investigadores con los grupos de trabajo y las intervenciones de los orientadores de escritura, que entran en un andamiaje artesanal que procura leer y atender todo el tiempo a las necesidades de construcción que plantean los equipos de profesores. Esta actividad propone la idea de una estructura abierta y dinámica que se rearma continuamente, sin desestimar los propósitos y objetivos generales de esta línea de trabajo. Se trata de dispositivos que operan con otra temporalidad y que a simple vista, se tornan más costosos económicamente. No obstante, esta aparente “lentitud” que acompaña intercambios muy activos, es la que genera condiciones para horadar y dejar huella perdurable y transformadora en las experiencias profesionales de los docentes.

- Las producciones combinan procesos investigativos y formativos

La confluencia entre investigadores, docentes y coordinadores de escritura reunidos en este dispositivo del INFD implica una apuesta por superar la escisión entre investigación y formación docente que ha caracterizado durante muchos años los modelos de la formación pedagógica. El vínculo de cooperación y acompañamiento a las producciones entre los distintos perfiles involucrados en el dispositivo de la primera edición, superó con creces las expectativas iniciales del equipo del INFD que generó el dispositivo.

Las producciones que se presentan a continuación expresan la potencialidad de un modelo hermenéutico de la formación docente frente a las limitaciones de concepciones aplicacioncitas o academicistas.

Los textos abordan los siguientes temas:

- 1- Los plaguicidas, aquí y ahora
- 2- H₂O en estado vulnerable
- 3- Del gen a la proteína
- 4- La multiplicidad de la vida
- 5- Cerebro y memoria
- 6- La evolución biológica, actualidad y debates

Escritura en Ciencias trabaja por el desarrollo de la escritura profesional de los docentes sobre la convicción de que los profesores convocados manifiestan su capacidad para constituirse en autores de textos escritos vinculados con las ciencias, destinados a la consulta y estudio en las aulas de la formación.

Es nuestro deseo que estos textos producidos al calor de estos fecundos procesos de intercambios sean de ayuda y consulta permanente para profesores y estudiantes de Institutos y escuelas de nuestro país.

Ana Pereyra, Coordinadora del Área de Investigación del INFD
Liliana Calderón, Coordinación de Escritura en Ciencias, INFD

ESCRITURA EN CIENCIAS

CEREBRO Y MEMORIA

Autores:

Noel Federman

María Gabriela Goio

Natalia Alejandra Navarro Becerra

Viviana Marisa Cuestas

Alejandra Eugenia Würschmidt

Orientación y asesoramiento científico: Noel Federman

Coordinación de Escritura: María Carrió

Cerebro y memoria / María Gabriela Goio ... [et.al.]. - 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación, 2012.

140 p. : il. ; 16x20 cm. - (Escritura en ciencias)

ISBN 978-950-00-0926-3

1. Ciencias Naturales.Enseñanza. I. Goio, María Gabriela
CDD 507

Autores: Noel Federman, María Gabriela Goio, Natalia Alejandra Navarro Becerra, Viviana Marisa Cuestas, Alejandra Eugenia Würschmidt

Coordinación general: Ana Pereyra, Liliana Calderón

Revisión general del contenido: Antonio Gutierrez

Colaboración: Gabriela Giordano, Renata Colella

Profesores-coordinadores de escritura: María Carrió

Orientación y asesoramiento científico: Noel Federman

Diseño editorial: Renata Kándico, Gaston Genovese www.estudiolate.org

Hecho el depósito que establece la ley 11.723

“Los textos de este libro son copyleft. El autor y el editor autorizan la copia, distribución y citado de los mismos en cualquier medio y formato, siempre y cuando sea sin fines de lucro, el autor sea reconocido como tal, se cite la presente edición como fuente original, y se informe al autor. La reproducción de los textos con fines comerciales queda expresamente prohibida sin el permiso expreso del editor. Toda obra o edición que utilice estos textos, con o sin fines de lucro, deberá conceder estos derechos expresamente mediante la inclusión de la presente cláusula copyleft.”

Fecha de catalogación: 06/03/2012

ÍNDICE

Introducción	19
Capítulo I: Aprendizaje y memoria	21
Noel Federman	
Definiciones	21
Sistema nervioso, plasticidad y memoria	22
Distintos niveles de análisis del aprendizaje y de la memoria	25
Estudio comportamental del aprendizaje y la memoria	25
Aprendizajes complejos	29
Estudio mecanístico del aprendizaje y la memoria	30
Consolidación	31
Consolidación y Reconsolidación	32
Capítulo II: Memoria	35
María Gabriela Goio	
¿Qué es eso que llamamos memoria?	35
Aspectos neurológicos, celulares y moleculares	36
a. El sistema nervioso	36
b. La neurona: unidad básica de transmisión de la información	40
c. ¿Cómo se transmite la información?	41
d. Esas moléculas esenciales: los neurotransmisores	44
Hacia la formación de la memoria: el cerebro plástico	46
Tipos de memoria	48
a. Diferentes tipos de memoria a largo plazo	50
b. ¿Qué parte del cerebro hace qué?	51
Influencia de las emociones en la formación de memorias	53
Capítulo III: Olvido	63
Natalia Alejandra Navarro Becerra	
Lo tengo en la punta de la lengua... ..	63
El olvido está lleno de memoria	64
Dicen que el saber no ocupa lugar pero y ¿el olvido?... ..	66
El yaguareté se extingue, nuestra memoria también	69

Los años pasan, nos vamos volviendo viejos...	72
Cuando la realidad supera la ficción	74
En el otro extremo: el eterno presente, ausencia de pasado	77
Cuando nuestra historia se desvanece sin remedio: en los umbrales del Alzheimer	78
a. Placas y nudos: las señas particulares de la enfermedad de Alzheimer	80
b. Desfosforilación de las proteínas tau: ¿una luz en el camino del Alzheimer?	82
¿Delirio, alucinación o realidad?	84
Hay recuerdos que no voy a olvidar	86

Capítulo IV: Memoria animal: mecanismo de supervivencia 91

Alejandra Eugenia Würschmidt

Introducción	91
La memoria como guía del comportamiento.	91
Representación del mundo: ¿igual para todos?	93
Memoria y aprendizaje: ¿igual para todos?	93
¿Aprender canto para sobrevivir?. Un lugar en la vida y en el cerebro	94
Evolución de los sistemas nerviosos	95
Memoria de elefante	99
"Cerebro de chorlito", "mente de pollo"	102
Aprendizaje social, cultura, lenguaje	104
"¿El recuerdo es algo que se tiene o que se pierde?"	105

Capítulo V: Conciencia - Viviana Marisa Cuestas 109

La conciencia es cosa seria	109
Conciencia humana entre otras...	112
Dime con quién andas y te diré cómo evoluciona tu pensamiento...	113
Conciencia, ¿dónde estás?	117
Las Melodías de la Conciencia	124

Palabras Finales	126
------------------	-----

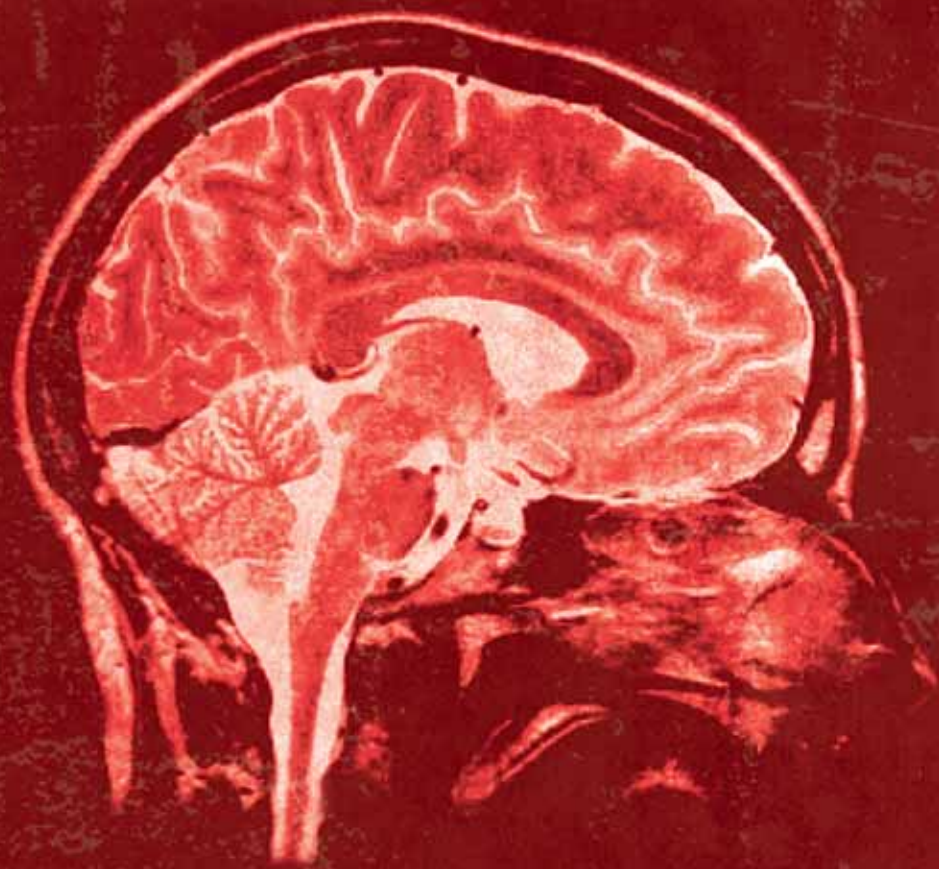
Bibliografía	131
--------------	-----

INTRODUCCIÓN

Queridos Lectores,

El presente libro destaca que si se establece un espacio de intercambio en común entre los niveles de educación secundaria, terciaria y universitaria pueden surgir contribuciones muy valiosas en todas las direcciones, enriqueciendo el conocimiento en cada uno de los niveles educativos. Este libro es el resultado de un extenso trabajo cooperativo entre educadores, de interrogantes, de posibles respuestas, de posibles nuevas preguntas.

Esperamos que se sumen al desafío propuesto por el presente proyecto de escritura en ciencias de transmitir, interesar, hacer pensar y -esperamos- apasionar a nuestros estudiantes.



CAPÍTULO I

Aprendizaje y memoria

Noel Federman

Definiciones

Desde una perspectiva puramente comportamental, el aprendizaje puede definirse como un proceso que se manifiesta a través de cambios adaptativos en el comportamiento individual resultantes de la experiencia (Thorpe 1963). Si disecamos los términos fundamentales de esta definición, notamos que, en primer lugar, hace referencia a un cambio: es decir, mediante el aprendizaje se flexibiliza la conducta de un individuo ante una determinada circunstancia. A nivel experimental, este cambio se evidencia comparando el comportamiento en dos momentos diferentes: durante (t1) y después (t2) de que el aprendizaje haya tenido lugar. En segundo lugar, el término “adaptativo” pone énfasis en el hecho de que el tipo de cambio generado representa un beneficio para el individuo, permitiéndole adaptarse a las condiciones de un ambiente cambiante y contribuyendo así a incrementar su aptitud darwiniana (en inglés, *fitness*) (Dukas 2008). Finalmente, el aprendizaje se adquiere a través de una determinada experiencia, que incluye eventos de naturaleza sensorial, emocional, cognitiva o motora. Ahora bien, para que los cambios de t1 a t2 puedan expresarse, el aprendizaje necesariamente debe perdurar en el tiempo. Se define a la memoria como la retención en el tiempo del cambio comportamental, adquirido a través del aprendizaje.

Si bien estas definiciones operacionales de aprendizaje y memoria pueden resultar prácticas e intuitivas, dejan fuera aspectos fundamentales de estos procesos, como por ejemplo su sustento físico. Desde una perspectiva neurobiológica, consideramos a la memoria como una representación interna de una experiencia comportamental, la cual tiene lugar en el sistema nervioso del individuo generando

una traza mnésica (Maldonado 2008). Es decir, la representación interna es la codificación de propiedades del mundo exterior y/o de un evento, tales como sonido, olores, imágenes, en lenguaje neuronal. El almacenamiento en el tiempo de la información aprendida, es decir la memoria, en forma de representaciones internas dependientes de la experiencia, puede guiar el comportamiento en eventos ulteriores más allá del presente perceptivo o cognitivo, gracias a la potencial capacidad de reactivar tales representaciones (Dudai 2002b). Sin embargo, no todas las representaciones internas que guían el comportamiento son memorias. Construcciones innatas, codificadas genéticamente y establecidas por programas internos durante el desarrollo, aún en ausencia de aprendizaje, pueden ser también representaciones internas. Lo que diferencia a la memoria de otros tipos de representaciones internas es que es generada por un proceso de aprendizaje. La búsqueda de esta representación ha constituido la esencia de la investigación en el campo de la neurobiología de la memoria. En la actualidad, se asume que las memorias o representaciones internas están codificadas espacio-temporalmente en los circuitos neuronales e implican cambios en las propiedades reactivas de las neuronas que los integran (Dudai 2002b). Llegado este punto, podemos redefinir al aprendizaje, aludiendo a sus mecanismos, como el proceso a través del cual una experiencia se codifica en circuitos neuronales, expresándose en un cambio del comportamiento. Resulta evidente que el aprendizaje y la memoria están unidos indisolublemente. En ocasiones, se utiliza el término “aprendizaje” para referirse a aprendizaje seguido de memoria y el término “memoria” indicando implícitamente que ésta vino precedida por un aprendizaje.

Sistema nervioso, plasticidad y memoria

El sistema nervioso está formado por dos tipos de células: las neuronas y las células de la glía. Las neuronas poseen propiedades que otorgan al sistema nervioso la capacidad de ser plástico, es decir, un sistema con la potencialidad de ser modificado. A su vez, estas modificaciones pueden perdurar en el sistema nervioso, otorgando al sistema la capacidad de tener memoria (Kandel 2000, Kandel, Schwartz y Jessell 1995). El cerebro debe ambas características a ciertas particularidades de las neuronas. ¿A cuáles?

Por un lado, una neurona posee polaridad, es decir, dentro de ella existen regiones anatómico y funcionalmente definidas, tales como el cuerpo celular, dendritas y

axón, de manera tal que la información fluye en cierta dirección, de manera polarizada. Básicamente, el cuerpo celular o soma contiene al núcleo y al citoplasma con sus organelas, y es el sitio donde transcurren los procesos de transcripción génica (dentro del núcleo) y traducción (fuera del núcleo). Las dendritas y el axón forman extensiones o arborizaciones del citoplasma de una neurona que la conectan a otras neuronas, localmente (dendritas) o a distancia (axón). Típicamente, las dendritas de una neurona constituyen la región receptiva o de entrada de la información, desde dónde la misma fluye hasta el soma, de ahí hacia el axón y se propaga por éste hasta llegar a su porción terminal que constituye usualmente la región de salida de la información.

Por otro lado, las neuronas son células excitables. Todas las células poseen una membrana celular que separa el citoplasma del medio extracelular. Ambos espacios poseen composición química diferente, por ejemplo se diferencian en la concentración de moléculas con carga. Esta diferencia de cargas genera una diferencia de potencial eléctrico a través de la membrana de la célula. Si una porción de la membrana es perturbada de alguna manera, esta diferencia de potencial eléctrico puede variar. Cuando las neuronas sufren cambios rápidos en su potencial eléctrico de membrana, éstos no necesariamente se disipan sino que pueden propagarse a lo largo de la membrana, gracias a su excitabilidad. Esta propiedad emerge de la forma y polaridad de las neuronas y de la existencia de proteínas ancladas en la membrana de estas células que funcionan como canales iónicos. Estos canales proteicos dejan pasar o no iones hacia dentro o hacia fuera de la neurona. Algunos de ellos, los canales dependientes de voltaje, cuya apertura es inducida por cambios en el potencial eléctrico de membrana, promueven el inicio y la auto-propagación de una señal eléctrica regenerativa hacia porciones contiguas de la membrana de una misma neurona o, inclusive, a neuronas vecinas conectadas a aquélla. De este modo, un circuito neuronal tiene la capacidad de transmitir información de un sitio a otro. La diferencia de potencial eléctrico que se propaga activamente llevando información de una región a otra de la misma neurona se denomina potencial de acción, una señal todo-o-nada de gran amplitud, que se inicia en el cono axónico y se auto-perpetúa invariablemente.

Además, las neuronas también tienen otra manera de transmitir la información, de una a otra, cuya señal es graduada y modificable: el potencial sináptico. Cada neurona posee la capacidad de generar muchos sitios especializados para la comunicación con otras neuronas, llamados sinapsis. Cada sinapsis es una zona de unión entre

dos neuronas donde la información puede transmitirse mediante una sinapsis eléctrica o una sinapsis química. En este último caso, la transmisión implica la liberación de moléculas señalizadoras o neurotransmisores, que son liberados desde la pre-sinapsis a la hendidura sináptica y difunden hasta llegar a las proteínas de membrana receptoras o receptores de estas moléculas en la post-sinapsis. Al ser ocupados por el neurotransmisor, los receptores pueden 1) activar vías de señalización intra-celular; 2) afectar directamente la apertura o cierre de canales, promoviendo cambios en el potencial de membrana de la neurona post sináptica. Esta sinapsis es más lenta que la sinapsis eléctrica. Pero, a diferencia de aquella, es plástica. Es decir, la sinapsis química puede ser reforzada o debilitada y ello permite que la comunicación entre las neuronas componentes no sea fija, sino modificable. Por ejemplo, la actividad frecuentemente evocada en una sinapsis induce a que ésta se refuerce, pudiendo promover una mayor liberación de neurotransmisor desde la pre-sinapsis ante la llegada de una señal eléctrica ó induciendo una mayor cantidad de receptores expresados en la membrana post-sináptica que, ante la misma cantidad de neurotransmisor liberado, provocan una respuesta post-sináptica mayor. De esta manera, la plasticidad de una sinapsis química permite el almacenamiento de información, codificada en la actividad sináptica. Siguiendo con el ejemplo de reforzamiento o potenciación, una vez modificada la sinapsis, ante la llegada de una estimulación en la pre-sinapsis, la respuesta post-sináptica continuará siendo alta. En la teoría de la plasticidad sináptica (TPS) (1893) Ramón y Cajal estableció que la fuerza de una conexión sináptica, la facilidad con la que un potencial de acción en una neurona excita o inhibe a su neurona blanco, puede ser modificada por actividad neuronal y que el proceso de aprendizaje hace uso de dicha maleabilidad. La persistencia de los cambios generados en la comunicación sináptica por el proceso de aprendizaje, según esta teoría prevalente, provee el mecanismo elemental del almacenamiento de la memoria.

Además del efecto en los canales iónicos, que implica cambios rápidos (milisegundos) a nivel del potencial de membrana y puede culminar en un potencial de acción, la activación de los receptores por la interacción en la membrana post-sináptica puede generar cambios más lentos (segundos, minutos), mediante la activación de vías de transducción de señales enzimáticas, que resultan en modificaciones de la función sináptica o de toda la neurona. Desde los trabajos en el molusco *Aplysia* y en el modelo de potenciación de largo término (LTP, por sus siglas en inglés long-term potentiation) en adelante (Bliss y Lomo 1973, Goelet et al.1986) estos cambios

a más largo término, como modificaciones bioquímicas o estructurales en la sinapsis o inducción de una respuesta transcripcional y traduccional, han sido involucrados en procesos de formación de la memoria.

Distintos niveles de análisis del aprendizaje y de la memoria

Existen distintos niveles de análisis y múltiples enfoques utilizados para investigar los mecanismos involucrados en los procesos de aprendizaje y memoria. Se pueden distinguir tres grandes niveles de estudio, los cuales poseen una relación jerárquica entre sí: 1) **A nivel comportamental** se estudia cómo una memoria se manifiesta en la conducta del animal; 2) **A nivel de sistemas o de circuitos** se investiga cómo la información es codificada en circuitos neuronales y si existen distintos circuitos que van formando parte de la traza mnésica, implicándose en el almacenamiento de la información y en la expresión de la memoria en distintas fases de la misma; 3) **A nivel celular y/o molecular** se indaga en cómo se modifican las conexiones neuronales y las propiedades reactivas de las neuronas implicadas en la formación y modificación de los circuitos que conforman la traza mnésica, así como también en qué procesos moleculares dentro de las neuronas subyacen y sostienen aquellos cambios a lo largo del tiempo.

Entender el nivel de análisis en el que uno se sitúa para investigar la formación de la memoria es fundamental para interpretar los resultados obtenidos. Luego de un aprendizaje, las representaciones internas de la experiencia en las que se almacena la memoria constituyen el punto crucial en la investigación neurobiológica de estos procesos. Por ello, en el enfoque escogido en el presente libro, cuando hablamos de cambios moleculares que subyacen a la formación de la memoria no lo entendemos como un mecanismo que codifica de manera independiente la información adquirida, sino que se interpreta en un contexto de circuito neuronal. Más aún, éstos se integran a resultados en otros niveles de análisis para arribar al objetivo principal, el estudio de la memoria.

Estudio comportamental del aprendizaje y la memoria

Para abordar experimentalmente los procesos de aprendizaje y memoria se requiere simplificar el tipo de experiencia que recibe el sujeto experimental, de

modo tal de controlar las condiciones y estímulos que se le presentan. A partir de los trabajos de científicos como Thorndike y Pavlov (Rosenzweig 1998), el estudio del aprendizaje se benefició en gran medida con el uso de modelos animales y el desarrollo de diversos paradigmas experimentales, los cuales constituyen experiencias sensoriales en condiciones controladas. Estos procedimientos permitieron establecer distintas formas de aprendizajes: de tipo **no asociativo** y de tipo **asociativo**. Posteriormente, estos modelos abrieron la posibilidad de realizar intervenciones de distinto tipo en el sistema nervioso, lo cual permitió adentrarse en un análisis mecánico de los procesos de memoria (ver sección siguiente).

Dentro de la categoría de aprendizajes **no asociativos** encontramos a los procesos de habituación y sensibilización. En estos procedimientos se considera que el individuo aprende únicamente sobre la presencia de un estímulo determinado. La babosa de mar *Aplysia* ha sido especialmente útil para estudiar los mecanismos celulares de estas formas simples de aprendizaje ya que varias de sus respuestas defensivas reflejas son alteradas por la experiencia. De modo tal que tomaremos como ejemplo el reflejo de retracción de las branquias en este modelo animal.

La **habituación** se logra mediante una presentación repetida de un estímulo relevante, de modo tal que las respuestas del individuo ante la presencia del mismo van haciéndose cada vez menos intensas. El decremento está específicamente relacionado con el estímulo original, aunque puede generalizarse a estímulos cercanos. En el caso de *Aplysia*, la estimulación táctil (con un pincel) del sifón hace que éste se contraiga y, entonces, las branquias se retraigan, introduciéndose en una cavidad interna. El propósito defensivo de este reflejo es claro: la protección de las branquias de un posible daño. Sin embargo, se observa que la amplitud de la respuesta (la retracción de la branquia) disminuye con la aplicación repetida de la estimulación táctil en el sifón. Es decir, la respuesta es habituada. Sin embargo, es posible reinstalar la respuesta ante la presentación de un estímulo diferente (Carew 2000). Por ejemplo, aplicando una estimulación eléctrica en la cola (shock) la retracción de las branquias se recupera. También con el pasaje del tiempo, la respuesta habituada puede ser recuperada. De manera que la habituación es una solución de compromiso entre la necesidad de que el animal no tenga una pérdida innecesaria de energía (al responder a un estímulo que es reiteradamente inofensivo) y el requerimiento vital de mantener íntegra su capacidad de responder defensivamente (Maldonado 2008).

Ciertos autores (Whitlow y Wagner 1984) consideran a la habituación como un caso de aprendizaje asociativo porque numerosos resultados demuestran que el individuo realiza inevitablemente una asociación entre el estímulo y otros parámetros, tales como el contexto donde fue recibido.

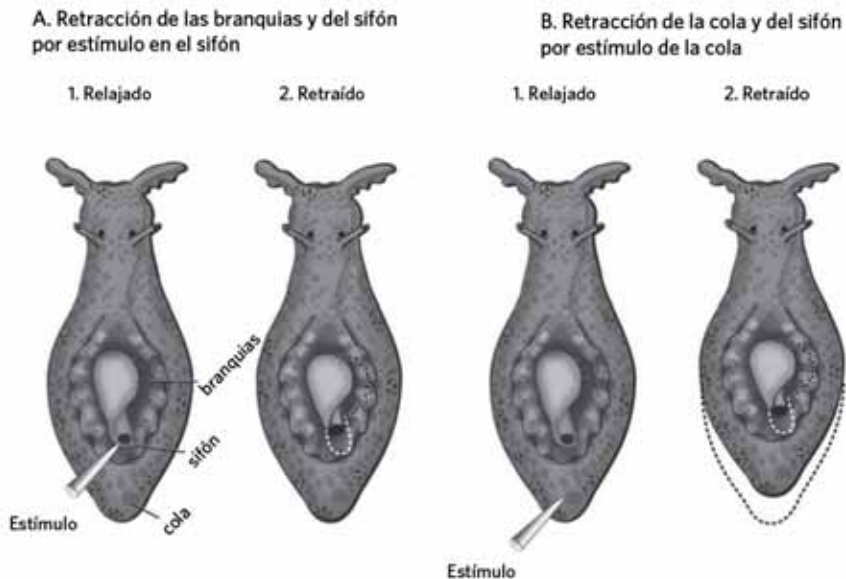


Figura 1.1: vista dorsal de la babosa de mar *Aplysia*. Se observan las branquias, la cola y el sifón. Se señala los sitios posibles a estimular (en A y B) para inducir el reflejo defensivo de retracción y los distintos tipos de aprendizajes no asociativos. Las líneas punteadas indican las partes del cuerpo que han sido retraídas bajo las diferentes estimulaciones.

Por otro lado, la **sensibilización** es el proceso que causa un aumento inespecífico en los niveles de respuesta luego de la exposición a un primer estímulo nuevo, intenso y/o nocivo. Siguiendo con el ejemplo de *Aplysia*, se observó que si primero se estimula con un shock eléctrico en la cola y luego se aplica una estimulación táctil con un pincel en el sifón, ahora la respuesta de retracción de las branquias se ve fuertemente aumentada, en tiempo y amplitud. Es decir, la respuesta ha sido sensibilizada. La sensibilización permitiría a los animales ante un evento novedoso o

potencialmente amenazante, agudizar sus respuestas reflejas defensivas para prepararse para la retracción o el escape.

Por otra parte, el fundamento básico de los aprendizajes de tipo **asociativo** radica en la capacidad de asociar dos o más eventos inicialmente inconexos, lo cual permite a un animal extraer las características relevantes del ambiente que lo rodea, posibilitándole hacer predicciones acerca de los estímulos y sus potenciales consecuencias. Los paradigmas utilizados para estudiar este tipo de aprendizaje se desarrollan a partir de dos condicionamientos básicos: I) En el **condicionamiento clásico** se presentan de modo pareado dos estímulos diferentes: uno de valor neutro (estímulo condicionado, EC) y otro de valor significativo para el individuo (estímulo incondicionado, EI) que genera una respuesta espontánea (respuesta incondicionada, RI). Mediante este procedimiento se logra una asociación entre los dos estímulos, adquiriendo el EC un valor predictivo de la llegada del EI, de tal modo que la sola presentación del EC logra generar una respuesta en el individuo (la respuesta condicionada, RC). Por ejemplo, en un condicionamiento contextual de miedo en ratas, se coloca al animal en un contexto (EC) donde recibe una descarga eléctrica en las patas (EI) que le provoca una respuesta de sobresalto seguido por una respuesta de congelamiento (RI). Luego de un intervalo en otro lugar, al volver a colocar a la rata en el contexto original, se observa la respuesta de congelamiento (RC) sin necesidad de presentarle el EI. II) El **condicionamiento instrumental u operante** implica la asociación entre un determinado comportamiento con un estímulo incondicionado, siendo en este caso el individuo el que detecta la contingencia entre ambos. Por ejemplo, un ratón al explorar la arena experimental (EC) presiona por casualidad una palanca (RI), tras lo cual recibe una ración de alimento (EI). La repetición de esta secuencia lleva a descubrir que su acción, apretar la palanca, trae aparejada una consecuencia, la comida.

A partir de una gran cantidad de evidencias provenientes de diferentes modelos, se establecieron una serie de "leyes" o principios generales del aprendizaje asociativo (Maldonado 2008), entre los que podemos destacar: a) Cuanto más fuerte sea la contingencia entre el EC y el EI (i.e., mayor la probabilidad de que si ocurre el primero, ocurrirá el segundo), mayor será la fuerza de la asociación; b) Es necesaria una proximidad espacio-temporal entre el EC y el EI para generar la asociación entre ambos; c) La fuerza de la asociación entre el EC y el EI será mayor cuanto mayor sea el EI; d) Es posible generalizar la respuesta condicionada a estímulos de características

similares al EC; e) El intervalo entre los ensayos de aprendizaje (donde se presentan apareados el EC y el EI) es un factor determinante en el condicionamiento, siendo más eficiente un espaciamiento de los mismos que un intervalo muy pequeño o nulo. Si bien existen excepciones, se han demostrado estos principios en especies tan diversas como la babosa de mar *Aplysia*, la abeja *Apis*, o el mono *Rhesus*, conduciéndonos a pensar que existe cierta universalidad en los fenómenos de aprendizaje asociativo. Evidentemente, esto no implica que todas las especies puedan formar las mismas asociaciones pues existen restricciones biológicas del aprendizaje que implican cierta predisposición del sistema nervioso de las diferentes especies a formar algunas asociaciones y no otras (Menzel 2007).

Con esta sección se abarca, a grandes rasgos, tres niveles de complejidad que puede tomar el aprendizaje: aprendizaje de la existencia del estímulo (habituación y sensibilización), aprendizaje de la asociación entre estímulos (condicionamiento clásico) y aprendizaje del efecto del comportamiento propio (condicionamiento operante) (Rescorla y Wagner 1972). En cada caso, este comportamiento aprendido por el animal puede dar lugar a la formación de distintos tipos de memorias de corto, mediano o largo plazo (ver capítulos siguientes), dependiendo de la persistencia del comportamiento aprendido a lo largo del tiempo luego de la experiencia original.

Aprendizajes complejos

Aunque los procesos de generación de la memoria, es decir los *aprendizajes*, pueden distinguirse en dos grandes grupos, los aprendizajes no asociativos y los asociativos, éste último grupo a su vez incluye a una gran variedad, tipos o paradigmas de aprendizajes así como diversos niveles de complejidad. El aprendizaje **complejo o relacional** requiere de la formación de una asociación entre estímulos, pero con una complejidad mucho mayor que la representada por el modelo básico del condicionamiento clásico. Es decir, no requiere de la simple asociación de estímulos por las propiedades físicas que los caracterizan, sino que el individuo aprende cierta regla, ley o principio general que le permite ejecutar una tarea hábilmente. Tomaremos un ejemplo maravilloso de aprendizaje complejo: el **aprendizaje basado en una abstracción** en abejas (Giurfa 1996). En este paradigma o modelo de aprendizaje, las abejas aprenden a discriminar entre figuras de distinta simetría. Durante el entrenamiento (o fase de adquisición) las abejas fueron divididas en dos grupos:

a) grupo simétrico: las abejas eran colocadas en un contexto donde se enfrentaban a 3 figuras, 1 simétrica y 2 asimétricas. Cada vez que una abeja se colocaba en la figura **simétrica** era recompensada con alimento; B) grupo asimétrico: 1 asimétrica y 2 simétricas. Cada vez que una abeja de este grupo se colocaba en la figura **asimétrica** era recompensada con alimento. Se realizaron ocho ensayos para cada abeja de cada grupo, pero en cada ensayo las figuras eran distintas, siempre respetando el patrón de simetría y la relación de recompensa. En la sesión de evaluación, cada abeja era enfrentada a 3 paneles, y en cada panel había 4 figuras: 2 simétricas y 2 asimétricas. Las figuras presentadas en la evaluación eran distintas a las presentadas durante los ensayos del entrenamiento, es decir, que las abejas nunca antes habían visto dichas figuras. Se observó que, como resultado del entrenamiento, las abejas del grupo simétrico permanecían más tiempo sobre las figuras simétricas, y viceversa para aquellas del otro grupo. ¡Aprendían que la regla era ir a la figura que tuviese la simetría recompensada, podían aprender una regla que requiere abstracción! Esta habilidad de discriminar entre objetos de distintas simetría pone a estos insectos a la altura de muchas otras especies de primates, delfines y pájaros. Resulta válido, entonces, relacionar una determinada capacidad mnésica (capacidad de formar una determinada memoria) de una especie con el entorno en el que vive, las condiciones de su hábitat y las adversidades que éste le presenta.

Estudio mecánico del aprendizaje y la memoria

En función de su persistencia, las memorias pueden clasificarse, básicamente, en dos tipos: memoria de largo término (MLT) o memoria de corto término (MCT). Ambos tipos de memoria pueden distinguirse entre sí por los procesos moleculares implicados durante la formación de las mismas. Brevemente, la MCT involucra vías de señalización intracelular y modificaciones post traduccionales en proteínas ya existentes, mientras que la MLT además implica síntesis *de novo* de proteínas e inducción de expresión génica.

A partir de estudios farmacológicos, moleculares y conductuales, se definieron diferentes **fases** por las que transcurre el proceso de formación de una memoria, a partir del momento del aprendizaje. En primer lugar, existe una fase de **adquisición** de la información, proveniente de los diversos estímulos experimentados por el animal en el medio ambiente, la cual es función de los sistemas sensoriales. Se-

guidamente, la representación interna de la experiencia sensorial se procesa y se almacena en distintas áreas del sistema nervioso central (SNC), conduciendo a la formación de nuevas memorias. En primera instancia, la memoria puede ser de corta duración, en cuyo caso se denominaría MCT. Asimismo, y dependiendo del tipo de experiencia sensorial experimentada por el animal, es posible que el cambio en el comportamiento perdure por más de 24 horas. En ese otro caso, decimos que se ha formado una MLT. Mediante una fase de **consolidación**, la MCT sería reemplazada por una forma de memoria más estable y de larga duración, la MLT. Se propone la existencia de una mínima cantidad de tiempo necesaria para que la MLT sea consolidada. Durante este período la MLT se caracteriza por presentar un estado lábil, es decir, pasible de disrupción por diversos agentes amnésicos, tales como choques electro-convulsivos (Duncan 1949) o inhibidores de síntesis de proteínas (Barondes 1975, Davis y Squire 1984, Pedreira et al.1995). Al cabo de este período, la memoria puede ser almacenada de forma permanente, por días, años, o incluso toda la vida del individuo. Una vez formada, la MLT es insensible a los **agentes amnésicos o interferentes** antes mencionados. Cuando la memoria está consolidada, la presentación de un recordatorio, es decir, algún estímulo relacionado con la fase de adquisición, puede producir la **evocación** de la memoria. Sucesivamente, y bajo determinadas condiciones, puede ser posible la reactivación de la memoria y la consecuente inducción de una “nueva” fase de vulnerabilidad o labilidad, denominada fase de **reconsolidación** (Pedreira et al.2002). En esta fase la memoria vuelve a atravesar un proceso de re-estabilización que la retorna a su estado consolidado. Esta fase de re-labilización también es definida operacionalmente por su sensibilidad a agentes amnésicos (Misanin et al.1968, Przybyslawski y Sara 1997, Nader et al.2000).

Consolidación

El término consolidación es utilizado en el estudio de la memoria para referirse a dos familias de procesos: la consolidación celular y la consolidación sistémica (Nader y Hardt 2006). La **consolidación celular** es llevada a cabo dentro de los primeros minutos a horas inmediatamente después del aprendizaje y fue encontrada en todos los sistemas estudiados hasta ahora. En este caso, el término engloba a la estabilización dependiente del tiempo de los mecanismos celulares o modificaciones en las propiedades de las neuronas que ocurren luego de la adquisición de la información.

En el campo actual de las neurociencias, el cambio en la eficacia sináptica durante la formación de la memoria ha sido definida como una propiedad universal, por eso a este tipo de proceso se lo suele denominar **consolidación sináptica** (Dudai 2004). En cambio, la **consolidación sistémica** fue encontrada inicialmente en vertebrados, es más prolongada e implicaría la reorganización a través del tiempo de circuitos neuronales y áreas del sistema nervioso central dedicadas al procesamiento y almacenamiento de la información (Dudai 2002b). Por ejemplo, en algunas clases de memoria en humanos se ha observado que una memoria que dependía inicialmente del hipocampo, a través de su consolidación sistémica se vuelva independiente de esta región del cerebro y dependiente de otra (Scoville y Milner 1957, Squire y Alvarez 1995). (Se verá en más detalle en capítulos subsiguientes).

Consolidación y Reconsolidación

La teoría de la consolidación afirma que, tras la adquisición, una memoria transita por un proceso que la convierte en estable y perdurable. Mientras este proceso no se complete, la memoria es inestable y sensible a distintos agentes amnésicos (Davis y Squire 1984). Este concepto fue cuestionado, por lo menos en su formulación clásica, a partir de estudios mostrando que la evocación de una memoria puede abrir un nuevo período de labilidad. Estos trabajos indicaron que después de su reactivación, la memoria requiere de un mecanismo tipo-consolidación para su re-estabilización, un proceso llamado reconsolidación (Misanin et al.1968, Nader et al.2000, Pedreira et al.2002). Es materia de intenso debate si los procesos moleculares que se inducen durante la reconsolidación son recapitulados, en su totalidad o en parte, de igual manera que durante la fase de consolidación, o si la consolidación y la reconsolidación de la memoria implican mecanismos diferentes.

A su vez, algunos autores proponen que el fenómeno denominado reconsolidación es una manifestación de una lenta consolidación y no la recapitulación de un proceso ya cerrado (Dudai y Eisenberg 2004). Consideran que la reconsolidación expande el concepto de consolidación y proponen que las memorias podrían consolidar durante un periodo más extenso que lo que originalmente se creía. En un trabajo reciente (Bekinschtein et al.2007) se ha postulado la existencia de una fase de “estabilización retardada”, requerida para el mantenimiento, pero no para la formación, de una memoria. En este trabajo los autores proponen que la persistencia

de una memoria implica al menos algunos de los mecanismos moleculares característicos del proceso de consolidación, y que, para el mantenimiento de la información adquirida, se producirían episodios recurrentes de consolidación.

De aquí en adelante, los invitamos a explorar el cerebro y la memoria, de los seres humanos (capítulo 2) y de otras especies de animales (capítulo 5), la existencia de procesos conscientes (capítulo 3) que proveen la formación de diferentes tipos de memoria y los mecanismos de filtrado u “olvido” que moldean nuestros recuerdos (capítulo 4).



CAPÍTULO II

Memoria

María Gabriela Goio

¿Qué es eso que llamamos memoria?

“Lo sé de memoria”, “unidades de memoria”, “memoria ROM, memoria RAM”, “tiene memoria de elefante”, “me falla la memoria”...

Cotidianamente hacemos uso de expresiones que incluyen la palabra memoria, ya sea para referirnos a una capacidad del ser humano y los animales o, en los últimos años, a algunas partes del hardware de distintos dispositivos electrónicos, como las computadoras o los teléfonos celulares. Pero, ¿hay algún parecido en el funcionamiento de la memoria de un ser humano y un dispositivo electrónico? En este capítulo se explicará lo que es conocido respecto al funcionamiento de la memoria animal, y en particular, la humana, de modo de aclarar algunos aspectos de la pregunta anterior.

Desde el punto de vista de las Neurociencias, la memoria es la función cerebral por la cual la información recibida desde el entorno puede almacenarse de manera duradera en forma de una representación interna (ver capítulo I) y, de este modo, ser retenida en el cerebro.

El estudio y conocimiento biológico del cerebro y la memoria comprende un área multidisciplinar que incluye muchos niveles organizativos de análisis, desde el nivel molecular, pasando por el nivel celular y las regiones cerebrales hasta el nivel más complejo: la interacción entre el sistema nervioso y el resto del organismo, es decir, el modo en que este sistema comanda el comportamiento del animal o individuo.

Para poder abarcar todos esos niveles, los profesionales que se dedican a la investigación en Neurociencias provienen de ámbitos de formación muy variados: biología molecular y celular, bioquímica, fisiología, farmacología, anatomía, biología del desarrollo, biología de sistemas, física, bioinformática, matemáticas, neurología, neurocirugía, psiquiatría y psicología. Esta profusa variedad de disciplinas lleva a una multiplicidad de enfoques y métodos que optimizan la investigación neurocientífica al permitir diseñar nuevos abordajes en los distintos estudios.

Este capítulo se propone describir lo que se entiende por memoria; se centrará en sus aspectos biológicos, en base a los distintos descubrimientos que se han realizado en el pasado así como en hipótesis sobre las que trabajan los investigadores en la actualidad. Pretende proporcionar la información más general sobre el modo en que funciona el **cerebro humano, en particular, el aspecto de la memoria**, poniendo en contacto a los docentes que enseñan estos tópicos en los distintos niveles de educación con los desafíos que plantea la investigación en Neurociencias.

Aspectos neurológicos, celulares y moleculares

En base a la diversidad de aspectos con que pueden abordarse los estudios neurocientíficos, es posible estudiar la memoria desde tres niveles diferentes: comportamental, sistema y molecular.

El nivel comportamental abarca la investigación sobre las pautas de organización de la memoria, caracteriza distintas fases correspondientes a la adquisición de la información, su mantenimiento, recuperación y pérdida.

A nivel sistema, las investigaciones se interesan en los circuitos neuronales involucrados en el proceso, así como a las interacciones entre las distintas partes del cerebro a lo largo de las distintas fases definidas en el nivel anterior.

Por último, el abordaje desde el nivel molecular analiza los distintos mecanismos que ocurren en el interior de las células y que están involucrados en las distintas fases de la memoria.

En este capítulo se desarrollan los dos últimos niveles, mientras que en el capítulo I se analizó el aspecto comportamental.

- a. El sistema nervioso

El sistema nervioso está formado por un conjunto de estructuras que funcionan

de manera coordinada con el fin de mantener la comunicación entre el cerebro y el resto del cuerpo.

Para facilitar su estudio se lo divide en Sistema Nervioso Central (SNC) compuesto por el cerebro y la médula espinal, y el Sistema Nervioso Periférico (SNP) que comprende la red de nervios y ganglios que se extienden a lo largo de todo el cuerpo.

El sistema nervioso periférico (SNP) se subdivide en dos subsistemas: el sistema nervioso somático y sistema nervioso autónomo. Los componentes del sistema nervioso somático se encargan de la relación del organismo con el entorno, enviando al cerebro la información de numerosos detectores sensoriales. A la vez, son los encargados de transmitir las respuestas a los estímulos registrados.

El sistema nervioso autónomo es el encargado de regular las funciones vitales y mantener el equilibrio interno coordinando actividades como la digestión, la presión sanguínea, la secreción de hormonas, etc. A su vez, puede dividirse en dos subsistemas: el simpático, que entra en acción para preparar el organismo cuando éste se dispone a entrar en actividad física o mental; y el parasimpático, que genera una disminución de las funciones corporales a los fines de ahorrar energía: todos los mecanismos que se activaron por medio del sistema simpático, una vez que dejan de ser necesarios, son desacelerados por el sistema parasimpático. Las únicas funciones que aumentan por acción del sistema parasimpático son la digestión y el deseo sexual.

La función del cerebro es controlar y dirigir todo lo que hace el organismo, tanto voluntariamente (hablar, escribir, saltar) como involuntariamente (respirar, pestañear, digerir los alimentos), por ello es el órgano mejor protegido de todo el cuerpo, rodeado de una serie compleja de capas protectoras que se superponen.

Si bien el cerebro funciona como un todo, hay áreas que se relacionan más con una función que con otras, siendo uno de los objetivos de las Neurociencias establecer correlaciones entre funciones y áreas del cerebro involucradas. Para ello, en la actualidad se utilizan las técnicas de Resonancia Magnética funcional (fMR, por sus siglas en inglés) y la de Tomografía de Emisión de Positrones (PET, por sus siglas en inglés) a los fines obtener imágenes del cerebro.

La Resonancia Magnética funcional se basa fundamentalmente en las propiedades electromagnéticas de la hemoglobina de la sangre, con y sin oxígeno. La sangre va al cerebro con oxígeno y vuelve sin él. La diferente proporción del consumo de oxígeno en las distintas áreas del cerebro, de acuerdo a su actividad, permite que los resonadores magnéticos identifiquen las áreas cerebrales que están activas en un determinado momento. Como no se debe introducir ninguna sustancia nociva ni se somete el cuerpo a radiaciones, es un procedimiento inocuo y preciso.

La Tomografía de Emisión de Positrones se basa en la administración de glucosa marcada radiactivamente, la que llega al cerebro por medio del torrente sanguíneo y es utilizada en las regiones cerebrales que están activándose. De este modo es posible observar la actividad en distintas áreas del cerebro persona a estudiar. Este procedimiento permite estudiar la actividad y localización cerebral de muchas sustancias como neurotransmisores, que no se pueden detectar con la fMR.

El hidrógeno que se marca radiactivamente decae muy rápido y la energía que libera durante el decaimiento es muy poca. Sin embargo es necesaria una verdadera justificación para la utilización de esta técnica.

Si se lo observa desde arriba, puede verse que el cerebro humano está dividido en dos mitades aparentemente simétricas pero no idénticas: los hemisferios izquierdo y derecho. Cada uno de ellos controla la mitad opuesta del cuerpo, es decir, el hemisferio izquierdo gobierna a la parte derecha del cuerpo y viceversa. Ambos hemisferios están vinculados entre sí por un haz de vías nerviosas que conforman el denominado cuerpo calloso.

Los hemisferios derecho e izquierdo no son exactamente iguales entre sí; además de algunas diferencias estructurales, cada uno de los hemisferios procesa la información de manera ligeramente diferente, estando cada uno de ellos especializado en un tipo de procesamiento:

El hemisferio izquierdo participa más en procesos que requieren un tratamiento secuencial y analítico, mientras que el hemisferio derecho interviene más en actividades que requieren un acercamiento global, como la percepción espacial y la actividad creativa. Las investigaciones científicas indican que hemisferio izquierdo del ser humano interviene en funciones como el lenguaje, el cálculo y la lógica, en tanto que el derecho es dominante en aspectos como el dibujo o el procesamiento

musical. Además, el hemisferio izquierdo parece tener un papel muy importante en el procesamiento de las emociones, tanto en su percepción como en el modo en que se expresan.

La corteza cerebral es la estructura del cerebro más extensa y funcionalmente significativa, ya que aproximadamente el 75 por ciento de las neuronas del cerebro humano están localizadas en sus escasos 2 milímetros de espesor. Además de contener las áreas que controlan las funciones motoras y sensoriales, la corteza cerebral humana controla habilidades como el lenguaje, la imaginación, el razonamiento, la planificación, la conciencia y la memoria.

La corteza cerebral está compuesta principalmente por somas neuronales y dendritas (ver descripción en próximo subtítulo) carentes de mielina, lo que se denomina materia gris, mientras que la sustancia blanca, conformada principalmente por axones mielinizados, se ubica en el interior del cerebro.

La materia gris, al no contener mielina es menos eficiente en la velocidad de transmisión de los impulsos nerviosos. Una hipótesis aún no probada la asocia con el procesamiento de la información y la función cerebral del razonamiento

En la médula espinal, la otra porción del SNC, la distribución es exactamente opuesta, con la materia gris en el centro de la médula y la materia blanca en el exterior.

La corteza cerebral o córtex es la capa externa del cerebro más recientemente adquirida en el desarrollo evolutivo. Esta capa recubre como un manto las regiones cerebrales más primitivas, como el denominado “cerebro de reptil”. La corteza se encuentra también en otros animales, como aves, reptiles y mamíferos, y se extiende por toda la superficie de los hemisferios. Las habilidades cognitivas de cada especie animal dependerían no sólo del tamaño relativo cuerpo/cerebro sino de la extensión del área de su córtex: la suma de la superficie total (extendida) de la corteza cerebral de un ser humano puede ser de hasta un metro cuadrado, mientras que la de un chimpancé sería como una hoja tamaño oficio y la de una rata, del tamaño de una estampilla de correo.

Cada uno de los hemisferios cuenta con cuatro lóbulos principales: frontal, parietal, temporal y occipital, a los que se agrega el lóbulo interior o límbico, que está fuertemente vinculado a las emociones y la memoria.

Tanto el sistema nervioso central como el periférico están formados por neuronas y células de la neuroglía. Las primeras tienen a su cargo la tarea de captar y transmitir los impulsos nerviosos dentro del sistema, mientras que las células de la neuroglía o glía sirven de sostén, defensa, protección y aporte de material para el metabolismo de las neuronas; también pueden sintetizar algunos neurotransmisores que luego son captados por la neurona.

Los distintos tipos de células de la glía participan en el adecuado funcionamiento de las neuronas. En el Sistema Nervioso Central se distinguen:

Los astrocitos, con forma de estrella, funcionan como soporte físico, además de proveerlas de nutrientes, mantener el equilibrio del entorno extracelular y digerir y eliminar material de desecho, resultante de la digestión de metabolitos celulares.

*Las células de la microglía constituyen la primera línea de defensa ante agentes extraños; son los **macrófagos** del sistema nervioso.*

*Los **oligodendrocitos**, forman la vaina de mielina a lo largo de algunos axones.*

En el SNP, las células que proveen de soporte físico se denominan células satélites, mientras que las que producen mielina son las células de Schwann.

- **b. La neurona: unidad básica de transmisión de la información.**

Todas las funciones desarrolladas por el Sistema Nervioso se basan en la transmisión de impulsos nerviosos a lo largo de las neuronas. El proceso de transmisión nerviosa es fundamentalmente electroquímico, y se produce por el movimiento de moléculas cargadas eléctricamente, a través de las membranas de las neuronas.

La neurona es una célula altamente especializada en la recepción, integración y transmisión de señales. Santiago Ramón y Cajal, en 1888, postuló su existencia y demostró su individualidad celular; la propuso como la unidad anatómica y funcional del sistema nervioso y formuló la hipótesis de la comunicación entre neuronas por contacto o sinapsis y no por continuidad (lo que actualmente se denomina doctrina neuronal). También intuyó la unidireccionalidad de la transmisión del impulso nervioso y contribuyó al desarrollo de las primeras hipótesis sobre la base neuronal de la memoria.

Aunque los tamaños y formas de las neuronas pueden ser muy variados en todas es posible definir las siguientes estructuras especializadas:

El cuerpo neuronal o **soma** tiene formas muy variadas (estrelladas, piramidales, esféricas) y contiene al núcleo y al resto de los orgánulos característicos de las células animales.

Las **dendritas** son prolongaciones pequeñas, numerosas y muy ramificadas del soma, que se encargan de recibir las señales químicas de otras neuronas. A lo largo de las dendritas existen unas formaciones muy especializadas denominadas espinas dendríticas que son las responsables directas de la comunicación entre neuronas. Las espinas dendríticas son estructuras muy dinámicas que se crean, desarrollan o reabsorben en función del nivel de actividad de la neurona. Se podría decir que a mayor actividad neuronal aumenta la conectividad y la capacidad de integración de la información.

El **axón** es una prolongación extensa, generalmente única, que se ramifica en su extremo terminal, donde se alojan las vesículas cargadas de sustancias químicas (neurotransmisores) que intervienen en la comunicación entre neuronas.

Existen dos tipos de axones, los mielínicos y los no mielínicos.

La mielina es una sustancia lipídica, que consiste en membranas de las células gliales envueltas alrededor del axón. La mielina de las células del cerebro está compuesta por oligodendrocitos, mientras que en el SNP está formada por las células de Schwann. La vaina de mielina no es continua sino que a ciertos intervalos presenta puntos de interrupción que se denominan nodos de Ranvier, cuyo espaciamiento es de 0,2 a 2 mm.

- c. ¿Cómo se transmite la información?

La membrana plasmática de la neurona es, en condiciones de equilibrio normales, impermeable a la mayoría de los iones. Sin embargo, es permeable al K^+ y poco permeable al Na^+ . Cuando una célula está viva existe una diferencia de concentración de iones Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- y aminoácidos, entre su interior y su exterior debido a esta permeabilidad selectiva, lo que da lugar a una diferencia de potencial eléctrico entre ambos lados de -70 mV, siendo el interior más electronegativo que el exterior. Esto es lo que se denomina potencial de reposo.

Cuando la neurona recibe un estímulo, se produce una entrada masiva de cationes Na^+ y Ca^{2+} y la salida de K^+ , debido a la variación de permeabilidad de la membrana (apertura de canales preferenciales para cada ión). Este desplazamiento

de iones a través de la membrana genera, durante unos milisegundos, la inversión de la polaridad de la misma, haciendo que el potencial pase a valer +50 mV, siendo este proceso denominado despolarización. La diferencia de potencial entre ambos estados es de 120 mV y puede dar lugar al potencial de acción o impulso nervioso, que se transmite a lo largo del axón. La principal consecuencia de esta variación transitoria del potencial de membrana es el cambio en la conformación de las proteínas que están inmersas en la membrana plasmática y que forman los canales iónicos.

La polarización de la membrana plasmática es debida a la distribución desigual de cargas entre su interior y el líquido intersticial exterior.

A pesar de la impermeabilidad de la membrana existen vías de comunicación entre el interior y el exterior, conformadas por las proteínas contenidas en la membrana plasmática. Las proteínas forman complejos transportadores que permiten que algunas sustancias atraviesen la membrana; estas proteínas, son en general de tres tipos: las bombas, los transportadores y los canales iónicos.

Estos canales proteicos dejan pasar o no iones hacia dentro o hacia fuera de la neurona. Algunos de ellos, los canales dependientes de voltaje, cuya apertura es inducida por cambios en el potencial eléctrico de membrana, promueven el inicio y la auto-propagación de una señal eléctrica regenerativa hacia porciones contiguas de la membrana de una misma neurona o, inclusive, a neuronas vecinas conectadas.

En los axones mielínicos el impulso nervioso avanza a saltos, de un nodo de Ranvier al siguiente, debido a que la mielina es un aislante eléctrico. En cada nodo de Ranvier se regenera el potencial de acción debido a sus especiales características estructurales, tal como la gran cantidad de canales de Na⁺. Este proceso se denomina conducción saltatoria del impulso que hace que a lo largo de los axones mielínicos la transmisión del impulso eléctrico sea muy rápida. Los axones no mielínicos carecen de la vaina mielínica y el impulso nervioso lo recorre en su totalidad, por lo que la velocidad de transmisión a lo largo de estos es más lenta.

El impulso nervioso se transmite a lo largo del axón hasta llegar a la terminación ramificada donde la señal eléctrica puede convertirse en un mensaje químico para transmitir la información a la siguiente neurona o transmitirse eléctricamente a las neuronas contiguas.

El extremo del axón está separado, pero muy cerca de las neuronas contiguas. Cuando el potencial de acción llega a las ramificaciones del axón, la señal eléctrica desencadena, en el caso de la sinapsis química, un mecanismo molecular que permite la continuación del recorrido de la información hacia la neurona contigua.

El espacio especializado de acercamiento entre neuronas contiguas recibe el nombre de sinapsis. La terminación de la neurona que emite la información se denomina terminal presináptico, mientras que la que la recibe se denomina terminal postsináptico.

Los terminales presinápticos disponen de vesículas sinápticas cargados de sustancias químicas responsables de transmitir información de una neurona a otra adyacente.

Las vesículas sinápticas tienen una membrana de estructura muy similar a la de la membrana plasmática y se acumulan cerca de zonas especializadas de esta última, de modo que cuando llega el potencial de acción se produce la fusión y luego la exocitosis de las membranas de las vesículas sinápticas con la membrana plasmática, dando lugar a la liberación de los neurotransmisores.

La exocitosis produce un incremento de la superficie de la membrana del terminal nervioso. Para evitar que su tamaño aumente en exceso, la membrana recién incorporada se retira mediante un proceso denominado endocitosis, en el cual participan sustancias como la clatrina y la dinamina. La membrana “sobrante” se recicla para formar nuevas vesículas sinápticas.

Las señales eléctricas que llegan al terminal presináptico pueden producir la salida de neurotransmisores desde las vesículas al exterior; los neurotransmisores llegan al terminal postsináptico e inician un nuevo impulso eléctrico que se conduce a través de la neurona postsináptica.

Existen también sinapsis eléctricas, en las que la transmisión del impulso nervioso de una neurona a la siguiente se hace por medio de la electricidad.

Si se observa una sinapsis eléctrica a través de microscopio electrónico puede detectarse que en este caso las membranas plasmáticas están prácticamente en contacto, sin llegar a la fusión. En ese sector se forman canales entre ambas neuronas. Estos canales son de mucho mayor tamaño que los canales iónicos, permitiendo el paso de una gran variedad de moléculas, así como la corriente iónica generada por el potencial de acción

presináptico. Esta corriente genera, sin retardo, el potencial de acción de la neurona post-sináptica, con lo que la transmisión resulta extremadamente rápida.

La comunicación por este medio puede ser bidireccional ya que solo depende de cuál de las dos neuronas recibe primero el potencial de acción.

De este modo, un conjunto de neuronas conforma una red o circuito neuronal que se encarga de procesar la información recibida. La capacidad de procesamiento de un circuito neuronal está determinada, entre otras características de la red, por el número de neuronas que la componen y, principalmente, por la cantidad y tipo de contactos que se establecen entre ellas. La cantidad de sinapsis por neurona puede variar de 10 a 10.000, dependiendo del tipo de neurona, muchas neuronas forman más de 500 sinapsis con otras neuronas. El número de sinapsis totales del cerebro humano es del orden de 10^{14} (100 billones)

Una de las características más notables de las neuronas es que mantienen sus propiedades durante muchos años; la mayoría son perfectamente activas durante décadas, a lo largo de toda la vida del ser humano, aún cuando muchos terminales sinápticos se encuentran muy alejados del correspondiente soma neuronal. Investigaciones recientes han propuesto que la proteína CSP-alfa es la responsable de mantener en buen estado las proteínas sinápticas que podrían deteriorarse con el tiempo y la actividad neuronal.

La proteína de cadena de cisteínas (CSP-alfa) tiene una serie de residuos de aminoácido que la unen a la vesícula sináptica. Probablemente, en un terminal sináptico sin esta proteína, las proteínas dañadas no tendrían posibilidad de recuperarse o retornar a su función activa llevando al deterioro funcional progresivo de los terminales nerviosos.

- **d. Esas moléculas esenciales: los neurotransmisores**

Los potenciales eléctricos que llegan al extremo de un axón no pueden atravesar el espacio de la sinapsis, por lo que la transmisión de la información a través de este espacio se realiza por medio de mensajeros químicos denominados neurotransmisores. Estos se encuentran almacenados en las vesículas sinápticas del terminal presináptico. Las vesículas cumplen la función de almacenamiento de neurotrans-

misores, algunas de ellas están más cerca del de las ramificaciones axónicas y están listas para la liberación de su contenido.

El arribo del potencial de acción produce la apertura de canales de Ca^{+2} , lo que activa una serie de enzimas que actúan sobre una variedad de proteínas presinápticas (SNARE, tagmina, brevita). Estas proteínas se asocian con otras haciendo que las vesículas sinápticas se fusionen con la membrana del terminal presináptico y liberen el neurotransmisor al espacio sináptico o extracelular.

Algunos de los neurotransmisores más conocidos son:

Acetilcolina: *del tipo excitatorio, dispara la contracción muscular y estimula la secreción de ciertas hormonas. En el SNC se relaciona con atención, enojo, agresividad, sexualidad y sed, entre otras cosas.*

Dopamina: *es un inhibidor relacionado con el movimiento y la postura corporal. También controla el humor y juega un papel principal en el refuerzo positivo y la dependencia de drogas.*

GABA (ácido gama-aminobutírico): *del tipo inhibidor, se encuentra ampliamente distribuido en las neuronas de la corteza. Colabora en el control motor, la visión y muchas otras funciones cerebrales. También regula la ansiedad.*

Glutamato: *excitatorio vinculado al aprendizaje y la memoria.*

Norepinefrina: *importante para la atención, las emociones, el dormir y soñar y el aprendizaje.*

Serotonina: *contribuye a varias funciones como regulación de la temperatura corporal, el sueño, el apetito, el humor y el miedo.*

Una vez que las moléculas del neurotransmisor llegan al terminal postsináptico interactúan con los receptores específicos, que son estructuras moleculares especializadas.

Los receptores pueden ser ionotrópicos o metabotrópicos. La unión con receptores ionotrópicos genera la apertura de canales iónicos y produce una variación del potencial de membrana.

Existen diferentes tipos de neurotransmisores: Los excitatorios actúan estimulando la célula adyacente para que genere impulsos eléctricos (potenciales de acción), mientras que los neurotransmisores inhibitorios impiden o dificultan la gene-

ración de nuevos impulsos eléctricos.

Las moléculas de neurotransmisores tienen formas y cargas eléctricas que les permiten unirse a la proteína adecuada (receptor) de la neurona postsináptica. Cada neurotransmisor tiene varios subtipos de receptores específicos: la presencia o ausencia de alguno de estos subtipos es lo que genera la cadena de respuestas específicas en la neurona postsináptica.

Las neuronas liberan un gran número de agentes químicos, muchos de los cuales afectan la actividad neuronal debido a su interacción con otro tipo de receptores muy diferente, ubicados en la membrana de la neurona y llamados receptores metabotrópicos. Éstos no tienen canales iónicos, no siempre se encuentran localizados en la sinapsis y no necesariamente dan lugar a la generación de potenciales de acción.

Los receptores metabotrópicos modulan una gran cantidad de procesos que ocurren en el interior de la neurona, la unión con un neurotransmisor activa una cascada de segundos mensajeros que inicia una secuencia de procesos bioquímicos entre los que se incluyen cambios de conformación y actividad de los canales iónicos, receptores, transportadores, así como modificaciones en funciones básicas de la célula como traducción de proteínas y expresión génica. Estos mecanismos son más lentos que los producidos por la unión con receptores ionotrópicos pero son más duraderos y sus efectos se extienden más allá de las sinapsis.

En general, se reserva la expresión “neurotransmisores” para aquellas sustancias que actúan sobre los receptores de células cercanas, mientras que se utiliza neuromoduladores para referirse a aquellas que actúan sobre receptores de células más lejanas.

Hacia la formación de la memoria: el cerebro plástico

En 1894, durante una conferencia en la Royal Society, Ramón y Cajal enunció lo que hoy se conoce como su hipótesis sobre la plasticidad sináptica:

“El ejercicio mental facilita un mayor desarrollo de las estructuras nerviosas en aquellas partes del cerebro en uso. Así, las conexiones preexistentes entre grupos de células podrían ser reforzadas por la multiplicación de terminales nerviosas...”

Cerca de medio siglo después, en 1949, Donald Hebb encontró una definición más formal, al emitir su famoso postulado:

“Cuando el axón de la célula A excita la célula B y repetidamente o persistentemente interviene en su activación, algún tipo de crecimiento o cambio metabólico tiene lugar en una o ambas células de forma que la eficacia de A, como una de las células estimuladoras de B, aumenta”

Esta hipótesis configuró la base para numerosas investigaciones hasta que en la década de los '70 se demostró experimentalmente la existencia real de este tipo de cambios en la fuerza de las conexiones neuronales. Una de las propiedades de las sinapsis excitatorias del hipocampo y otras regiones cerebrales es que cuando son utilizadas intensamente logran un incremento a largo plazo de su eficacia sináptica. La breve y repetitiva activación de estas sinapsis produce un aumento sustancial de la fortaleza de las mismas que puede durar por muchas horas y hasta semanas, después de la inducción. El fenómeno de fortalecimiento de una sinapsis, dependiente de su uso, se denomina potenciación a largo plazo y se lo designa con LTP (por sus siglas en inglés, long term potentiation).

Diferentes resultados obtenidos a partir de investigaciones neurofisiológicas añaden evidencias a favor de la idea de que el LTP podría ser un mecanismo celular de la memoria. Las experiencias con LTP han mostrado que la fortaleza o eficiencia de una determinada conexión sináptica es variable a lo largo del tiempo, dependiendo de la historia de estimulación soportada por la neurona y más específicamente, por una particular sinapsis.

Estos cambios de la eficiencia sináptica pueden ser transitorios y muy rápidos (fracciones de segundo) o estables y duraderos, hasta incluso permanentes. Estos últimos están asociados a modificaciones permanentes en la estructura de la sinapsis y/o a la formación de nuevas conexiones sinápticas entre las neuronas pre y postsinápticas. Esta evidencia es la que permite considerar a algunos aspectos de la memoria como un proceso continuo de reordenamiento de la información debido a los cambios que se producen en las redes neuronales por modificación de las sinapsis.

Este tipo de cambios de la eficiencia sináptica han sido muy estudiados en el caso del hipocampo, debido a su importancia en la adquisición y almacenamiento de nuevas memorias, pero podrían tener lugar en otros circuitos cerebrales.

La plasticidad sináptica es postulada como la capacidad de modular o cambiar la fortaleza de las conexiones entre neuronas y, como consecuencia, las propieda-

des y funciones de los circuitos neuronales, estableciéndose como la huella de la experiencia previa.

Tipos de memoria

De modo general se sabe que la memoria humana es fundamentalmente asociativa: se puede recordar mejor una información recibida si se la puede asociar con experiencias previas que ya están registradas en la memoria. Y mientras más importante sea la asociación, más efectiva es a la hora de ayudar a recordar: la información aislada se pierde con mayor facilidad que aquella que se vincula con conocimientos previos o con estímulos simultáneos. La mayor ventaja de la asociación es el poder predictivo que genera en el individuo, dado que ante la presencia de uno de los estímulos puede predecir o anticipar la presentación o existencia del otro estímulo asociado y la respuesta o evento negativo o positivo para el individuo.

Por otro lado, en contraposición a la idea de la memoria como una biblioteca donde toda la información está archivada y clasificada en distintos estantes, hoy se acepta que la mayoría de la información que puede ser evocada consiste en reconstrucciones (modificaciones, reordenamientos, nuevas vinculaciones) de los registros iniciales de la información recibida. En la actualidad los científicos estudian la memoria considerándola como un proceso continuo de reordenamiento de la información, resultante de los permanentes cambios de algunos de los mecanismos involucrados. Se han definido distintos tipos de memoria según el tiempo que la información permanece disponible para su uso, las tareas a las que sirven, el nivel de conciencia del individuo en el momento de adquirirla, registrarla o recuperarla.

En la segunda mitad del siglo XX la comunidad científica sostenía acaloradas discusiones respecto a la existencia de diferentes tipos de memoria de acuerdo al tiempo de permanencia. El paso del tiempo demostró que existen por lo menos dos sistemas de memoria de acuerdo a este criterio: memoria a corto plazo y a largo plazo. Aunque los mecanismos de estos tipos de memoria son distintos, algunos científicos sostienen que se fluye de un sistema al otro continuamente y los dos pueden considerarse como pasos necesarios para llegar a producir un registro perdurable, mientras que otras investigaciones han evidenciado que los distintos tipos de memoria se darían en paralelo, ya que los mecanismos moleculares que se inducen en una, no se requieren ni afectan la formación de la otra.

La memoria a corto plazo permite retener y hacer uso de la información por menos de un minuto, aunque, en algunos casos, puede prolongarse hasta algunas horas. Se sostiene que en base a este tipo de memoria es posible retener, durante ese tiempo, por ejemplo, entre cinco y nueve ítemes diferentes si se presentan uno por vez y una sola vez cada uno, por ejemplo, los dígitos de un número telefónico cuando se desea marcarlo en el teclado del aparato.

Un aspecto del concepto anterior es **la memoria de trabajo**, que no forma registros duraderos, sino que desaparece en segundos o, a lo sumo, minutos. Este tipo de memoria es la que permite realizar varias actividades simultáneamente, seleccionando, utilizando y descartando información necesaria en un instante e inútil en el siguiente. La renovación y pérdida prácticamente instantánea evita que se superpongan datos y se produzca confusión por acumulación de información que ha dejado de ser necesaria.

Por ejemplo, mientras escribo este texto estoy concentrada en los conceptos que quiero explicar, pero una parte de mi cerebro me sirve para tener presente la distribución de teclas en el teclado, las reglas de puntuación y ortografía del lenguaje español, me hace poner “marcas” en lugares donde hay algo que pienso completar o modificar más tarde, sin perder el objetivo final del párrafo que tengo pensado escribir (memoria de trabajo) además, me cebo el mate de rigor, escucho música que me gusta y de a rato la tarareo y fumo (aunque no debiera).

La memoria a largo plazo incluye tanto los recuerdos de hechos recientes como de sucesos antiguos. Al igual que la memoria de corto plazo, abarca tres procesos que ocurren sucesivamente: codificación, almacenamiento y evocación:

El objetivo de la codificación es darle sentido a la información recibida y que se desea memorizar, transformando la información recibida del entorno en actividad de redes neuronales.

El almacenamiento puede considerarse como el proceso activo de archivado de la información que reduce el riesgo de que la información sea olvidada o perdida.

Por último, la evocación de la memoria, ya sea voluntaria o no, involucra mecanismos activos que podrían utilizar los índices aplicados en el momento de la codificación. Durante este proceso, la información es recuperada de la memoria a largo plazo para ponerla en la memoria de trabajo durante un cierto tiempo, mientras sea necesaria para ser utilizada en una actividad concreta y actual. También se produce la evocación de memorias sin que sea necesario utilizarlas en el momento.

- a. **Diferentes tipos de memoria a largo plazo**

Las investigaciones demuestran que dentro de la memoria a largo plazo pueden distinguirse varias categorías. Una primera diferenciación se establece en base a la forma de expresarse la información adquirida cuando se la recupera. Sobre esta base pueden distinguirse la memoria explícita (o declarativa) y la memoria implícita.

Declarativa o explícita: Comprende la habilidad para retener información sobre los detalles de los eventos, gente, lugares y objetos (incluyendo tiempo, lugar y circunstancias) y los conceptos. Mi memoria explícita abarca todo lo que aprendí por medio de la educación formal (historia, geografía, matemática, diversos lenguajes, literatura, etc.) y también los nombres de mis amigos y las fechas de sus cumpleaños, episodios completos de mi historia de vida, etc. Literalmente indica que su contenido puede ser declarado verbal o no verbalmente (por medio de dibujos, esquemas, señas). Tradicionalmente, la mayoría de los estudios sobre la memoria en seres humanos se refirieron a este tipo, que se identifica con los hechos y cosas que el individuo recuerda conscientemente.

Implícita: la adquisición, almacenamiento y evocación de este tipo de información se realiza aún cuando el individuo no se proponga conscientemente hacerlo, y puede ser evocada instantáneamente; abarca la memoria que se manifiesta sin expresión oral, como las habilidades físicas, los reflejos condicionados, etc.

A su vez, cada una de estas categorías puede subdividirse en subgrupos. Dentro de la **memoria explícita**, se pueden diferenciar la episódica y la semántica:

Episódica: también se la suele llamar autobiográfica porque permite evocar los hechos que se han experimentado personalmente en un determinado momento y lugar. Comprende aspectos tan variados como lo que se desayunó a la mañana, el nombre de un compañero de escuela o el nombre de un pueblo que se visitó en las vacaciones. Uno de los aspectos más destacados es que el individuo recuerda un evento como si fuera el protagonista, de modo que no sólo registra los hechos, sino todo el contexto en el que ocurrieron.

Por medio de ella también conservo los episodios soñados, como aquella terrible pesadilla que tuve a los cinco años, o los que alguna vez imaginé soñando despierta...

Es uno de los tipos de memoria más afectados por las diferentes formas de amnesia (patología que consiste en la pérdida total o parcial, temporal o permanente, de la memoria) y la calidad del recuerdo es profundamente influenciada por la carga emocional en el momento en que se adquirió la información.

Semántica: se refiere al conocimiento general del mundo y consiste en la adquisición y retención de información relacionada con la formación de conceptos. Es la base del conocimiento e incluye el significado de las palabras, las costumbres sociales, las funciones de las cosas, su color y olor. También le concierne el recuerdo de las reglas y conceptos que permiten la formación de imágenes mentales sin necesidad de relacionarlas con una percepción inmediata. Su contenido es abstracto y relacional y es independiente del contexto espacio-temporal en que se la adquirió.

La memoria semántica podría considerarse como lo que queda de la memoria episódica de varias experiencias distintas: el cerebro extrae los aspectos comunes de los distintos sucesos y los saca de su contexto particular, generalizando la información que se pudo obtener de cada una de ellas.

La **memoria implícita** se subdivide en los siguientes tipos de acuerdo a los aspectos a los que sirve:

Procedural o de procedimiento: es la memoria para ciertos modos de hacer algo (hábitos) o para ciertos movimientos (destrezas motoras). Hace muchos años aprendí a andar en bicicleta y, aunque también hace mucho que no lo hago, si quiero andar en bici, no necesito aprender de nuevo.

Cuando vuelvo a mi casa siempre dejo la cartera y el abrigo colgando del respaldo de una silla, las carpetas encima de la mesa del living y voy a mi dormitorio para cambiarme los zapatos. Todas estas actividades las realizo “de memoria”, sin ser necesariamente conciente de que lo hago siempre del mismo modo.

Reflejo condicionado y condicionamiento emocional: el aprendizaje asociativo que constituye la base para este tipo de memoria es un proceso ancestral, **filogenéticamente** hablando, y puede tener lugar sin hacer uso de la conciencia.

Durante años viví en una casa en la que no funcionaba la llave del agua fría de la pileta de la cocina. Aún hoy, en cualquier lado, cuando tengo que abrir una canilla de agua, abro la correspondiente al agua caliente.

- **b. ¿Qué parte del cerebro hace qué?**

Las investigaciones sobre el funcionamiento del cerebro han logrado establecer algunas conclusiones respecto a las distintas regiones del cerebro o sistemas involucrados en las diversas actividades mentales. Si bien quedan muchísimos aspectos a explorar, e incluso a corroborar de los descubrimientos más recientes, a continuación se presenta el intrincado cuadro de funciones de la memoria y su localización

en el cerebro. Debe quedar claro que la participación de una estructura o núcleo cerebral en determinados tipos de memoria y no en otros no implica necesariamente que la memoria se almacene en tal núcleo o estructura.

Existe importante evidencia de que la corteza dorsolateral prefrontal (localizada en el frente del área motora) juega un papel importante en algunas formas de **memoria de trabajo**, particularmente aquellas que involucran la alternancia entre varias tareas del cerebro, explorando diferentes posibilidades antes de hacer la elección de la más adecuada, lo que se conoce como *toma de decisiones*. Se ha observado una correlación entre la actividad de la corteza prefrontal y la memoria de trabajo. Aparentemente, esta región del cerebro sustenta información que es necesaria para razonamientos que están en progreso, aunque aún es dudoso el modo en que realiza esta actividad. Algunos investigadores sostienen que coordina las actividades de otras regiones del cerebro que actuarían como sistemas subsidiarios (Modelo de Baddeley y Hitch, 1974), mientras que otros indican que es en sí misma un receptáculo donde se almacena temporalmente cierto tipo de información.

Hay muchos aspectos del funcionamiento de la memoria de trabajo que aún deben dilucidarse y conforma uno de los aspectos más difíciles de estudiar, ya que el proceso involucra distintas partes del cerebro que van modificando su nivel de actividad a medida que las tareas se van realizando.

La consolidación de la **memoria a largo plazo** requeriría la participación del lóbulo temporal. El hipocampo es una región del cerebro requerida para la consolidación de memorias asociativas. Desde el punto de vista anatómico pareciera estar preparado para cumplir esta función, ya que recibe información de distintas regiones de la corteza, las cuales procesan datos de distintas modalidades sensoriales que confluirían en el hipocampo formando el contexto. A su vez, desde el hipocampo salen conexiones a otras tantas del cerebro. Sin embargo, se piensa que las asociaciones iniciales se irían desvaneciendo con el tiempo para evitar que el cerebro se sature de información inútil. También es generalmente aceptado que el hipocampo puede cumplir una función imprescindible en la codificación y almacenamiento de las memorias declarativas, almacenando la información contextual de los eventos, aunque se postula que esta función de alojar memorias que han sido adquiridas recientemente sería temporal temporal. Luego de un cierto tiempo la información así almacenada sería transferida a la región de la corteza cerebral que se comunica con el hipocampo.

El fortalecimiento de estas asociaciones e incluso su incorporación como memoria de largo plazo, es influenciado por el contenido emocional del evento sea positivo o negativo para el individuo. Esto daría lugar a la activación de circuitos dependientes de la amígdala, que modulan positivamente la memoria para tal hecho, reforzando su almacenamiento. Por ejemplo, el almacenamiento de la memoria sería modulado según cuán interesante o saliente para el individuo es la información recibida o cuál es el estado emocional en el momento de percibirla.

En el caso de algunas memorias procedurales, que almacenan información sobre habilidades físicas, la participación del cerebelo podría ser importante, lo que concuerda con que esta región del cerebro es una de las que procesa la información motora.

Influencia de las emociones en la formación de memorias

La psicología ha descrito algunos factores que pueden influenciar el modo en que funciona la memoria:

- El grado de alerta, vigilancia o atención: a menudo se ha dicho que la atención es una de las herramientas que hace que la información se fije en la memoria, por lo cual un déficit en aquélla produce serios problemas para retener la información.
- El interés, nivel de motivación y/o necesidad: es más fácil recordar tópicos que fascinan o datos que son necesarios para desarrollar una actividad, que aquellos que se consideran superfluos o carentes de interés. En el caso de animales no humanos, la motivación puede ser el alimento, un refugio o la pareja para copular.
- Los valores afectivos relacionados con la información a ser incorporada a la memoria, el estado de ánimo propio y la intensidad de la emoción que el hecho provoca: el estado emocional cuando ocurre un evento puede afectar el recuerdo que se conserve de él. Como dijo en su momento Voltaire: “aquello que llega al corazón, es guardado por la memoria”.
- La localización, luz, sonidos, olores, en definitiva, todo el contexto en que se recibe la información. Generalmente se asume que la memoria humana, así como la animal, es contextual, por lo tanto el registro de cierta información va acompañado por el contexto en que fue adquirida. Por este motivo, al momento de evocar, tener presente una o varias de las características de ese contexto ayudan a completar el recuerdo.

Los neurocientíficos consideran que las emociones deben reunir las siguientes características para ser consideradas como tales:

- Ser mecanismos dedicados a provocar respuestas urgentes del organismo, lo cual les da prioridad en el control de la conducta y la cognición del individuo, con la capacidad de detener cualquier actividad e iniciar otra que se requiera, además de disponer de ser capaces de inducir respuestas preestablecidas.
- Ser mecanismos transitorios que aportan un valor/interpretación a la situación experimentada, de modo que condicionan la actitud del individuo en el futuro.

Entre los diversos investigadores que estudian la memoria existe algún acuerdo, aunque no unánime, sobre las seis emociones básicas que puede experimentar el ser humano:

- miedo (terror, consternación, inquietud, desasosiego, nerviosismo, susto)
- alegría (gozo, beatitud, deleite, placer sensual, estremecimiento, gratificación, satisfacción, euforia, éxtasis)
- asco (antipatía, disgusto, repugnancia)
- ira (rabia, irritación, frustración, furia)
- sorpresa (sobresalto, asombro, desconcierto)
- tristeza (melancolía, pena, abatimiento)

Por otro lado, los sentimientos se consideran estados más prolongados que las emociones, emergentes de las interpretaciones personales que el individuo da a su situación personal actual en relación con el pasado, el entorno y las expectativas de futuro; incluyen estados como el amor, la culpa o la vergüenza.

Las emociones se han desarrollado a lo largo de la evolución con el fin de que el individuo pueda sobrevivir en un mundo lleno de peligros. La supervivencia requiere la existencia de mecanismos de respuesta rápida que permitan un cambio de conducta de la manera más eficiente posible. El modo en que las emociones cumplieron esa función a lo largo de la evolución del sistema nervioso es objeto de numerosas investigaciones en la actualidad, pero se sabe que las emociones participan en mecanismos de control y redireccionamiento del comportamiento, algunos de los cuales son:

- Gestión de reacciones de alarma para producir respuestas rápidas ante el peligro.
- Dirección de la atención para focalizar la atención en determinados aspectos del entorno.

- Inducción de la motivación para estimular conductas que han sido placenteras.
- Establecimiento de prioridades de comportamiento para la planificación de la conducta según las emociones experimentadas en cada una de las actividades en que el individuo ha participado.
- Modificación de la conducta debido a una determinada experiencia emocional previa.
- Regulación social: establecimiento de alianzas entre amigos, jerarquías entre los miembros de un grupo.

Por otro lado, parecen existir circuitos cerebrales que están relacionados específicamente con un tipo de emoción. En este sentido, de todas las emociones citadas, **el miedo** es la mejor conocida en referencia a los procesos que se desarrollan en el cerebro debido a esta emoción; probablemente esto se deba a que las conductas relacionadas con el miedo, en diferentes especies, son muy similares entre sí.

Los estudios realizados por Joseph Le Douarin a fines del siglo XX estaban enfocados a la descripción de los procesos por medio de los cuales el cerebro adquiere y guarda información referida al peligro. Sus trabajos revelaron que hay una estrecha relación entre el procesamiento del miedo y una estructura cerebral denominada amígdala. Experimentando con ratas, él y sus colaboradores observaron que en presencia de lesiones en **la amígdala**, los animales se comportaban con mansedumbre, mientras que si la amígdala sana era estimulada por electrodos, el comportamiento de las ratas se volvía agresivo.

Conductas similares se han observado en personas con daño en la amígdala, lo que se manifiesta en falta de respuesta emocional, especialmente de miedo. También, por medio de fMRI puede verse como la región se activa cuando una persona ve imágenes que producen miedo. **(Cuadro 2.13)**

Otros "usos" del miedo

"¿No es el miedo, además de un mecanismo de supervivencia en un entorno potencialmente hostil, un eficiente modulador en las relaciones sociales?"

R. El miedo puede, definitivamente, modular las situaciones sociales. Maridos, esposas, padres y profesores usan el miedo igual que los políticos para conseguir objetivos sociales. Este no es un juicio de valor. Es justamente lo que hacemos. Sería mejor si usásemos formas menos aversivas de motivación pero precisamente porque el miedo funciona tan

bien, es por defecto lo que más usamos.

Extractado de “El Cerebro Emocional (Entrevista a Joseph E. LeDoux)”

Escrito por Germánico @ 2 junio 2008 -

<http://www.desdeexilio.com/> (Consultado en Agosto de 2011)

Se cree que el proceso sigue la siguiente secuencia: la amígdala recibe información de distintas partes del cerebro, como la corteza cerebral, el tálamo (puerta de ingreso de la información sensorial al cerebro) y el hipocampo. Una vez que la información es analizada en la amígdala, ésta la envía a otras regiones como el hipotálamo y el tronco encefálico y devuelve información a la corteza cerebral.

La amígdala es una estructura de forma redondeada, del tamaño de una almendra pequeña, que está localizada en la parte interna del lóbulo temporal. Tiene diferentes partes, entre ellas, el núcleo lateral, que es su puerta de entrada y el núcleo central que actúa como puerta de salida.

La gestión de reacciones ultrarrápidas ante el peligro ocurre por vía inconsciente tálamo-amígdala. La amígdala recibe directamente del tálamo información sin elaborar, pero tiene la capacidad para “sospechar” que se trata de un peligro y por ello reacciona “por si acaso” enviando una señal de alarma capaz de llegar a los músculos para que reaccionen sólo 100 milisegundos después de detectar la información sospechosa.

Por otro lado, la interpretación emocional de la experiencia ocurre de modo consciente a través de la corteza cerebral y el hipocampo. La información que proviene de la corteza ya está elaborada: la corteza analiza el estímulo permitiendo tomar conciencia de él, saber qué es y dónde se encuentra. Cuando la información llega a la amígdala se coteja con la memoria para decidir si se trata de un estímulo peligroso o no. El hipocampo como una especie de conector con experiencias vividas y otras informaciones que modularían la peligrosidad del estímulo. Una vez procesada la información, la amígdala la envía a las áreas de la corteza cerebral relacionadas con el procesamiento emocional: el hipotálamo y el tronco encefálico, las que se encargan de mantener las funciones vitales del ser humano. Este conjunto de estructuras ner-

viasas son las responsables de la taquicardia, la sudoración y el resto de respuestas psicológicas asociadas al miedo.

En estudios realizados por medio de fMR se ha observado que la región de la ínsula se activa cuando la persona ve imágenes que producen **asco**, como alimentos en mal estado o heridas abiertas. La parte anterior de **la ínsula** procesa información relacionada con estímulos olfativos, gustativos y viscerales y es la que tiene mayor importancia en los procesos emocionales.

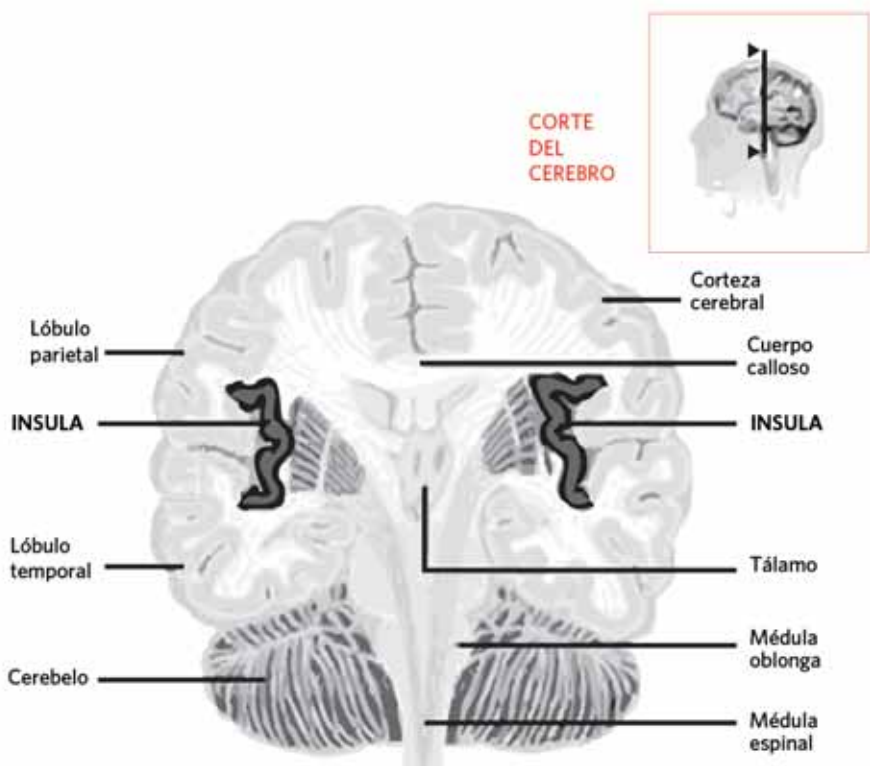


Figura 2.1: si se observa el cerebro lateralmente, se observa una gran hendidura horizontal, que, al ser abierta deja expuesta la corteza insular o ínsula, la que puede dividirse en dos sectores de acuerdo con las otras regiones a las que está conectada. La parte anterior se conecta con la amígdala y la posterior, con la corteza somatosensorial (que se encarga de los estímulos sensoriales procedentes de las distintas partes del cuerpo).

Se ha relacionado la ínsula con la percepción del dolor, al recibir información sobre las sensaciones corporales y ser responsable de la elaboración de la sensación de dolor, así como parece estar implicada en ciertos tipos de tristeza con componentes viscerales o lo que vulgarmente se denomina angustia.

¿Qué tiene en común el asco, el dolor y la angustia? Todos producen una sensación desagradable procedente del estómago, que es acompañada por un aumento de actividad en la ínsula.

La ira y sus consecuentes conductas agresivas se relacionan principalmente con **la corteza orbitofrontal**. Aunque es sabido que la personalidad de un individuo es determinada tanto por factores genéticos como ambientales, a mediados del siglo XIX se determinó, en base al estudio de un individuo que había sufrido graves lesiones en la corteza orbitofrontal (COF), que algo tan etéreo como la personalidad depende de algo tan tangible como el cerebro.

Los individuos con lesiones en esta área del cerebro exhiben una conducta que se denomina síndrome orbitofrontal, que se manifiesta en la despreocupación y desinhibición; los pacientes, pese a conocer las normas sociales, no las respetan en absoluto. Si las lesiones se producen en etapas tempranas del desarrollo, el individuo es incluso incapaz de adquirir normas sociales de comportamiento.

Entre las múltiples investigaciones que se realizaron a los fines de paliar la conducta agresiva de personas con este tipo de lesiones, durante la primera mitad del siglo XX Egaz Moniz introdujo la técnica de lesión del lóbulo frontal o lobotomía, lo cual le hizo merecer el Premio Nobel en 1949.

Lamentablemente, la lobotomía no sólo reducía la ansiedad y agresividad de los pacientes, sino que los volvía irresponsables e infantiloides, muchos no eran capaces de valerse por sí mismos. Aún así, este procedimiento abrió las puertas al estudio de la relación entre la COF y las ira o conducta agresiva. Estudios realizados con técnicas de neuroimagen evidencian que esta región se activa cuando el individuo realiza un juicio moral sobre lo que es correcto y lo que es incorrecto. También se ha visto que al analizar individuos con conducta **psicopática**, esta región no se activa, o se activa en menor medida que en individuos normales. De este modo, la COF parece estar relacionada con la adquisición y puesta en práctica de las normas sociales: cuando esta estructura no funciona se pierde la guía sobre la cognición social.

La satisfacción es procesada por una serie de estructuras denominada ganglios basales. Las neuroimágenes han permitido observar que estas estructuras partici-

pan en el procesamiento de imágenes agradables, recuerdos placenteros o la recepción de una recompensa.

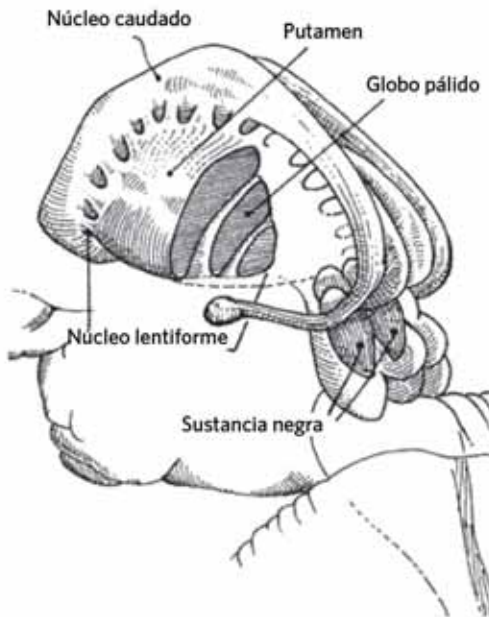


Figura 2.2: los ganglios basales son un conjunto de estructuras formadas por sustancia gris situados en la profundidad del cerebro. Los distintos núcleos se denominan, núcleo caudado, putamen, globo pálido y núcleo accumbens. Participan en numerosas actividades del organismo, especialmente en el control del movimiento y la postura corporal

De entre todos los circuitos existentes, el mejor conocido es el relacionado con la sensación de placer, vinculándolo a placeres básicos como los producidos por el comer, el beber o la conducta sexual, así como otros relacionados con la obtención y consumo de drogas en personas con adicción a diferentes sustancias.

El estudio de pacientes afectados por depresión, por medio de neuroimágenes, ha llevado a establecer una relación entre **la tristeza** y **la corteza cingulada**. También se ha establecido la conexión con sentimientos como la vergüenza, la culpa, el remordimiento y la lástima.

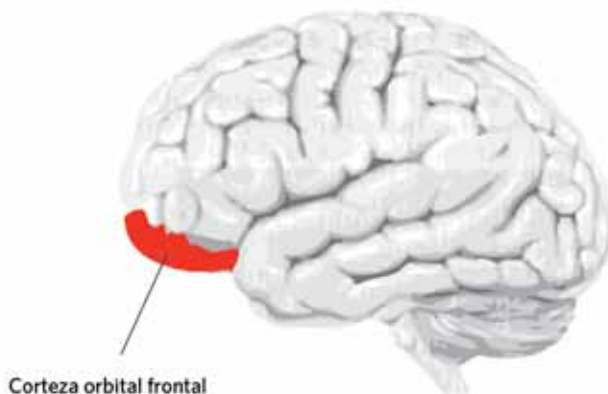


Figura 2.3: la corteza cingulada se encuentra en la parte interior de los hemisferios, constituyendo una especie de media luna que bordea el cuerpo caloso. Se divide en dos partes:

La corteza cingulada anterior es la especializada en el procesamiento de las emociones. Está estrechamente conectada con estructuras como la amígdala, el núcleo accumbens, el hipotálamo, el hipocampo y la corteza orbitofrontal. La parte posterior se comunica con áreas prefrontales, parietales y motoras y tiene un papel más relacionado con lo cognitivo vinculado a los mecanismos de la atención.

En estos pacientes se ha detectado que la citada estructura funciona poco y mal, mientras que en personas con euforia exagerada, funciona demasiado. Asimismo, personas con lesiones en la corteza cingulada tienen problemas para mantener la atención y pierden las ganas de llevar una vida activa, llegando, en casos graves, a dejar de hablar, moverse o comer, pudiendo esta situación producir la muerte.

NOTAS:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



CAPÍTULO III

Olvido

Natalia Alejandra Navarro Becerra

Lo tengo en la punta de la lengua...

¿Quién de nosotros alguna vez no expresó esa frase? ¿Cuántas veces en una conversación trivial nos ha pasado no poder recordar el nombre de una persona conocida?

Es muy común, que caigamos en las “trampas” que nos juega nuestra memoria, que no recordemos el lugar donde guardamos el álbum de fotos de la secundaria, el nombre de aquel actor que vimos protagonizar tantas películas o por el contrario, que recordemos de golpe a aquel compañero de primaria cuando leemos su nombre en la solicitud de amistad en alguna red social. ¿Qué procesos ocurren en nuestros cerebros en esos momentos de olvido? ¿Qué mecanismos están involucrados cuando recordamos algún suceso de nuestra vida? ¿A qué se debe que al ver una vieja foto vuelvan a “aparecer” nombres, acontecimientos e incluso sensaciones “dormidas” durante mucho tiempo?

Si analizáramos detenidamente estas situaciones cotidianas, seguramente nos surgirían miles de preguntas, muchas de ellas aún sin respuesta para la ciencia. Todo es tan maravilloso y misterioso, como el funcionamiento mismo de nuestro cerebro. El encéfalo está constituido por miles de millones de neuronas interconectadas que forman redes gigantescas, las que conducen los estímulos del ambiente al cerebro. En distintas áreas cerebrales se filtran y/o se guardan nuestras vivencias diarias. También se ponen en funcionamiento distintos mecanismos que las convierten en aprendizajes diversos, formando de esa manera **cada una** de nuestras memorias, (sí, así como leyeron) **cada una**, porque la memoria no es una sola.

El aprendizaje puede considerarse como una modificación en el sistema nervioso producto de la experiencia, la que origina cambios duraderos en la conducta. Existen numerosos mecanismos moleculares y celulares, que ocurren en distintas regiones cerebrales, que nos permiten almacenar la información, aprender y así formar las memorias. **No hay aprendizaje sin memoria ni memoria sin aprendizaje.** Según el neurocientífico catalán Joaquim Fuster *“Las memorias son un conjunto de redes neuronales corticales ampliamente distribuidas, interactivas y solapadas, las que se han formado por asociación a lo largo de las experiencias de vida. Las redes se entrecruzan y solapan de modo tal que una neurona o un grupo de neuronas puede formar parte de muchas redes y por lo tanto de muchas memorias”*.

Los aprendizajes permiten modificar nuestra conducta, con la finalidad última de responder a las diversas situaciones, adaptarnos, sobrevivir. Constituyen uno de los principales modos de adaptación de los seres vivos.

Pero ¿qué sucede cuando no recordamos algo? ¿Cuándo olvidamos algún suceso? ¿Es perjudicial para nuestro desempeño no recordar todas las vivencias con sus detalles?

El olvido está lleno de memoria

Las memorias de los diversos aprendizajes definen quienes somos como individuos y como especie, constituyen nuestra historia, forman parte del equipaje que llevamos en nuestro recorrido por la vida. Ese equipaje puede ser modificado, renovado, reemplazado e incluso, podemos deshacernos de aquello que ya no es útil. Somos lo que somos por lo que recordamos de nuestras vivencias, pero también, por todo lo que hemos olvidado a lo largo de los años de nuestra vida.

En neurociencias, el olvido provoca tanta intriga como la memoria; es así que, varios neurofisiólogos como Iván Izquierdo, James McGaugh y Richard Thompson han dedicado casi toda su vida académica a estudiar e intentar responder algunos interrogantes sobre la memoria y el olvido. Afirman, (y acuerdan), que un proceso muy importante y necesario para formar y guardar los recuerdos es precisamente el olvido, complemento inseparable de la memoria. Nuestro cerebro ha desarrollado, tras miles de años de evolución, mecanismos que facilitan la organización de toda la información que recibe, por lo tanto, es inevitable la presencia de mecanismos que nos permitan filtrar mucha de la información que recibimos a diario y de manera

continua, ya que, de otro modo, nos resultaría imposible atender a tantos estímulos simultáneamente. La existencia de este proceso de filtrado es lo que nos permite prestar mayor atención a los estímulos importantes para nuestra supervivencia, en desmedro de los irrelevantes que se dan simultáneamente. Entonces, es normal olvidar, hasta podríamos decir que es fisiológicamente necesario.

Trato de imaginar por un instante todos los estímulos que recibo en un momento de ocio en mi comedor de diario: puedo ser consciente de la melodía que proviene de la radio, incluso si presto atención, podría reconocer la voz de quién la interpreta, además escucho que los llamadores de ángeles están sonando suavemente, veo que uno de mis cactus tiene 2 flores nuevas y en ese momento, ese estímulo provoca algo en mi cerebro, que me hace recordar a quién me lo regaló, antes de irse de viaje. Lo realmente increíble es tomar conciencia de todos los mecanismos que se pusieron en marcha en cada una de esas acciones, estímulos viajando por señales eléctricas y químicas en milésimas de segundos, saltando de una neurona a otra, liberando o captando neurotransmisores, siendo redireccionados una y otra vez hasta llegar al o las área/s cerebrales correspondientes donde serán analizados, comparados, clasificados y desencadenarán diferentes respuestas comportamentales, cada una de ellas vinculada, en un tiempo inimaginablemente rápido, casi instantáneo.

Pero el cerebro también filtra la mayor cantidad de información presente en el ambiente que no es relevante para la supervivencia, por lo que no siempre somos conscientes de toda la información “perdida”. Muchos de esos estímulos percibidos en aquel rato de ocio, no serán recordados la semana siguiente o el mes entrante debido a que no fueron realmente importantes como para dejar huella, solo formaron parte del transcurso de un día más en mi vida. Pero lo que sí seguiré recordando un mes después o al año siguiente, es a la persona que me regaló el cactus, por el componente afectivo que ese hecho tan simple significó en mi historia. También, continuaré asociando la imagen de un objeto verde, globoso, con espinas a lo que los biólogos han denominado cactus, o reconoceré la voz del cantante en otra canción, pero es muy probable, que no recuerde qué melodía en particular estaba escuchando en aquel momento o que aquel momento puntual, se esfume completamente sin remedio.

Pero... ¿Por qué algunas vivencias dejarán sus huellas impresas como recuerdos y otras no? Hasta el momento se conocen determinados mecanismos celulares y moleculares que se ponen en funcionamiento y permiten “guardar” aquella información relevante (consolidación) pero no los mecanismos de filtrado. Y, a menos que

ocurra algún naufragio en mi cerebro, continuaré reconociendo en otras circunstancias a un cactus o recordando a quien me lo regalo (evocación), debido a que otros mecanismos moleculares se encargarán de mantener en el tiempo esas representaciones internas en mi cerebro. **Una larga persistencia de esas memorias, requerirá por ejemplo, de episodios recurrentes de nuevas síntesis de proteínas (consolidación y/o reconsolidación).**

Los neurocientíficos han clasificado los procesos de memoria en función del tiempo que perdura: memoria a corto plazo y memoria a largo plazo. La primera no precisa de la expresión génica ni de síntesis proteica, sus vías metabólicas generalmente son diferentes a las que intervienen en la consolidación de la memoria a largo plazo. El término a corto plazo incluye a la memoria del trabajo o memoria operativa, cuyos mecanismos implícitos mantienen activa la información mientras está siendo procesada. Esta memoria dura el tiempo necesario como para realizar algunas tarea y es una herramienta que nos permite analizar la realidad, o que, por ejemplo, nos posibilita retener un número de teléfono durante el corto tiempo que nos lleva marcarlo, o resolver un cálculo mental. La memoria del trabajo pone de manifiesto el mecanismo de filtrado: aquella información que deja de ser relevante luego de su uso en un momento determinado, se pierde luego de que nos permitió realizar alguna tarea. El olvido rápido (o la duración corta) es su característica, permitiéndonos básicamente no “aturdirnos” con el exceso de información percibida, sobre todo aquella que podría resultar irrelevante.

Dicen que el saber no ocupa lugar pero ¿el olvido?...

*“Hay quienes imaginan el olvido
como un depósito desierto / una
cosecha de la nada y sin embargo
el olvido está lleno de memoria ...”
Mario Benedetti*

Nuestro cerebro ha “barrido” muchas memorias a lo largo de nuestra vida: los detalles de todos los primeros días de clase de la escuela primaria, muchas palabras de amor susurradas al oído, los rostros nítidos de nuestros amigos de la infancia, la mayoría de las cosas que hicimos desde que nos levantamos hoy a la mañana.

Muchas, muchísimas vivencias de nuestra vida han desaparecido. Pero esto, aunque parezca abrumador, no nos incapacita para seguir desenvolviéndonos con normalidad, aunque al tomar conciencia que eso sucede a diario, nos asombre. ¿Cómo es posible que no recuerde en detalle cada una de las tardes en que mi abuela me preparó la leche? ¿Cómo puedo haber olvidado las tardes completas jugando en su casa? No, no lo recuerdo y por mucho esfuerzo que haga, no puedo “reproducir” las memorias de aquellas tardes. Pero sí recuerdo a mi abuela con el significado que ella tuvo en mi vida.

Es doloroso tomar conciencia que tantas memorias queridas, ya no están o no podemos recordarlas. Pero, para nuestra tranquilidad, a pesar de tantos olvidos, las bases que nos permiten ser los que somos y desenvolvernos con normalidad, están ahí, intactas. El neurocientífico argentino Iván Izquierdo propone una analogía muy gráfica para explicar esto. En su libro “El arte de olvidar” (2008) escribe textualmente: *El olvido no es un bombardeo indiscriminado, como los de Guernica, Hiroshima o Afganistán. Se parece más al efecto del tiempo sobre las ciudades: algunos edificios se van a pique, otros se arruinan, otros son reemplazados, pero las ciudades que no fueron barriadas por catástrofes naturales o bombardeos, conservan su carácter distintivo a lo largo de los siglos como Roma, Atenas, París o Río de Janeiro.*

A lo largo de nuestra vida, es más lo que olvidamos que lo que recordamos, por lo tanto el olvido, aunque suene paradójico, pasa a ser un aspecto relevante de la memoria. El aprendizaje y los recuerdos, son pequeñas huellas en la inmensidad de nuestro cerebro. Esas huellas son las que nos distinguen, las que nos hacen únicos, somos nuestras vivencias, nuestros sucesos y nuestros olvidos.

A diferencia de lo que se ha descripto anatómicamente para la formación de la memoria, no existen en el cerebro áreas del olvido. Por otro lado, hasta ahora se han definido mecanismos que permiten la reconsolidación, la evocación y la extinción de la memoria, pero no mecanismos moleculares y/o celulares para el olvido.

La mayoría de los estudios relacionados con el olvido en humanos se han realizado observando los efectos que producían distintos tipos de lesiones, congénitas o provocadas, en las áreas cerebrales involucradas en la formación de los diferentes tipos de memoria. También han sido útiles los análisis de autopsias de pacientes con enfermedades neurológicas y los efectos producidos por tratamientos como el electroshock, antes muy empleado para tratar ciertas patologías cerebrales.

Actualmente se cuentan con técnicas que permiten visualizar el funcionamiento del cerebro en vivo, esto facilita el estudio de los mecanismos fisiológicos y/o

patológicos relacionados con los niveles de actividad o con la comunicación entre diferentes regiones del cerebro. La obtención de imágenes neuronales ha estado abriendo la caja negra que hasta ahora era el cerebro y permite ir dilucidando, poco a poco, el complejo funcionamiento de este órgano maravilloso. Es posible observar por ejemplo, cuáles son las áreas cerebrales que se activan cuando el individuo es sometido a diferentes estímulos o también cuando el sujeto está realizando una tarea mental como puede ser el reconocimiento de una imagen o fotografía. Las investigaciones recientes demuestran que la causa subyacente a numerosos trastornos mentales es, de hecho, el funcionamiento anómalo de los complejos circuitos que posibilitan el funcionamiento del encéfalo.

Ya se han descrito en el capítulo 1, algunas de las áreas cerebrales implicadas en los distintos procesos de memoria como el hipocampo, denominado así por Giulio Aranzio, debido a su semejanza anatómica con el pez marino caballito de mar. El hipocampo es una región dividida en dos partes una en cada hemisferio. Aunque su papel de gestor de la información parece claro, algunos autores también consideran que el hipocampo sirve para registrar ciertos tipos de información, como por ejemplo sobre el contexto espacial (ambiente físico, ruidos, olores). Eleanor Maguire realizó un interesante estudio con taxistas londinenses donde observó que el hipocampo posterior almacena las representaciones espaciales del ambiente y su volumen es mayor en aquellos individuos que tiene una alta dependencia de las destrezas de ubicación espacial, como los taxistas, por ejemplo. El rol del hipocampo como gestor de la información de la memoria espacial para la localización también se ha observado en algunas aves o mamíferos pequeños, cuyos comportamientos tienen una gran dependencia de la ubicación, incluso el volumen de ciertas regiones del hipocampo aumenta en aquellas estaciones del año cuando la dependencia de la información espacial es mayor (en comportamientos de almacenamiento de la fuente de alimento por ejemplo). ¿Será por eso que los perros no olvidan donde enterraron sus huesos?

Otra estructura cerebral involucrada en los procesos de memoria es la amígdala, con forma de almendra, conformada por un conjunto de núcleos neuronales, ubicados en una zona contigua al hipocampo. Esta área está vinculada a las emociones, como el miedo y la agresión. La interacción del hipocampo y amígdala es necesaria para muchas formas de aprendizaje y memoria.

Por último, la neocorteza, que es una estructura cerebral filogenéticamente reciente, cuyo desarrollo y complejidad es superior en los primates, permite establecer relaciones neuronales asociadas al raciocinio o cerebro consciente.

En el capítulo anterior se explicaron en detalle aquellos mecanismos que permiten guardar en la corteza cerebral la información dividida en bloques, bajo la forma de recuerdos a corto plazo. Estos bloques de información de distinta naturaleza (emocional, sensorial, motora) se organizan e integran para formar un recuerdo coherente, debido a la acción del hipocampo. Esos recuerdos solo existen durante horas o pocos días. Quizás ninguno de nosotros recuerda lo que cenó una noche de martes del mes pasado. A menos que esa cena haya tenido un componente emocional o una motivación particular. Entonces muchos de los sucesos de aquella noche que ingresaron a mi cerebro como información a corto plazo, serán procesados para que la información emocionalmente relevante pase gradualmente a constituir una memoria más persistente en el tiempo. Aún no está determinado que la memoria de corto término se dé en serie con la de largo término, modelo propuesto por Donald Hebb hace varios años. De hecho con los avances de la bioquímica es posible bloquear experimentalmente una memoria sin afectar la otra, lo que estaría proponiendo que los circuitos neuronales involucrados en las memorias de corto y largo plazos podrían ser dos procesos en paralelo. Son hechos que no están del todo establecidos y la discusión continúa. Esa información a largo plazo quedaría esparcida en la neocorteza como un gran rompecabezas, donde cada pieza contendría información que sería integrada y codificada por la propia corteza para revivirla e integrarla al resto de los recuerdos.

Ninguna parte del cerebro trabaja sola para formar o preservar una memoria. Las diferentes regiones trabajan solas o en conjunto, así como los distintos instrumentos de una orquesta, que tocan en forma independiente pero a la vez en conjunto para reproducir una bella composición. James Mc Gaugh.

El yagareté se extingue, nuestra memoria también

Existen otros procesos de memoria que inducen una pérdida de respuesta ante un estímulo, pero que implican un nuevo aprendizaje sobre la vieja memoria. La extinción es una “forma” de olvido donde no hay pérdida de información. Se produce una nueva memoria que inhibe la expresión de la vieja memoria, impidiendo que se evoque.

En la extinción de la memoria de miedo ocurren procesos neuroquímicos impor-

tantes en el hipocampo y en el núcleo basolateral de la amígdala. Las bases biológicas de la extinción son análogas a la formación de cualquier memoria: expresión génica, síntesis proteica y participación de vías metabólicas celulares determinadas por neuronas de esas estructuras nerviosas. Ciertos estímulos, respuestas y comportamientos que nos sirven como pistas para recordar u observar cosas, pierden muchas veces sus significado a partir del momento en que su repetición no es más “reforzada”. Un clásico ejemplo pavloviano muestra que después de un entrenamiento previo, la sola emisión de un sonido (estímulo condicionado) hace que el perro salive (respuesta condicionada). Esto se debe a que cuando se entrenó al animal, al timbre le seguía una recompensa que era el alimento (estímulo incondicionado), por lo tanto ante la sola presencia del sonido, el perro lo asocia con el alimento y esto provoca que salive. Pero Iván Pavlov fue más allá y observó que sucedía si no se presentaba la recompensa (el alimento). La asociación timbre-alimento comienza a desvanecerse, hasta llegar a un momento en que el timbre ya no provoca más la respuesta de salivar. A esto lo llamó *extinción experimental* y lo definió como “*una declinación en la frecuencia o intensidad de la respuesta condicionada que sigue a la omisión del refuerzo*”.

Este mecanismo tiene una complejidad mayor, no es simplemente la cancelación de la memoria anterior (estímulos condicionado- estímulos incondicionado), sino de su reemplazo por una nueva memoria (ya que hubo un nuevo aprendizaje: timbre-No alimento) en la cual uno de los componentes sigue siendo el estímulo condicionado (el sonido) y el otro la negación del estímulos incondicionado (el alimento). También se propone que la “vieja” memoria no desaparece, sino que queda relegada a un segundo plano para dar lugar a la nueva memoria. La extinción no es un caso de pérdida de la memoria anterior (ya que no hay pérdida de información), pues se ha observado que con el transcurso del tiempo puede reaparecer la memoria inicial, proceso que se ha denominado recuperación espontánea.

Otra característica de la extinción es la readquisición, que predice que al presentar nuevamente al perro el timbre seguido del alimento repetidas veces, se restaura la respuesta de salivación, en un lapso de tiempo mucho más corto que el entrenamiento inicial, lo que también sostiene la hipótesis de que no hay pérdida de información.

Una tercera propiedad de la extinción es la regla del restablecimiento, que explica que si luego de la extinción se le presenta al perro el alimento, por una única vez y en otro contexto, se restablece la memoria timbre-alimento. La readquisición es

inducida por presentarle al perro el timbre-alimento. El restablecimiento es generado por presentarle al perro sólo el alimento.

Continuemos con el perro de Pavlov en el proceso de extinción para dejar en claro que caracteriza a este proceso. Si el estímulo timbre se presenta varias veces sin que siga la presencia del alimento, la memoria inicial (timbre-alimento) deja de expresarse, pero no desaparece, queda confinada a un segundo plano por la nueva memoria timbre-No alimento. Esta nueva memoria es la que va a controlar el nuevo comportamiento, haciendo que ante cada presentación del timbre, el perro no responda salivando. Coexisten las 2 memorias: la vieja memoria timbre-alimento y la nueva memoria timbre-No alimento, expresándose solo la primera.

Una característica importante del fenómeno de extinción es su universalidad, al igual que la consolidación, forman parte de reglas organizativas de la memoria que se dan en especies filogenéticamente distantes, serían procesos conservados desde el punto de vista evolutivo. Aún se desconocen en detalle los mecanismos celulares-moleculares, sin embargo, investigaciones realizadas en roedores, mosca de la fruta y cangrejos, entre otros, acuerdan en la ocurrencia de dos procesos: síntesis de proteínas y la activación de receptores de glutamato.

Mientras se continúa desentrañando en detalle el funcionamiento de este proceso, se está investigando también el posible uso terapéutico de la extinción de la memoria: por ejemplo en el tratamiento de las fobias (*Fobos* era la personificación del miedo y del horror en la mitología griega, hijo de *Ares* y *Afrodita*). Las fobias son trastornos emocionales que se caracterizan por un miedo intenso y desproporcionado a objetos o situaciones concretas que en realidad no son tan peligrosas. Por ejemplo el miedo irracional a determinados animales (arañas, ratas), a los lugares cerrados (claustrofobia), a los ambientes abiertos (agorafobia) o a las alturas (vértigo). La exposición reiterada al agente perturbador una araña por ejemplo, con ausencia de consecuencias negativas, terminarían produciendo la extinción de la respuesta de miedo en un proceso donde se produce una nueva asociación que enseña a no temer ante la presentación de la araña. Pero si por esas casualidades, la araña muere al paciente, el terapeuta estaría en grandes problemas ya que el pobre paciente recuperaría la primera asociación y todo el tratamiento debería iniciarse de nuevo, pero esta vez con mayor dificultad.

La extinción también podría ser utilizada en el tratamiento de otras enfermedades psiquiátricas vinculadas con el miedo: Síndrome de pánico, estrés postraumático

tico o trastorno obsesivo compulsivo. Por otra parte, probablemente un hiperactividad en la amígdala, sería la causa de algunos de estos trastornos de ansiedad.

Los procesos involucrados en la extinción de la memoria continúan siendo estudiados en relación con la hipótesis que sería un reaprendizaje producto de una nueva experiencia, la formación de una nueva asociación y no el olvido o ruptura de la asociación original.

Los años pasan, nos vamos volviendo viejos...

¿No sabes dónde puse mis anteojos?...iMe estoy últimamente distrayendo!...¿Será por el embrujo de tus ojos o acaso porque estoy envejeciendo?...

Esta es una estrofa que canta Alberto Cortés en “Amor mi gran amor”. El olvido está asociado a la vejez, a los años transcurridos, al inexorable paso del tiempo que va dejando sus huellas no solo en nuestro cuerpo, sino también en nuestro cerebro. Los episodios en los que nuestra memoria no parece funcionar de una manera tan eficaz, pueden agudizarse a partir de los 60 años y es un proceso considerado normal por gerontólogos y neurólogos. Quién de nosotros alguna vez no ha sufrido “pequeños olvidos” durante una conversación, por ejemplo no recordar el nombre de un amigo de la infancia, y pasado un rato ¡de golpe! el nombre “viene” a nuestra mente. Pareciera, como si el transcurso del tiempo estuviera volviendo más lentos los mecanismos que procesan y/o evocan la información en nuestra corteza cerebral y el recuerdo ya no es instantáneo, como cuando éramos más jóvenes. Mi querido papá ahora con sus 78 años camina con paso lento y tranquilo, aquel hombre ágil que corría de un trabajo a otro durante el día, ha ido dejando paso a éste de andar pausado. Parte de la pérdida de agilidad y la lentitud creciente de nuestros reflejos podría deberse a una pequeña reducción de neuronas y sinapsis de neuronas que nuestro cerebro conserva: un joven de 18 años es mucho más eficiente desde el punto de vista motor, sensorial, que yo de 44 o que mi padre de setenta y pico. La muerte celular y la pérdida de las conexiones sinápticas ocurren a lo largo de toda la vida de los animales. Un anciano podrá ser más sabio, por todas las memorias que progresivamente acumuló lo largo de su vida, pero también posee más memorias fragmentarias o ausentes. Con el paso de los años el rendimiento de diferentes actividades cognitivas va disminuyendo, esto se manifiesta tanto en el proceso de aprendizaje, como en el de almacenamiento y evocación de

la memoria. El cerebro de un anciano es física y neurológicamente menos eficiente que el de un individuo joven, por lo tanto su cerebro tiene menos capacidad de evocar rápidamente sus memorias, así como también de adquirirlas. En investigaciones realizadas con grupos de individuos de diferentes edades, se ha observado que los jóvenes obtienen puntuaciones más altas con respecto a los valores obtenidos por las personas ancianas, cuando la tarea solicitada requiere de un procesamiento intelectual elevado. Mientras que no hay diferencias significativas si la tarea no requiere de tal procesamiento. Pero ¡a no desesperar!, una investigación reciente en el área de la psicología dirigida por Richard Nisbett en la Universidad de Michigan, intenta reivindicar el viejo refrán “más sabio es el diablo por viejo que por diablo”. Si bien el cerebro anciano pierde ciertas habilidades, demuestra que posee mejores competencias en el razonamiento empleado para resolución de dilemas y conflictos sociales por ejemplo. Esto estaría asociado a que los ancianos hacen un mayor uso de sistemas mentales que ponen el énfasis en la necesidad de analizar perspectivas múltiples, tener en cuenta el compromiso y reconocer las limitaciones del conocimiento. Los investigadores la denominaron “sabiduría social”. Los resultados de esta investigación sugieren además, que resultaría conveniente asignar las personas mayores a los principales roles sociales concernientes a las decisiones legales, asesoramiento y las negociaciones entre grupos. Desde épocas muy remotas la humanidad ha considerado a los ancianos como las personas con más experiencia en la vida y por eso fueron respetados en las sociedades primitivas acatando sus consejos y siguiendo las normas de comportamiento establecidas por ellos. La Antropología Cultural estudia el papel que los ancianos desempeñan en una cultura o en un grupo étnico y el respeto por ellos ha sido una regla en muchas culturas, siempre y cuando, el anciano no supusiera una carga para el grupo, fuera mentalmente útil y pudiera valerse por sí mismo.

Con respecto al déficit de memoria en ancianos, la hipótesis que tiene mayor peso es que se produce una falla en el proceso de almacenamiento posiblemente debido a la atención dirigida a los estímulos del ambiente. Sus cerebros han desarrollado una mejor capacidad para prestar mayor atención a información que no es significativa, lo que indicaría que prestan más atención a los estímulos a su alrededor. Este plus en la atención, (menor filtrado de la información), sumado a los años de experiencia que poseen, hace al cerebro viejo quizás más olvidadizo pero más sabio. La información codificada como recuerdo a largo plazo se mantiene tan eficientemente en personas jóvenes como ancianas.

El olvido propiamente dicho es literalmente pérdida de información y en el proceso de envejecimiento normal, esto no estaría ocurriendo, aunque establecer los límites fisiológicos es bastante difuso. Es común que hayamos escuchado a nuestros abuelos evocar recuerdos que han permanecido en su memoria desde la infancia, sobre hechos y eventos que marcaron su vida. Algunos neurólogos mencionan que uno de los motivos por lo que recordarían con mayor frecuencia esos sucesos lejanos más que los recientes, sería que esos eventos remotos poseen un alto componente emocional y son los más importantes para el individuo, además de que son evocados de manera constante por lo tanto son reconsolidados y tal vez reforzados una y otra vez. Estos procesos despiertan mucha intriga, dejan al descubierto la complejidad de los múltiples mecanismos que ocurren en nuestro cerebro y por lo tanto no resulta tan simple definirlos.

Cuando la realidad supera la ficción

Al leer las diferentes fuentes bibliográficas relacionadas con la memoria, es inevitable no hacer referencia al mítico personaje creado por Jorge Luis Borges, Irineo Funes. Este joven uruguayo tenía la capacidad ¿prodigiosa? de recordar con detalles precisos cada momento de su vida, era capaz de recordar un día completo de su vida, lo que le insumía también un día completo. ¿Cuál sería el beneficio de tener una memoria tan prodigiosa? Como menciona el mismo Borges en uno de sus textos *¿tiene sentido un mapa de China tan grande como China?*. A pesar de esta “virtud memorística”, Funes no era un hombre de muchas “luces”, como habría de esperarse. *Pensar es olvidar diferencias, es generalizar, abstraer*, Borges le hace decir al Borges del cuento y Funes, era incapaz de ello. Su propia cara vista en el espejo día tras día era tan distinta de la que ha visto el día anterior, que a Funes le costaba entender que se tratara del mismo rostro y se angustiaba.

Muchas preguntas que sobrevuelan mi cabeza ¿tiene sentido recordarlo todo? ¿Qué beneficio como especie puede tener el hecho que recordemos hasta el detalle más insignificante de nuestras vivencias? Si recordamos lo que hemos venido leyendo hasta el momento, dentro de los mecanismos de funcionamiento de nuestra memoria están aquellos que permiten que se forme la memoria de largo plazo, que se consolide, que podamos evocar las diferentes memorias. Existe también una selección de la información, estos mecanismos no guardan todo lo que vivimos, no

guardan cada uno de los miles de estímulos que percibimos a diario, ya que no es necesario. Se guardan los fragmentos importantes de esas vivencias, que nuestro cerebro reconstruye una y otra vez, cuando recordamos, pero nunca esas reconstrucciones son copia fiel de la vivencia original. Se guardan las vivencias que nos permiten sobrevivir, aquellas que nos capacitan para resolver situaciones, las que nos permiten establecer relaciones con los demás y con el mundo que nos rodea.

Pero a veces ocurre que estos mecanismos no funcionan del modo correcto. Existen varias patologías, que aún presentan muchos interrogantes y sirven de base a los neurocientíficos para estudiar los complejos mecanismos de la memoria. Como hice referencia antes, lo patológico es lo que ha servido para abrir nuevas puertas de investigación, cuando algo no funciona como debiera ¿qué es lo que está fallando? ¿Qué sucede en el cerebro de estas personas que hacen que tengan características muy diferentes a las demás? ¿Qué sucede cuando estos mecanismos no funcionan como debieran y la información se almacena de manera completa, sin filtros, sin olvidos?

Las personas que superaron la barrera de los cuarenta, recordarán seguramente la película **Rain Man** protagonizada por Tom Cruise y Dustin Hoffman (rol que le valió el Oscar como mejor actor en 1988), donde Hoffman caracteriza a Raymond una persona con autismo, quién tenía una extraordinaria habilidad intelectual para hacer cálculos. Kim Peek fue quién inspiró el personaje de la película, y en realidad padecía el Síndrome del *savant* que está asociado a los trastornos del espectro autista. La principal característica es que a pesar de que las personas que lo padecen pueden presentar trastornos mentales, motrices o del desarrollo, poseen talentos excepcionales o prodigios específicos. El psiquiatra Darold Treffert, quien ha dedicado cuarenta años de su vida a estudiar el Síndrome del *savant*, afirma: *Hay que tener en cuenta que no todos los autistas son savant ni todos los savant son autistas*.

Los pacientes prodigiosos con Síndrome de savants son aquellos que poseen como característica común una memoria extraordinaria denominada hipermemoria, que Treffert define como *muy profunda, pero excesivamente estrecha*, en el sentido que pueden recordar con detalles muy minuciosos pero irrelevantes, por lo que no son capaces de hacer uso analítico de esa memoria. Tal como nuestro amigo Funes. Si bien no se conocen en profundidad sus causas, los casos estudiados en los años recientes, demuestran una disfunción del hemisferio cerebral izquierdo con funciones compensatorias por parte del hemisferio derecho. Es curioso el hecho de que las

habilidades sobresalientes más usuales de las personas con síndrome de *savant* se concentran principalmente en 4 categorías de hipermnesias:

- Expresiones artísticas como música, pintura y escultura, suelen tener brillantes habilidades innatas para comprender e interpretar la música.
- Cálculo de fechas que les permiten memorizar calendarios enteros y recordar datos referentes a cada uno de esos días.
- Cálculo matemático por lo que son capaces de resolver mentalmente complejos cálculos matemáticos con gran precisión y de forma casi instantánea.
- Habilidades mecánicas y espaciales que les permite medir distancias casi exactas sin la ayuda de instrumentos, construcción de maquetas minuciosamente detalladas, memorización de mapas y direcciones.

En el caso de Kim Peek, recordaba el 98 % de lo leído, cuando una persona común solo puede recordar el 45 %. Su capacidad para almacenar información era ilimitada, hecho que le valió el sobrenombre de “kimputer”. Tenía **memorizados** ¡12.000 libros en su cabeza! Pero, a pesar de poseer esa memoria extraordinaria, era incapaz de realizar una conclusión o un análisis de los textos memorizados. Tampoco podía vestirse solo, ni peinarse sin la ayuda de otra persona, algo tan simple como meter un botón en un ojal, para él resultaba imposible.

¿Qué mecanismos permitieron que su cerebro fuera tan extraordinario para memorizar páginas y páginas, pero no pudiera realizar tareas tan triviales como prender el botón de una camisa? ¿A qué se debe que a pesar de ser hipermnésico su coeficiente intelectual estuviera muy por debajo del promedio común? Intentando desentrañar estos misterios, un grupo de científicos de la NASA, dedicaron 15 años de investigaciones a su cerebro. Realizaron innumerables pruebas intentando descubrir las características que permitieran un funcionamiento cerebral tan poco común. Los estudios anatómicos mediante tomografías y resonancias magnéticas, revelaron que sus hemisferios cerebrales no se encontraban conectados por el cuerpo calloso como en el resto de las personas, debido a una agenesia (ausencia del desarrollo) del mismo. El cuerpo calloso está constituido por fibras nerviosas que permiten la comunicación entre partes homólogas de la corteza cerebral, para que los hemisferios trabajen en forma conjunta y complementaria, es considerado como el principal sistema de asociación interhemisférica. La agenesia en Peek, determinó que sus hemisferios cerebrales no se conectaran, lo que determinó que sus hemisferios

funcionaran de manera independiente, como si tuviera dos cerebros: la información recibida por uno no pasaba al otro hemisferio, por lo que podía almacenar muchísima información, pero no tenía la posibilidad de establecer relaciones o asociaciones.

Otro caso célebre de hipermnnesia pero espacial o fotográfica, es el de Stephen Wiltshire nacido en Londres en 1974. A los 3 años fue diagnosticado con retraso del desarrollo dentro del espectro autista. Vivía absorto en su mundo, distante, sin establecer relaciones sociales ni siquiera contacto visual con sus congéneres, una característica propia del síndrome autista. A pesar de esto, posee una capacidad fuera de lo normal para registrar todo lo que ve, su memoria visual es increíble, lo que le ha valido el apodo de “Human camera” (la cámara humana). Es capaz de reproducir en dibujos áreas de diferentes ciudades del mundo solo con una observación de pocos minutos con una exactitud increíble.

A medida que tomamos conocimiento de estos casos tan particulares, surgen más interrogantes ¿Todos los seres humanos poseemos esa potencialidad en nuestro cerebro? ¿o debemos relegar ciertas habilidades usuales en pos de una memoria prodigiosa? ¿qué ventaja evolutiva tendría poseer semejantes prodigios? Cada una de estas preguntas abre nuevas puertas para seguir descubriendo la sorprendente complejidad del funcionamiento del cerebro.

En el otro extremo: el eterno presente, ausencia de pasado

Continuando con la cartelera filmográfica, ya vimos que existen películas cuyos guiones se han inspirado en los trastornos de la memoria. Esto demuestra que no solo para los neurocientíficos es un tema intrigante. Ahora en el otro extremo, están aquellas que hacen referencia a la amnesia. Algunas proponen la posibilidad de borrar recuerdos deliberadamente como en *Eterno resplandor de una mente sin recuerdos* y otras lo incluyen como un condimento llamativo en una historia romántica como en *Como si fuera la primera vez*. Incluso en muchas telenovelas hemos visto como las personas pierden todos sus recuerdos con un traumatismo y luego con otro trauma similar, los recuperan mágicamente.

La amnesia puede definirse como la pérdida de la memoria parcial o total. También puede implicar la pérdida de memorias de un tipo y no de otras. Las personas que padecen esta enfermedad son incapaces de retener o recuperar información de un período temporal concreto. Las amnesias puede clasificarse de diferentes ma-

neras según las causas que las provocan: postraumática, afectiva, alcohólica; según la modalidad: visual, olfativa; según la línea cronológica: anterógrada, retrógrada; según el área del cerebro involucrada: hipocampal, diencefálica.

Entre las posibles consecuencias producidas por lesiones del hipocampo es posible observar: la amnesia anterógrada (o amnesia de fijación) en la cual el individuo es incapaz de codificar información nueva. Pareciera que olvida al mismo ritmo que suceden los acontecimientos, podría leer el mismo diario todos los días una y otra vez, sin recordar las noticias leídas. Esta amnesia podría afectar la memoria del tipo episódica de quién la padece, pudiendo alterar el recuerdo de información biográfica, es profunda y permanente.

Otro tipo de patología sería la amnesia retrógrada donde existe una pérdida de la memoria para eventos pasados, anteriores al momento de la lesión. Se ve afectada la capacidad de evocar información y sucesos bien establecidos, esta amnesia es limitada en el tiempo y no hay pérdida de memoria explícita de los hechos más lejanos, debido a que el hipocampo lesionado, ya no contiene la información por que la misma se encuentra en la neocorteza. Tal como sucedió en el caso particular del paciente Henry Molaison, mundialmente conocido como H.M, quien sufrió de amnesia retrógrada luego de una intervención quirúrgica para curar sus ataques epilépticos, donde se vieron afectadas regiones como los lóbulos temporales e hipocampo.

La amnesia postraumática se define como el período de tiempo que sigue a la lesión cerebral (un golpe, una caída) y durante el cual la persona no puede recordar al menos las 24 horas anteriores. Otras amnesias pueden ser provocadas por episodios donde hubo disminución o pérdida de conciencia, como podría ser un estado de coma por ejemplo, como es el caso de la amnesia lacunar, donde hay pérdida parcial de la memoria de un período de tiempo particular.

Cuando nuestra historia se desvanece sin remedio: en los umbrales del Alzheimer

Muchos nos aterrorizamos solo escuchar mencionar su nombre, debido a que el deterioro cognitivo progresivo que provoca, es literalmente devastador e irremediable y, lentamente va incapacitando a las personas a desempeñarse en sus actividades cotidianas y sociales. El Alzheimer va borrando memorias, entonces la historia personal de sus víctimas va desapareciendo de manera irreversible.

A medida que envejecen, algunas personas presentan un déficit en la memoria mayor al esperado para la edad, los primeros síntomas aparecen alrededor de los 60 años de edad. El Alzheimer afecta casi todos los tipos de memoria que posee una persona, es una enfermedad degenerativa cuyas causas aún se cubren bajo un velo de incertidumbre. Quizás, una combinación de diversos factores sean los responsables: la edad, la herencia genética, la alimentación, los factores ambientales. Las investigaciones realizadas durante los últimos 20 años, han profundizado la comprensión que se tiene de esta devastadora enfermedad, se ha ampliado el conocimiento sobre la función cerebral en las personas mayores sanas, se ha progresado en el diagnóstico temprano, en terapias de ayuda para los pacientes y sus familias, se conocen sus etapas y su evolución, se están investigando posibles tratamientos. Los estudios recientes están centrándose en los factores que podrían usarse para reducir el riesgo de las personas a desarrollar el Alzheimer en el futuro y por otro lado, identificar la forma de reducir la declinación de la función mental asociada a la edad.

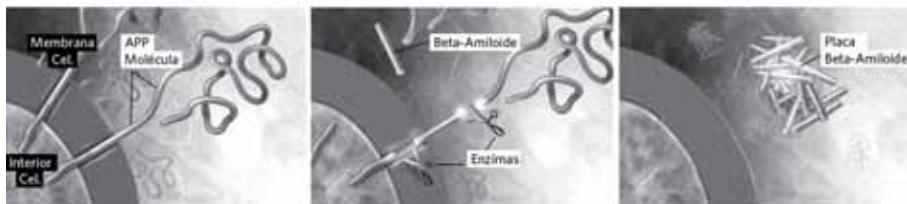
Esta enfermedad que incapacita gradualmente a los enfermos, constituye un gran problema médico, social y económico, principalmente en los países con alta expectativa de vida.

El deterioro progresivo del cerebro puede alcanzar diferentes áreas, por ejemplo los lóbulos temporales incluido el complejo hipocampal (corteza entorrinal, hipocampo, cuerpos mamilares), por lo que las memorias que dependen de la integridad de esta región para almacenarse y evocarse, tal como las memorias autobiográfica y semántica son las primeras en verse afectadas, aunque gradualmente otras regiones del cerebro serán dañadas y los síntomas se agravarán. La pérdida paulatina de las capacidades cognitivas y principalmente de la memoria asusta y provoca gran frustración, no sólo en los enfermos sino también en sus familiares y amigos. Trato de imaginar por un momento como me sentiría si no pudiera recordar a la persona que está enfrente mío, a quien elegí hace algunos años ya, para transitar la vida, si no pudiera reconocer que ese aroma tan exquisito proviene de esa, mi planta preferida, que yo misma planté en mi jardín, si fuera incapaz de interpretar esos símbolos que están impresos en las hojas de un libro que leí una y otra vez. Quizás, me sentiría como ET el extraterrestre en un planeta desconocido: sola, aterrada, confundida, donde nada es familiar, rodeada de cosas y seres extraños, que no logro comprender ni reconocer.

a. Placas y nudos: las señas particulares de la enfermedad de Alzheimer

Se ha demostrado que la enfermedad de Alzheimer interrumpe cada uno de los tres procesos que mantienen a las neuronas saludables: la comunicación, el metabolismo y la reparación. Esta interrupción causa que se vea obstaculizada la función de las neuronas, pierdan las conexiones con otras neuronas y finalmente, mueran. Ese deterioro y muerte de las neuronas sería lo que provoca las principales características de la enfermedad: las fallas en la memoria, los cambios de personalidad, los problemas para llevar a cabo las actividades diarias. Pero ¿cuál es el mecanismo celular-molecular por el que las neuronas pierden las sinapsis entre si? ¿Qué se conoce hasta el momento de los mecanismos bioquímicos de la enfermedad? ya que sus manifestaciones clínicas son bien conocidas. Al investigar los cerebros de los pacientes con Alzheimer (*post mortem*), se han observado altos niveles de dos estructuras anormales: las placas **beta-amiloideas** y los **nudos neurofibrilares**. ¿Cómo se originan estas estructuras? ¿Qué consecuencia producen sobre las neuronas?

Figura 3.1: placas beta-amiloideas

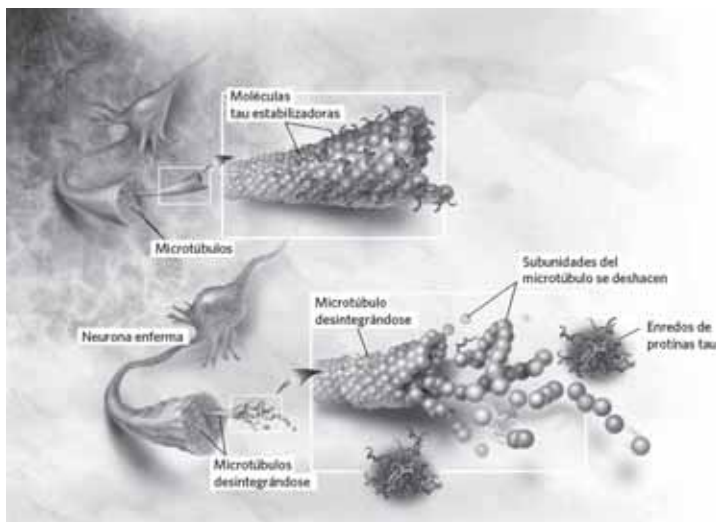


El beta amiloide es una proteína que se origina a partir de otra proteína mucho más grande denominada Proteína Precursora de Amiloide (sus siglas en inglés: APP). Esta última es una proteína transmembrana, cuya función aún no está bien determinada, pero que en su porción extracelular posee regiones con actividad neurotrófica, es decir que favorecería la supervivencia de las neuronas. La APP es fragmentada (por alguna causa aún no determinada) en segmentos de β amiloides, por diversas enzimas (algunas han sido identificadas). Existen dos tipos más importantes de β amiloide, llamados β amiloide 1-40 y β amiloide 1-42, dependiendo el número de aminoácidos que las componen. Las últimas investigaciones señalan que estos fragmentos 1-40 y 1-42 en condi-

ciones fisiológicas podrían unirse a receptores ubicados en la membrana de las neuronas, por ejemplo al receptor de acetilcolina, modulando funciones mentales tales como la formación de la memoria. En condiciones patológicas esos fragmentos no se removerían del espacio extracelular y se volverían insolubles, uniéndose entre sí y con otras moléculas proteicas y material celular para formar las llamadas placas amiloideas. Estas placas se acumulan afuera y alrededor de las neuronas, afectando la función normal de estas células.

Otro cambio bioquímico detectado en el Alzheimer ocurre en las **proteínas tau**. Estas proteínas se caracterizan por formar uniones con las unidades de otra proteína, la tubulina. La tubulina es una proteína globular que forma parte del citoesqueleto de las neuronas, las unidades de tubulina se unen formando los microtúbulos. De esta manera, la proteína tau se une a los polímeros de tubulina, estabilizando la estructura de los microtúbulos para facilitar su elongación y estabilización. Los microtúbulos están constituidos por unidades de tubulina y se establecen como componentes estructurales del citoesqueleto de las células. Estas estructuras participan en múltiples funciones en el interior de la célula: mantenimiento de la forma celular, movimiento de las vesículas transportadoras, separación de los cromosomas durante la división celular, entre otros.

Figura 3.2



En las neuronas, los microtúbulos se extienden desde el cuerpo neuronal y a lo largo del axón, y están vinculados con el transporte intracelular (de diferentes tipos de vesículas, por ejemplo, conteniendo neurotransmisores) y el mantenimiento de la estructura neuronal. En el Alzheimer, la proteína tau cambia químicamente, se hiperfosforila, es decir se le unen hasta 9 grupos fosfatos, cuando la proteína normal lleva 3. Esto provoca que las proteínas tau se unan entre sí y formen un enredo de proteínas insolubles haciendo que los microtúbulos se desintegren, debido a que no hay proteínas para estabilizar las unidades de tubulina, colapsando, de este modo, el sistema de transporte interno de las neuronas. Esto inicialmente, puede originar el mal funcionamiento de la comunicación entre las neuronas, ya que las vesículas con los diferentes neurotransmisores que deben ser liberados en el espacio intersináptico, no podrían ser transportadas desde el sitio donde se forman hasta la sinapsis y posteriormente, conducir a la muerte de las células. Cuando las neuronas mueren quedan liberados estos ovillos en el espacio inter-neuronal, lo que ha sido observado en las áreas cerebrales afectadas por la enfermedad de Alzheimer.

Los científicos han sabido de la formación de estas placas y nudos por muchos años, pero investigaciones recientes han revelado mucho más acerca de cuáles son sus componentes, los mecanismos bioquímicos para su formación y sus roles en la enfermedad de Alzheimer. A pesar de que muchas personas mayores desarrollan placas y nudos, los cerebros de los pacientes de Alzheimer los tienen en un porcentaje mucho mayor. Las investigaciones recientes apuntan a estudiar el mal funcionamiento de las proteínas quinasas, y fosfatasas, “responsables” de los procesos de fosforilación y desfosforilación de las proteínas, tal como la proteína tau, así como también el rol fisiológico de las proteínas APP y sus derivados β amiloides en la función cerebral normal.

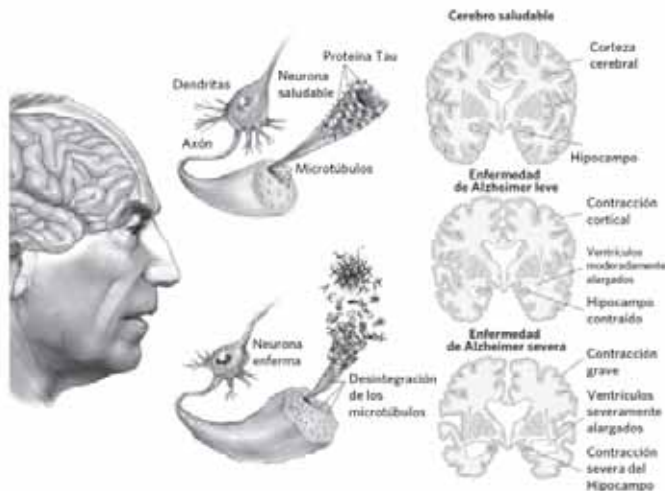
b. Desfosforilación de las proteínas tau: ¿una luz en el camino del Alzheimer?

Actualmente, las líneas investigación están orientándose en 4 ejes principales donde podrían obtenerse resultados: uno es indagar sobre los factores genéticos que inician el desarrollo de la enfermedad en edades tempranas, el segundo es sobre los factores de inflamación, ya que pareciera que las

tendencias a las inflamaciones tiene una correlación con la enfermedad, el tercer pilar es la neuropatología vascular donde hay que tener en cuenta a la arterioesclerosis (estrechamiento de las arterias que puede provocar el bloqueo del flujo sanguíneo) y el cuarto es profundizar en el conocimiento de la fisiología de las placas y ovillos neurofibrilares. Este último eje es el que ofrece mayores esperanzas, ya que posibilitaría encontrar mecanismos que permitan detener la degeneración de las neuronas. El proceso de hiperfosforilación de las proteínas tau se produciría por un desequilibrio en los procesos de regulación que existen entre las proteínas quinasas (promotoras de la fosforilación de las proteínas) y las proteínas fosfatasa (que permiten la desfosforilación). Algunas aproximaciones podrían ser, por ejemplo, inhibir la actividad de las quinasas involucradas en la fosforilación exagerada de las proteínas tau o aumentar la de las fosfatasas. En la enfermedad de Alzheimer algunas proteínas quinasas estarían “sobre expresadas”, lo que lleva a la hiperfosforilación. Sin embargo, como más de una quinasa debe participar en esta fosforilación anormal y como estas enzimas participan en tantas otras actividades celulares, no es tan sencillo encontrar un tratamiento terapéutico específico, ya que su inhibición podría resultar perjudicial para el desarrollo neuronal.

Por otro lado, un pequeño aumento en la actividad de las fosfatasas podría corregir el desbalance en el estado de fosforilación de tau. Un aumento en la actividad de estas proteínas, parecería menos nocivo para la célula, debido a que las fosfatasas se encuentran en abundancia en los distintos tejidos. Las investigaciones sobre el uso de activadores de fosfatasas podrían aportar datos importantes para llegar a conocer mejor estos mecanismos. Los que en un futuro, podrían ser aplicados a la prevención e interrupción del desarrollo de la neurodegeneración, observada en la enfermedad de Alzheimer.

Figura 3.3



En la imagen puede observarse la neurodegeneración progresiva que ocurre en el cerebro de los individuos con Alzheimer. La corteza cerebral va perdiendo su espesor, la región del hipocampo se va atrofiando y los ventrículos cerebrales se van agrandando. Según explica el neurocientífico Joaquim Fuster *el Alzheimer comienza en la base del cerebro en las estructuras límbicas del hipocampo y la neurodegeneración continúa ascendiendo hasta la corteza parietal y frontal. La diferencia con el envejecimiento normal, parecería radicar que en éste, la degeneración comienza en las redes neuronales y células de la corteza, es decir iría de “arriba hacia abajo”, pero lo que no significa que un envejecimiento normal no evolucione hacia un Alzheimer en edades tempranas o tardías según la genética del individuo.* Fuster confía que debido a las investigaciones actuales concentradas en 4 grandes líneas: la genética, la inmunológica (relacionada a los procesos inflamatorios), la neuropatología vascular (focalizada sobre la arterioesclerosis) y el estudio de la fisiología de la mieloides, la formación de placas y ovillos, es muy probable que dentro de 10 años se encuentre una cura para esta enfermedad que provoca tanto desasosiego.

¿Delirio, alucinación o realidad?

En ocasiones, oigo ecos. Ecos de voces eléctricas, ultrasónicas, crepitantes, preñadas de interferencias. No evocan voces humanas, ni de muertos ni espíritus. Parecen reverberacio-

nes sobrenaturales, pero son códigos cifrados, señales de otra dimensión que sólo a veces alcanzo a interpretar.... Hablan en grupo, en tropel, unas veces con tono agudo, como de pitufo, y otras con la gravedad de un ser omnipotente. Las escucho en el baño, por la calle, al encender el televisor... Son como las risas enlatadas de las series antiguas: no están ni vivas ni muertas, habitan un extraño limbo desde el que contactan conmigo... Pero las voces no descansan, llevan ahí más de siete años y me temo que aún les queda cuerda para rato. No sé qué pretenden, la verdad; pero he de confesarle que ya han ganado una batalla: la de obligarme a parecer un pirado para que nadie crea que existen. (Las voces del laberinto: historias reales sobre la esquizofrenia. Ricardo Ruíz Garzón, Random House Mondadori, 2005).

Parece increíble que esas voces tan reales, percibidas por los individuos con esquizofrenia, sean solo producto de procesos que no están funcionando adecuadamente en sus cerebros.

La esquizofrenia es una enfermedad cuyos primeros indicios comienzan a manifestarse en la adolescencia. El inconveniente de un diagnóstico temprano es que los síntomas son muy similares a los cambios manifestados por los adolescentes normales en el comportamiento, el pensamiento y las emociones. Las manifestaciones más comunes son las alucinaciones auditivas, los pensamientos paranoicos de fuerzas que quieren conspirar contra ellos, la incapacidad para prestar atención, el déficit en la memoria así como también, la desorganización en el pensamiento lo que provoca dificultades en el habla y en la conversación, por la incapacidad de hilvanar los pensamientos en una secuencia lógica.

Estudios anatómicos han revelado que el complejo amígdala-hipocampo en pacientes esquizofrénicos es de menor tamaño que en individuos normales, así como también algunas regiones de los lóbulos frontales. Estas alteraciones producen un déficit en las actividades cognitivas y en los procesos de memoria. La actividad anormal del hipocampo trae como consecuencia una dificultad en la codificación y en la evocación de la información. Así como alteraciones en la memoria espacial, que también pueden afectar las discriminaciones olfatorias, de tiempo y de configuración auditivo-visual. La memoria de trabajo es una de las más afectadas en esta enfermedad. Estudios bioquímicos han detectado además una hiperactividad de la dopamina en los lóbulos frontales de individuos esquizofrénicos. Tienen además problemas para relacionarse socialmente y para expresar sus emociones.

La película *Una mente brillante*, protagonizada por el actor Russell Crowe, refleja de una manera sumamente artística y poética, las dificultades y sufrimientos que

tuvo que soportar el prodigioso matemático John Nash Forbes Jr. debido a esta enfermedad. Lo que no impidió que le fuera otorgado el premio Nobel de Economía en 1994. Si bien no es una película autobiográfica, resulta atrayente porque el delirio, la realidad y las alucinaciones logran convertir al espectador en un paranoico cómplice de Nash en sus alucinaciones.

Hay recuerdos que no voy a olvidar

*Hay recuerdos que no voy a borrar
personas que no voy a olvidar
hay aromas que me quiero llevar
silencios que prefiero callar...*

Fito Páez

¿Es posible borrar recuerdos de nuestro cerebro de un modo tan simple como borramos una foto de nuestra cámara digital? ¿Podremos eliminar de nuestros pensamientos ese momento que nos provocó tanta angustia y tristeza?

En la década de los 70 varias investigaciones realizadas en roedores principalmente, informaron que la memoria consolidada podía ser bloqueada si cuando se evocaba con el estímulo condicionado sin la presentación el estímulo incondicionado, era interferida por un golpe de electricidad, un golpe de frío o con una inyección de un inhibidor de la síntesis de proteínas. Debido a que la amnesia era inducida por una interferencia en el proceso posterior a la evocación de la memoria, a este fenómeno se lo denominó reconsolidación.

Cuando una memoria ya consolidada es evocada por un recordatorio (asociado al aprendizaje original), retorna a un período de labilidad, en el cual podría ser modulada mediante un factor de interferencia o un factor potenciador. En consecuencia, el factor de interferencia causaría un bloqueo de la reconsolidación y por lo tanto una amnesia de aquella memoria traumática. En el caso del factor potenciador administrado luego de la evocación, ocurriría una facilitación de la memoria. La memoria debe pasar por un nuevo período de consolidación denominado reconsolidación, que requiere de la síntesis de nuevas proteínas para continuar siendo una memoria a largo plazo.

Al leer, interpretar y escribir sobre el proceso de reconsolidación vienen a mi cabeza algunas preguntas como ¿Cuál será el sentido biológico de tener que sintetizar proteínas cada vez que evocamos y reconsolidamos una memoria? ¿Es necesaria esa inversión energética? ¿Cuál será el sentido de que esa memoria al ser evocada sea vulnerable y quede expuesta a posibles interferentes que podrían hacerlas desaparecer? ¿No resultaría esto una desventaja desde el punto de vista adaptativo? El significado funcional de esta labilidad aún es desconocido, una hipótesis sería que permite incorporación de nueva información a la memoria original, como una especie de ampliación y actualización de la memoria consolidada, después de la evocación.

Susan Sara es una neurocientífica francesa que realizó numerosas investigaciones intentando desentrañar los mecanismos moleculares involucrados en el proceso de reconsolidación. Sus principales aportes fueron con respecto a que determinados mecanismos moleculares que involucran receptores y sus moduladores, serían comunes para la consolidación y reconsolidación. Por eso, en los estudios posteriores comenzaron a utilizarse factores moduladores más específicos como inyecciones de inhibidores de la síntesis de proteínas o de receptores específicos, como los β -adrenérgicos por ejemplo. La hipótesis con respecto al valor adaptativo de ese período de labilización sería la “actualización”, que permitiría la integración de nuevos estímulos en el contexto de la “vieja memoria”, adquiriendo así un significado o valor, según el nuevo contexto en el que fue evocada (y vuelta a reconsolidar).

A comienzos del año 2000 hubo una reaparición del interés por este tema con un trabajo publicado en la revista científica *Nature* realizado por Nader, Schafe y Ledoux en el cual proponen que se produce una nueva síntesis de proteínas en la amígdala durante la reconsolidación de las memorias de miedo luego de haber sido evocadas. La línea de trabajo de estos investigadores se orienta particularmente a estudiar como el cerebro aprende y almacena información en situaciones de peligro.

Otro posible valor adaptativo de la reconsolidación es la posibilidad de reforzar la memoria, tanto en eventos evocados o, como por ejemplo, en reconsolidación recurrentes durante el sueño (Sara 2000b).

Muchos investigadores están estudiando la posibilidad de utilizar la modulación interferente sobre la reconsolidación como una aplicación terapéutica en humanos, para que aquellas memorias que por su grado de componente emocional (post guerras, abusos, violaciones) resultan traumáticas, y son generadoras de enfermedades e incluso adicciones, puedan volverse amnésicas para quienes las sufrieron.

Somos aquello que nuestro cerebro recuerda, nuestra vida está construida con esos miles de fragmentos de memorias que allí se guardan, se reconstruyen, se modifican, se evocan, se extinguen o simplemente se olvidan. Los amores, los desamores, los triunfos, los fracasos, las emociones, las pasiones, las desilusiones que hemos vivido han ido dejando sus huellas y han modelado nuestra personalidad. Ese es nuestro equipaje, es único, es invaluable, es propio, es exclusivo, nos identifica y define que seamos quienes somos.

NOTAS:



CAPÍTULO IV

Memoria animal: estrategia de supervivencia

Alejandra Eugenia Würschmidt

Introducción

Me impactó escuchar en una conferencia: “la memoria es un mecanismo o estrategia de supervivencia de los animales”. Quedó dando vueltas en mi cabeza, como un remolino, conjuntamente con imágenes de diferentes animales y sus ambientes. ¡Claro! ¿Cómo encontrar el nido, el alimento, la pareja, si no tenemos almacenado algún código que lo evidencie? ¿Cómo escapar del que nos quiere comer sin la información de sus huellas, olores?. Otras frases se fueron uniendo a la anterior “las emociones favorecen la fijación de la memoria y preparan el organismo para reaccionar la próxima vez”; “todos los animales...todos los sistemas nerviosos forman memoria” (¿piojos, caracoles del jardín, gusanos, mariposas...y esos raros bichitos que sólo conocemos por fósiles?). Entonces, ¿cómo será el funcionamiento de la memoria más simple, el de los bichitos que ni siquiera tienen cerebro? ¿En qué animal se habrá formado la primera neurona?...

La memoria como guía del comportamiento

El aprendizaje de las experiencias implica cambios en las neuronas, que se almacenan (forman memoria) y preparan al organismo a dirigir diversas acciones adaptándose al entorno. Estas acciones son las respuestas del comportamiento. Los aspectos aprendidos actúan como señales que permiten anticiparse a una situación

y responder más eficientemente. Por ejemplo, si se codificaron en lenguaje neuronal (mensajes eléctricos y químicos) y se almacenaron (modificación de moléculas) determinados sonidos, olores, huellas u otros estímulos asociados a predadores, al presentarse estas evidencias en una nueva circunstancia, la reacción podría variar entre manifestar agresión, esconderse, huir, o hacerlo más rápido que en la experiencia anterior. Si las evidencias son asociadas al alimento, la reacción podría ser de acercamiento, de búsqueda de otros indicios o de estrategias para obtener ese alimento. Las respuestas comportamentales no son posibles sin la memoria como guía. Sin embargo, hay otras reacciones adaptativas, las reflejas y las instintivas, que no se aprenden, no dependen de las experiencias anteriores del animal y por lo tanto no son guiadas por la memoria, aunque esté involucrado el sistema nervioso en ellas.

No varían en un individuo ni en los de su especie. Los reflejos son respuestas fisiológicas de base físico-química; por ejemplo la dilatación de la pupila (estimulada al disminuir la iluminación) o el bostezo (estimulado al disminuir el oxígeno).

Las acciones instintivas son patrones de movimiento originados en especies ancestrales. Un tipo de información grabada en el material genético. Algunos instintos son comunes a todos los animales y otros específicos de determinados grupos (por ejemplo el vuelo en las aves).

Aunque el instinto es una representación interna y algunos la consideraron como “memoria genética” (Tinberger, 1969), no se adquiere (es innata), por lo que no responde a las definiciones actuales sobre “memoria” o “memoria animal”, como la de Maldonado (2008, p.12): “la memoria animal es una representación interna del mundo exterior adquirida a través de una experiencia comportamental, es decir, generada por el aprendizaje”.

Sobre las reacciones no guiadas por la memoria, actúan luego aspectos del aprendizaje, que se manifiestan en variadas respuestas del comportamiento. Por ejemplo, el canto y el habla son aprendidos a partir de la producción innata (no adquirida) de sonidos vocales. En los humanos actuales, muchas acciones instintivas son dominadas por acciones del comportamiento, debido a la influencia de aspectos culturales propios de cada pueblo y de la globalización (religiosas, económicas, tecnológicas).

El mundo y su representación: ¿igual para todos?

Cada grupo o especie animal capta sólo ciertos aspectos del mundo exterior, según el tipo de receptores (a los estímulos sensoriales) que posea; según el ambiente en que viva; el impacto de los eventos en la supervivencia de cada uno. Las representaciones del entorno se construyen constantemente en cada experiencia y dependen, además, del almacenaje de lo que se aprendió en vivencias anteriores.

Si consideramos algunos ejemplos de representaciones del mundo exterior, relacionadas sólo con ciertos aspectos de la sensibilidad a los estímulos lumínicos, hay un mundo en blanco y negro para determinados animales y en uno, dos, tres, o más colores para otros.

Por ejemplo, los toros, a diferencia de lo que se dice, no distinguen el color rojo. Tampoco lo distinguen las abejas. Éstas, en cambio, tienen receptores sensibles al ultravioleta, lo que les permite detectar manchas púrpuras (indicadoras del néctar), en los pétalos blancos o amarillos, que los humanos vemos de un solo color. Se registra lo que se aprende del mundo para poder vivir en él.

Memoria y aprendizaje: ¿igual para todos?

Por lo común relacionamos a la memoria y al aprendizaje, con el cerebro. Sin embargo, los animales que no lo tienen, como las “estrellas de mar” y las “aguavivas”, también aprenden y forman memoria, debido a que tienen conexiones neuronales (sistema nervioso), a partir de las que se desarrollan estos procesos. Es decir, todos los sistemas nerviosos, aún el más simple, tienen la capacidad de aprender y formar memoria.

Existen aspectos básicos del aprendizaje y la formación de memoria universales (heredados por todos los sistemas nerviosos) que han permanecido estables, sin cambios. A partir de éstos, se produjeron modificaciones genéticas, moleculares, estructurales, en los sistemas nerviosos de algunos grupos animales, influenciadas en parte por los cambios del mundo exterior. Estas modificaciones contribuyeron a desarrollar otros aspectos del aprendizaje y la memoria que permiten nuevos comportamientos. De modo que, existen aspectos universales (en todos los sistemas nerviosos); aspectos comunes en determinados grupos animales y aspectos específicos. Es por eso que los estudios comportamentales, genético, moleculares, en

diferentes animales, aporta al avance en los conocimientos del sistema nervioso, aprendizaje y memoria universales, como también al de los conocimientos en determinados grupos, en el que se incluyen los humanos. Una de las especies más estudiadas es la “mosquita de la fruta” (*Drosophila melanogaster*). Este insecto, presenta muchas ventajas para su estudio, como su distribución en diferentes partes del mundo, la facilidad de capturarlas y criarlas, la poca cantidad de neuronas en relación a las que poseen otros animales (y la presencia de cerebro, para los estudios relacionados a los animales que poseen este órgano). Las investigaciones en esta mosquita aportaron importantes avances en el conocimiento por ejemplo, sobre el “mal de Alzheimer” (Cap. III).

En relación a los diferentes tipos de aprendizaje (Cap I), todos los animales, que poseen sistema nervioso, tienen la capacidad de desarrollar el aprendizaje de la existencia de estímulos: se habitúan y sensibilizan (aprendizaje no asociativo) y la mayoría asocia estímulos (condicionamiento clásico). Entre los aprendizajes observados en algunos grupos se encuentran el aprendizaje por claves (por ejemplo en abejas); por imitación (por ejemplo en pulpos, ratas); resolución de laberintos (por ejemplo en ratas); por reglas complejas (por ejemplo en monos, pájaros), emocional o emotivo (por ejemplo en monos, gatos, ratas).

El número de grupos o especies que desarrollan determinados aprendizajes, va en aumento a partir de las nuevas observaciones que van realizándose en los diferentes animales.

Está demostrado que el aprendizaje aumenta la actividad sináptica y promueve cambios estructurales en el cerebro. Esto fue observado, entre otros casos, en el aprendizaje del canto por las aves. Debido a la plasticidad del cerebro, un mismo tipo de aprendizaje puede desarrollarse más, en ambientes con mayores riesgos para la supervivencia (como frente a la escasez de recursos). En todos los tipos de aprendizaje, la memoria se consolida (Cap.II), pero según el tipo de sistema nervioso, varía la estructura o zona involucrada en la consolidación.

¿Aprender canto para sobrevivir? Un lugar en la vida y en el cerebro

Así como nosotros necesitamos del aprendizaje para cantar, ejecutar un instrumento o comunicarnos mediante el habla, las aves cantoras deben aprender al escuchar e imitar a sus padres o tutores. Este aprendizaje se realiza desde el primer

año de vida y progresivamente, de lo contrario no alcanzan a reproducir todos los detalles de los cantos característicos de la especie. Las melodías que aprenden y comunican las aves, están relacionadas con la territorialidad, ubicación del alimento, lazos familiares, con diferentes situaciones de peligró.

Hay variaciones de canto entre especies diferentes y también entre poblaciones de pájaros (por ejemplo, se distinguieron distintos “dialectos” en horneros, zorzales, benteveos, de territorios diferentes). Así como el canto ocupa un lugar especial en la vida de estas aves, ¿ocupará un lugar especial en su cerebro? Se realizaron observaciones del cerebro de aves, cuando aprenden una canción, con el interés de detectar qué zona entra en actividad en esos momentos. Se localizó una pequeña área (1mm. aprox.) en la que se producen cambios neuroanatómicos durante el aprendizaje. Además, se demostró que cuando se lesiona o se quita esa área, el pájaro no puede aprender a cantar. Y si es un adulto que ya aprendió, tampoco volverá a hacerlo. Al no comunicarse con canto, no puede hacer pareja, lo que significa un obstáculo para su reproducción y perpetuación. (DeVoogd, 2010). Se comprobó que el área cerebral de las aves, involucrada en el aprendizaje del canto, se relaciona con el aprendizaje de otras habilidades y que es análoga al área cerebral del humano en el aprendizaje del lenguaje y también de otras habilidades.

Evolución de los sistemas nerviosos

El sistema nervioso más sencillo es el formado por red de neuronas dispersas por todo el cuerpo (medusas, hidras). En los demás sistemas nerviosos, las neuronas se agrupan en cordones y en algunos también se concentran en ganglios o, en los más complejos, forman cerebro y otras estructuras del encéfalo, como el cerebelo. En las especies que presentan estas centralizaciones (sistema nervioso central), la capacidad de coordinación es notablemente mayor.

El punto de vista actual sobre las relaciones evolutivas en el reino animal, tiene en cuenta la presencia de sistema nervioso central y el complemento de estudios genómico-moleculares y comportamentales. Aparentemente, la complejidad de los sistemas nerviosos sería acorde a la de la organización corporal del animal. Sin embargo, se encontraron sistemas nerviosos sencillos en especies de organización anatómica complicada y complejos sistemas nerviosos en especies con cuerpo relativamente simple. Por ejemplo, entre las medusas, las especies de “cubomedusas”

tienen, además del sistema nervioso en red, cuatro concentraciones de neuronas denominado ropalia o ropalio (sistema nervioso central), con cuatro racimos de ojos de diferentes tipos, además de verdaderos músculos, lo cual permite coordinar comportamientos complejos. Al encontrarse características de uno u otro sistema nervioso en especies de grupos diferentes, se postula que la evolución no sigue una sola línea genealógica (teoría monofilética), en la que los sistemas nerviosos más simples evolucionaron hasta los que poseen cerebro. Sino que existen evoluciones (cambios) originados en diversas especies, desarrollados paralelamente (teoría polifilética o de orígenes múltiples). Esta teoría explica mejor la diversidad de sistemas nerviosos y su enorme plasticidad. (Moroz, 2009).

Si en los sistemas nerviosos más simples, las neuronas se encuentran conectadas en red dispersa por el cuerpo ¿habrá animales con neuronas aisladas? ¿en qué animales se habrán formado las primeras neuronas?. La primera publicación en la que se trata el origen de las neuronas, fue la de Nicolaus Kleinenberg, en 1872. Después de realizar estudios de la anatomía y de las células de la hidra. El sistema nervioso de este animal acuático de pocos milímetros, es en red. Consideró que las neuronas se habrían originado de células sensoriales y motoras epiteliales, a partir de un ancestro común a todos los demás animales. Y que estas células se conectaron y adquirieron la capacidad de transmitir impulsos nerviosos (característicos de las células neuronales). Esta suposición sobre el origen a partir de un ancestro en una sola línea evolutiva, se considera ahora como “teoría monofilética”. Para responder sobre el origen de las neuronas y otras cuestiones relacionadas a la evolución de los sistemas nerviosos, es necesario determinar qué es lo que permite a una célula ser o no neurona, reconsiderando las definiciones (comúnmente una célula altamente polarizada, con potenciales de acción y sinapsis especializada) pero teniendo en cuenta los fundamentos genómicos y moleculares de las actuales investigaciones. Debemos contemplar que no se cuenta con la información sobre los primitivos animales extinguidos. Pudo haber muchas formas de transición entre células no neuronales y neuronas. Puede considerarse que las neuronas se originaron a partir de células secretoras y que los primeros mensajeros interneurales fueron péptidos y metabolitos de bajo peso molecular. En estudios genealógicos, genéticos, moleculares y comportamentales, se encuentran datos que indican que: 1) que las neuronas podrían haberse originado paralelamente en animales pertenecientes a diferentes grupos y no derivar de un ancestro común. 2) que las sinapsis en invertebrados pueden ser tan complejas como en los vertebrados.

Se postula, entonces, que el requisito principal para ser una neurona no sería la alta polarización ni la sinapsis especializada, sino un coordinado conjunto de genes que se expresan en una célula en un momento dado. Estos datos conjuntamente con los de la presencia de diferentes sistemas nerviosos en un mismo grupo, fundamentan la teoría polifilética (de diversos orígenes) mencionada anteriormente. (Moroz, 2009).

Es difícil imaginar que existan animales con neuronas aisladas y realmente no se han encontrado. Sin embargo, existen animales sin sistema nervioso, como la esponja de mar, el animal “placa” y parásitos de animales marinos. En los últimos años se determinó la secuencia del genoma de una especie de esponja de mar (*Amphimedon queenslandica*) y se encontraron genes, que en otros animales, se relacionan con las conexiones neuronales (sinapsis).

Es decir, que las esponjas de mar presentarían uno de los “andamios” a partir de los que se construyeron en otros animales, las conexiones que caracterizan a las células nerviosas. (Sakarya, 2007).

Las esponjas de mar son los animales sobrevivientes más primitivos, su cuerpo es amorfo y si se rompe, sus células vuelven a agruparse. Aunque presentan algunos distintos tipos de células, éstas no forman tejidos porque no tienen las proteínas necesarias para la cohesión entre células. No tienen neuronas, por lo tanto no tienen receptores sensoriales ni pueden dirigir movimientos. Sus respuestas provienen de la excitabilidad protoplasmática. Al alimento lo obtienen del agua que circula por los poros que atraviesan su cuerpo. Viven en el fondo del mar sobre rocas o corales. Evitan a la mayoría de los predadores debido a las sustancias tóxicas que eliminan y a las espinas que poseen. Los animales sin sistema nervioso pudieron sobrevivir debido a sus estilos de bajos requerimientos, en hábitat favorables (sin grandes cambios), con estructuras y funciones extremadamente simples; algunos con la característica de emitir sustancias tóxicas, originadas de la irritabilidad protoplasmática, lo que aleja o elimina a los predadores.

El sistema nervioso más simple está formado por neuronas conectadas en red difusa, dispersas por todo el cuerpo. Sin embargo, en él funcionan receptores sensoriales y una serie de respuestas al entorno, con movimientos dirigidos. Se encuentra en animales acuáticos de estructura corporal sencilla, como las hidras y aguavivas o medusas. El cuerpo de estas últimas es como una bolsa gelatinosa, translúcida, en la que pueden distinguirse tentáculos. Presentan células diferenciadas en receptores sensoriales (luz, vibraciones) y células musculares. Forman tejidos, poseen órganos

del equilibrio; coordinan las contracciones rítmicas del comportamiento natatorio, pueden dirigir sus desplazamientos y mover los tentáculos, donde se encuentran los receptores táctiles. Cuando localizan una presa, pueden ascender o descender para atraparla, extienden los tentáculos, disparan sustancias urticantes que atacan el sistema nervioso de ésta y la paraliza, luego la llevan a la boca.

La presencia de un cordón de neuronas en forma de anillo (sistema nervioso anular) alrededor de la boca del que salen prolongaciones radiales es característico de la estrella de mar, erizo de mar y otros. Las estrellas de mar tienen “brazos” con células sensoriales (mecánicas, químicas, lumínicas) u órganos sensoriales en sus extremos y cierta movilidad coordinada.

Algunas especies se arrastran o nadan moviéndose con lentitud y las de brazos largos desarrollaron la capacidad de excavar. Pueden desprenderse de sus brazos como defensa. Presentan aprendizaje asociativo, por ejemplo con estímulos relacionados a la comida (texturas, niveles de iluminación) y a la detección de los de su grupo.

En las sanguijuelas, lombrices, gusanos, (no confundir con orugas, larvas de insectos) de vida libre o parásitos, el sistema nervioso está formado principalmente por cordones longitudinales y ganglios. Pueden presentar un extremo del cuerpo diferenciado (cabeza) en el que se encuentran ganglios cerebroides.

Algunos poseen un sistema nervioso en escalera, con dos cordones longitudinales atravesados por varios cordones transversales. Poseen un sistema de receptores químicos y táctiles muy desarrollado. Algunos carecen de fotorreceptores, otros tienen dos fotorreceptores en forma de ojos (ocelos) en la cabeza, o varios receptores en toda la piel, como en la lombriz de tierra. Esta presenta comportamiento de huida ante la luz y la sequedad, enterrándose con rapidez.

Los caracoles y pulpos (moluscos), tienen una cabeza bien diferenciada, con concentraciones de neuronas en anillo y cordones nerviosos hacia el resto del cuerpo. Los órganos de los sentidos comprenden ojos, estatocitos (equilibrio), osfradios (olfato) y papilas (gusto). Los caracoles y babosas tienen ojos en sus “cuernitos” y ¡pueden formar imágenes!. Con más para ver, captar, aprender, recordar, es también más complejo su sistema nervioso y por lo tanto los procesos de formación de memoria.

Investigaciones en una babosa “liebre de mar” (*Aplysia*), dio importantes avances de los conocimientos sobre aprendizaje y memoria (Cap. I). A propulsión y mirando todo: pulpos, calamares, sepias, nautilus. Los centros nerviosos forman un

cerebro protegido por una caja cartilaginosa. Además de tener una visión que casi rivaliza con la del humano, tienen la capacidad de coordinar los movimientos musculares de su manto y tentáculos permitiendo la propulsión y la prensión, para lo que el control del equilibrio es muy importante.

El comportamiento de los pulpos ha sido muy estudiado, a partir de experimentos con estrategias de aprendizaje y memoria: pueden encontrar la salida de laberintos, abrir botes, y hasta aprender de la experiencia de sus compañeros. Tienen la capacidad de coordinar los movimientos musculares de su manto y tentáculos permitiendo la propulsión y la prensión, para lo que el control del equilibrio es muy importante. Parece increíble que los mosquitos también aprendan de sus experiencias, recuerden y modifiquen su conducta según las circunstancias.

Por ejemplo se pueden distinguir las diferencias en el comportamiento de jóvenes novatos y las de adultos experimentados, al momento de encontrar pareja. El cerebro de moscas y mosquitos es capaz de procesar visualmente varios movimientos en sólo una fracción de segundo y reaccionar rápidamente con un movimiento adecuado, por lo que resulta tan difícil atraparlos. Éstos, como los demás insectos y artrópodos, en general tienen muy desarrollada la visión, el olfato y el tacto. Muestran diferentes tipos de aprendizaje, memoria, estrategias de comportamiento, comparables en algunos aspectos a los de los humanos. Se estudia la actividad y desarrollo de las diferentes partes de su cerebro, las neuronas que se activan frente a determinados estímulos y los cambios de comportamiento. En insectos sociales como las avispas, se comprobó que los individuos presentan diferencias en el desarrollo del cerebro según las actividades que realizan como obreras o como reinas. En el cerebro tienen una estructura implicada en procesos de aprendizaje (como los relacionados con el olfato y el espacio) y en mecanismos de control motor. Esta región es comparable en cuanto a su función, a la corteza cerebral de los mamíferos.

“Memoria de elefante”

Escuchamos decir “ ¡qué memoria de elefante!” en relación a las personas que recuerdan, más que otros, detalles de acontecimientos o de algo que estudiaron. La memoria y el aprendizaje, ¿están relacionados con el tamaño de la cabeza o cerebro?.

Aunque los animales más grandes tienen un cerebro mayor, (como los elefantes y las ballenas entre los mamíferos y el tiburón entre los peces), el tamaño de su

cerebro no indica que tengan capacidades mentales superiores a los demás vertebrados. Se hicieron comparaciones de tamaños de cerebros en relación a varios aspectos. Por ejemplo en proporción al tamaño del cuerpo, el cerebro de la rata es mayor respecto a su pequeño cuerpo, que el del cerebro del elefante y otros animales de cuerpo grande. En relación a los requerimientos específicos del tipo de vida, el cerebro de los carnívoros, es mayor que el de los herbívoros. Los herbívoros en general tienen mayor disponibilidad de alimento (plantas), que los carnívoros, que deben desarrollar otros aprendizajes y comportamientos para obtenerlo (capturar sus presas). Los animales nocturnos para sobrevivir necesitan mayor o diferente sensibilidad en algunos sentidos, que los diurnos y mayor desarrollo cerebral para traducir la información. Es decir, el tamaño cerebral constituye una adaptación funcional a determinados modos de vida. No existe una tendencia del cerebro a crecer; como tampoco una escala de perfección en la que se pueda ordenar a las distintas clases de vertebrados.

Tampoco se ha podido demostrar que existe una relación entre el tamaño del cerebro y la inteligencia humana.

Algunas competencias, habilidades, consideradas características del *Homo sapiens*, como el aprendizaje de conceptos, lenguaje, adquisición de reglas abstractas, se estudian en delfines, chimpancés y otros mamíferos. (Gould, 2010).

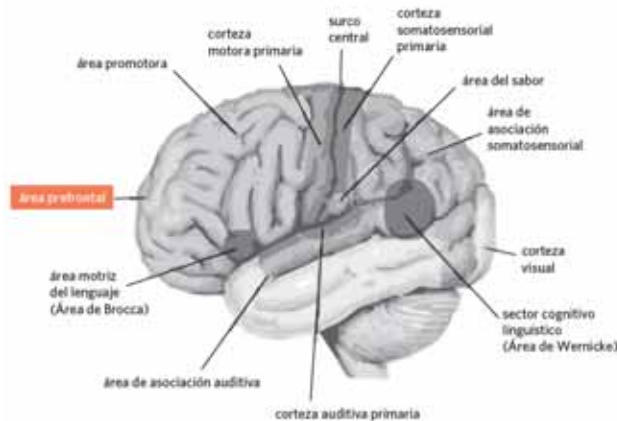
Diversos animales alcanzaron gran habilidad en algunos aspectos específicos, dejándonos a los humanos muy por detrás. Por ejemplo, algunos tienen la capacidad de volar; otros de captar radiaciones infrarrojas (algunas serpientes); o de detectar campos eléctricos de los organismos cercanos (tiburones y rayas). Otros tienen un sistema de radar o biosonar (murciélagos, delfines), con el que ubican e interpretan la presencia de objetos o animales (ecolocalización). Aspectos que los humanos sólo podemos imitar con tecnología.

En todos los vertebrados el sistema nervioso se diferencia en periférico y central.

El sistema nervioso central está formado por la médula y el encéfalo, protegidos por la columna vertebral y el cráneo respectivamente. En el encéfalo se diferencian tres protuberancias: anterior, media y posterior. Cada región y subregión del encéfalo, se desarrolló en forma diferencial en los diferentes grupos de vertebrados, por ejemplo la zona implicada en el nado, en los peces y la implicada en el vuelo, en las aves. En peces, anfibios y reptiles, las regiones del encéfalo tienen una disposición lineal, mientras que en aves y mamíferos están plegados unos sobre otros. El encéfalo

anterior, en peces, anfibios y reptiles, está integrado por un par de bulbos olfatorios (lóbulos olfativos) muy desarrollados. En los peces está relacionado casi exclusivamente con la información olfatoria (estímulos químicos), que les permite reconocer sustancias disueltas y organismos que se encuentran en el agua. En el encéfalo medio de peces, anfibios, reptiles y aves se encuentran dos lóbulos ópticos, mientras en los mamíferos se encuentra cuatro estructuras análogas llamados tubérculos cuadrigéminos, relacionados a los reflejos auditivos y lumínicos. El tallo cerebral se encuentra en todos los grupos; es denominado “cerebro viejo, ancestral” o “cerebro de reptil”, relacionado a los reflejos. El cerebro en peces no se diferencia prácticamente en hemisferios; en anfibios y reptiles está poco diferenciado; en aves y mamíferos está muy diferenciado. La importancia sería la especialidad funcional en cada uno de estos hemisferios, la complementación y coordinación entre las funciones.

Figura 4.1



La parte externa de los hemisferios cerebrales, corteza, es lisa en aves y mamíferos primitivos (monotremas como el ornitorrinco, marsupiales como la comadreja), mientras que en los demás mamíferos (placentarios) es muy gruesa y presenta una gran cantidad de pliegues o circunvoluciones cerebrales, que aumenta la superficie y cantidad de neuronas posibles de ubicarse en un mismo volumen.

En el cerebro de estos se encuentran estructuras de gran importancia en relación a la memoria, el hipocampo y la amígdala (Cap.II). Ésta, es responsable del aprendizaje emotivo que en principio se creía propio de los humanos y algunos otros primates,

pero se demostró su desarrollo en otros mamíferos. Lesiones en la amígdala provocan problemas de comportamiento tanto en el humano como en otros animales.

En el encéfalo, se encuentra otra estructura, el cerebelo, que se consideraba implicado en la función motriz principalmente, pero actualmente se sabe que tiene importancia fundamental en los procesos de aprendizaje y memoria, en coordinación con el cerebro.

“Cerebro de chorlito”, “mente de pollo”

Por lo general, se consideraba (y muchos aún lo consideran) que los cerebros de mamíferos son más desarrollados que los de otros animales, incluyendo las aves y por lo tanto con mayores capacidades de aprendizaje. Esta creencia, se basa, en parte, en las particularidades observadas en el cerebro anterior y en la neocorteza. Esta región de la capa externa cerebral, en los mamíferos, es responsable de conductas cognitivas complejas, como el análisis de la información sensorial y puede distinguirse por una estructura física. Presenta capas de células (“laminación”) conectadas por columnas de otras células, dispuestas radialmente formando módulos funcionales de tipos de neuronas y conexiones específicas (comparables a los microcircuitos de las computadoras). No se había encontrado “laminación” en otros animales y se creía que los microcircuitos corticales y la capacidad de realizar procesos cognitivos complejos, como el análisis de la información sensorial, eran propios de los mamíferos. Sin embargo, investigaciones con nuevas tecnologías, demuestran que una parte del cerebro anterior de las aves, relacionado con el análisis de las entradas auditivas, está conformado de manera similar a la corteza auditiva de los mamíferos (ambas regiones manejan funciones musicales); su estructura laminar y circuitos son prácticamente idénticos. Estos estudios indican que el laminado y las propiedades de las columnas habrían evolucionado a partir de células y circuitos en vertebrados más antiguos que los mamíferos y que los microcircuitos que computan información relacionada a los comportamientos complejos serían comunes a muchos vertebrados. (Wang, 2010).

Como se dijo anteriormente, el área cerebral responsable del aprendizaje del canto, en las aves, es comparable con el área involucrada en el aprendizaje del habla en los humanos y en ambos grupos, están relacionadas con otros tipos de aprendizajes complejos.

Las aves que presentan mayor desarrollo cerebral y que demuestran mayor complejidad en sus comportamientos, son las cantoras.

Observaciones comportamentales, principalmente en cuervos, demuestran que poseen habilidades que se suponían propias de los humanos, como la innovación en la elaboración de herramientas para lograr un objetivo. Se registró por medio de video, cómo uno de estos pájaros, dobla con el pico un alambre, para obtener alimento del interior de un tubo, después de varios intentos con el alambre sin doblar. Varios animales (monos, aves) utilizan elementos naturales como instrumentos, por ejemplo piedras que lanzan o golpean sobre frutos para poder abrirlos, palos que introducen en agujeros para obtener insectos. Lo novedoso de estos cuervos es que utilizaron, una secuencia de instrumentos, en una prueba de ingenio (lograron su alimento con un palo largo, a éste lo obtuvieron utilizando uno más corto, el que habían obtenido con uno más corto aún). (Kacelnik, 2009; 2007; 2002).

En complicadas pruebas de ingenio, presentadas a cuervos y chimpancés, en las que para pasarlas debían construir un instrumento, sólo los primeros las resolvieron. Se sugiere que para lograrlo, sería necesario tener una idea de representación final del objeto que se quiere construir y que esto es compatible con una de las definiciones posibles de inteligencia, similar al razonamiento anticipatorio (Taylor, 2008). Podemos suponer que esto ocurre también en el caso de la modificación del alambre recto en gancho. Aunque, la posibilidad de anticipación es puesta en discusión por otros investigadores.

También se observaron particularidades a nivel población en estas aves: los individuos, en su hábitat natural, recortan con el pico tiras de hojas de una determinada especie de planta y les dan forma aserrada, que utilizan para sacar insectos de un agujero. Es notable que en estas diferentes acciones utilicen en particular un lado del pico; una especialización lateral, comparable a la que tenemos los humanos en que predomina el uso de la mano izquierda o de la derecha. Aunque el recorte de hojas en serrucho es algo instintivo, característico de esta especie, se observaron variaciones de una población a otra y ciertas innovaciones; que implica que aprenden entre sí. Es decir, manifiestan un aprendizaje social.

Aprendizaje social, cultura, lenguaje

La cultura se suponía propia de los humanos. Si consideramos que *“cultura es la transferencia de información por medio de comportamientos, específicamente por medio de la enseñanza y el aprendizaje (Benner, 1980)”* (Vasallo, 2008, p.38), podemos interpretar que no sólo los humanos somos capaces de desarrollar cultura. No sólo los humanos somos capaces de transmitir y aprender socialmente conocimientos útiles para la adaptación al medio y la supervivencia. No es necesaria la intención de enseñar, sino que se aprende en presencia de otros experimentando la tarea. La transmisión, difusión, propagación de lo aprendido socialmente, es mayor y más rápida si son más los individuos que aprenden y si éstos se comunican con otros. Por ejemplo en los animales que conviven en un lugar común de alimentación o descanso, se disemina la información de la ubicación de las fuentes de alimento. En el caso de los humanos, las innovaciones surgidas en los diferentes grupos, son difundidas a otros pueblos con los que se comunican, multiplicándose y combinándose. Son estas innovaciones particulares, entre otros aspectos, las que diferencian las culturas de un pueblo a otro. Así como las innovaciones en la elaboración de instrumentos, por ejemplo, diferencian a las distintas poblaciones de los cuervos y de otras especies animales. Las modificaciones drásticas del entorno obligan a muchas especies a innovar el comportamiento para adaptarse a nuevas circunstancias, a crear nuevas formas de relacionarse con el medio. El comportamiento evoluciona, pero también motorizaría la evolución. (Vasallo, 2008).

Otra de las características que se consideraban únicas del humano, es el lenguaje oral. El habla no depende de la capacidad cerebral únicamente sino de las estructuras anatómicas necesarias para emitir los diversos sonidos utilizados en la comunicación. Los delfines producen los sonidos por vía nasal y aparentemente, algunos pueden hacerlo en forma simultánea por ambos canales nasales: una producción bidimensional por la cual los humanos no podemos optar (Chomsky, 2003, p.78).

Además de los delfines, otros mamíferos acuáticos como orcas, cachalotes, y algunas ballenas, desarrollaron especialmente el sentido del oído y un complicado lenguaje de estructura similar al nuestro. A partir de grabaciones y programas de computadora para decodificar, se comprobó que los cantos de las ballenas contienen fonemas que forman palabras, estas forman frases y los grupos de frases forman la conversación (Suzuki, 2006).

Los diferentes animales incluido el humano, como vimos, tienen diferentes especializaciones en sus sistemas nerviosos, aprenden, registran en su memoria, resuelven situaciones. Algunas de estas especializaciones se originan de forma paralela, en diferentes grupos, sin seguir una línea evolutiva que culmine hacia el *Homo sapiens*. No existe una orden dirigida hacia la perfección. Hay aspectos comunes en los sistemas nerviosos de los diferentes animales (algunos insospechados por la mayoría de las personas) y que recién comienzan a descubrirse con nuevas tecnologías y más profundas observaciones comportamentales. Esto demuestra, una vez más, que el término evolución no debe interpretarse como cambio progresivo desde animales que suponemos inferiores a otros que suponemos superiores. Sino que evolución significa cambio.

“¿El recuerdo es algo que se tiene o que se pierde?”

Podemos reflexionar sobre el significado del aprendizaje y la memoria en las poblaciones animales ¿Qué ocurriría con la cultura (transferencia de información a través de la enseñanza y el aprendizaje) si se obstaculizaran ciertas experiencias, ciertos aprendizajes, las innovaciones, la transmisión de lo aprendido? Relacionemos con lo que ocurre en los pájaros cuando no pueden seguir aprendiendo el canto de su especie ni comunicarse con sus compañeros, cuando se aísla, a un individuo, de sus tutores.

Pensemos particularmente en los pueblos humanos, cuando existe censura en los que enseñan, en los que aprenden, cuando se impone que el aprendizaje de las experiencias anteriores pase al olvido, al callar las voces y prohibir los libros. Cuando se pretende que el pueblo crea que los recuerdos son algo que se pierde y no que se tiene.

Cuando no recordamos lo que nos pasa,
nos puede suceder la misma cosa.
Son esas mismas cosas que nos marginan,
nos matan la memoria, nos quitan las ideas,
nos queman las palabras.
Si la historia la escriben los que ganan
eso quiere decir que hay otra historia,
la verdadera historia,

quien quiere oír, que oiga.
Nos queman las palabras,
nos silencian y la voz de la gente se oirá siempre,
inútil es matar,
la muerte prueba que la vida existe.

(“Quien quiere oír que oiga”. Lito Nebbia. 24 de marzo 2011. Tucumán).

Un pueblo es su cultura, basada en la memoria y en la transmisión social del aprendizaje. La memoria, recuperada, nos vuelve con la libre expresión de las palabras y del canto. Nos devuelve la identidad.

A veces te recuerdo, mirando al río.
Dentro la espuma, lejos, anda el olvido.
Bajo este sauce solo, yo te he querido
y se ha quedado, el sauce, más pensativo.
Donde estará mi amor que se fue penando, por este olvido.

Me vuelve con la zamba, arrepentido.

No sé porque desando, viejos caminos,
sabiendo que son otros, nuestros destinos.
Ya me voy con la tarde, triste y dolido.
Nuestro amor es recuerdo, lo llevó el río.
Donde estará mi amor, que se fue penando, por este olvido.
Me vuelve con la zamba, arrepentido.

(“Bajo el sauce solo”, Castilla y Valladares)

NOTAS:



CAPÍTULO V

Conciencia

Viviana Marisa Cuestas

La conciencia es cosa seria

No sería raro que te preguntaras por qué un capítulo dedicado a la conciencia en un libro escrito desde las ciencias naturales. ¿Es la conciencia un objeto de estudio abordable desde la ciencia? ¿Qué es lo que nos hace ser quienes somos? ¿el alma? ¿el espíritu? ¿el pensamiento? ¿nuestro cerebro? ¿es algo que la ciencia no puede explicar? ¿es ésta la frontera de la ciencia? ¿Es una cuestión de fe?

Un tema como éste era muy mal visto en los círculos académicos hasta hace poco tiempo, se lo percibía rodeado de un misticismo que no es del gusto de quienes hacen ciencia. En estas últimas décadas las neurociencias han abordado el desafío: conocernos a nosotros mismos.

Cualquier tema científico y en particular el que se trata en este capítulo, exige una contextualización porque los conocimientos científicos no nacen en los repollos ni en la mente de un científico loco que por arte de magia se da cuenta de cómo es la cosa. Todas las teorías científicas han demandado muchos años para ser formuladas, completadas y mucho estudio, dedicación y experimentación de equipos de científicos, hombres y mujeres dedicados a la ciencia. Incluso, han demandado un largo tiempo para que la comunidad científica las acepte debido a que estas comunidades, como cualquier otro grupo humano se desarrollan en un cierto tiempo histórico, en un espacio determinado, mediados por relaciones sociales, económicas y políticas. En algunos casos las teorías se han ido completando, en otros se han

refutado dado que el conocimiento científico es provisional, es decir, no se trata de verdades estáticas y eternas. Por estas razones y además porque este material está destinado a docentes en formación o en ejercicio, se hace necesario enmarcarlo en un contexto que dé cuenta de la historicidad del entramado en el que se producen estos conocimientos que nos permita comprenderlo como construcción social histórica de carácter provisorio.

Como hablando se entiende la gente, comencemos por aclarar que el término conciencia proviene del latín *conscio*: *cum*: con, *scio*: conocimiento, y hace por lo tanto referencia al “conocimiento inmediato que el sujeto tiene de sí mismo, de sus actos y reflexiones” (diccionario RAE). Habitualmente utilizamos la palabra conciencia con diferentes significados, se dice por esto que es *polisémica*.

En la vida cotidiana se asignan diferentes sentidos a la palabra conciencia y hasta la encontramos escrita de diferentes maneras (conciencia = consciencia). Se dice que hacemos las cosas a conciencia, que algo que hicimos la remuerde o escarba, que repentinamente cobramos o tomamos conciencia de algo o hasta podemos sentir un cargo de conciencia. Un hecho puede ser caso de conciencia. Es conveniente de vez en cuando hacer un examen de conciencia pero esto no siempre la despierta. Por suerte actuamos con libertad de conciencia y somos capaces de escuchar la voz de nuestra propia conciencia aunque en este caso nos puede atacar el gusano de la conciencia. Como vemos, los significados que asignamos en la cotidianeidad reflejan ciertos conceptos que nos hemos formado a partir de los usos de la palabra y es desde aquí, desde este molde que no podemos desconocer, que nos acercamos a revisar lo que la ciencia dice al respecto. Es deseable en el ámbito científico que los términos tengan un significado explícito (y si fuera único mejor) en el marco teórico de referencia. Trataremos de que puedas acercarte a esta información y a través de ella enriquezcas el concepto, para desentrañar qué es la conciencia desde el punto de vista científico.

Si bien las ideas ligadas al saber popular otorgan a la conciencia cierto halo etéreo, los científicos se han propuesto abordarla rigurosamente mediante investigaciones de variada índole. El abordaje científico de la conciencia es muy joven aún. Recién en las últimas décadas los científicos se han cuestionado respecto de estos temas y han redefinido las preguntas que orientan las investigaciones para aproximarnos a saber dónde habita la conciencia y si somos o no una función más de nuestro cerebro. Los nuevos paradigmas de las ciencias, que producen cambios

en las formas de percibir el mundo, y el avance tecnológico de las últimas décadas, que posibilita estudiar de manera no invasiva nuestro cerebro, han propiciado la formulación de ciertos modelos explicativos que nos aproximan a conocer cada vez un poco más respecto de los mecanismos biológicos que sustentan a la conciencia en la especie humana.

Para entender las razones por las que recién en las últimas décadas se habla de la conciencia en términos científicos nos desplazaremos por remotos caminos para acercarnos a los orígenes del conocimiento científico moderno. En el siglo XVII el filósofo Renè Descartes plantea una de las frases más conocidas de la filosofía, repetida hasta en los programas televisivos de entretenimiento: “Pienso luego existo” (cogito ergo sum). Cuando este hombre se refiere a “pienso” lo hace en un sentido muy amplio, no se refiere a lo que nosotros hoy llamaríamos pensamiento, como búsqueda de conocimiento, como pura reflexión. Se refiere a toda actividad mental de un ser humano: la certeza, la duda, los sentimientos, la forma de vida, lo espiritual y lo intelectual, lo que hoy podríamos reconocer como actividad de nuestra conciencia. En su visión estableció una marcada distinción entre mente y cuerpo, materia y espíritu. “La materia es aquello a lo que el espíritu está destinado para conocer. Nuestro espíritu está destinado a conocer y a vivir dentro de la materia. Eso es una realidad distinta, separada en ese mundo del espíritu donde está la certeza, el pensamiento, y el mundo de la materia que es mecanismo, es una entramada urdimbre de causas y efectos que el espíritu va a conocer y desde el exterior va a reflexionar sobre él” (Savater, 2008). Se postuló así, lo que se consideró una verdad innegable: pensamos y lo hacemos como parte de una experiencia directa e introspectiva y todo lo que se basa en ello debo asumirlo como verdadero. El alma se manifiesta como pensante, no es ya la forma sustancial del cuerpo.

Con esta visión Descartes convierte a la subjetividad humana en una especie de tabla de doble entrada entre lo real y lo no real, entre lo verdadero y lo que no lo es. Esa comprensión que tenemos de nuestro movimiento interior y sus dudas, y la búsqueda de la verdad es lo que nos permite establecer qué existe y qué no, lo que es verdadero y lo que no lo es. Esto es lo que aún sigue vigente de Descartes, la separación planteada entre mente-cuerpo, espíritu-materia.

Por esta visión cartesiana es que fue tan difícil poner a la conciencia en la agenda científica: los científicos hasta hace poco tiempo sólo se permitían estudiar el cerebro porque es material, conocer su funcionamiento pero dado que la mente es

un ente inmaterial entonces la dejaron de lado considerando que no sería un objeto de estudio para la ciencia. Fue necesario un cambio de paradigma para que la conciencia tomara status científico y que aquellos a quienes se les ocurriera dedicarse a estudiar estos temas no fueran relegados a ser considerados poco académicos.

Las neurociencias han logrado encontrar un ámbito en el que la mente y el cerebro se junten, alguna manera de abordar aquellas formas de toma de conciencia que somos capaces de alcanzar sin dejar de lado los aspectos materiales que se implican en estos procesos.

Las investigaciones de las últimas décadas pudieron realizar aproximaciones más objetivas sobre el papel preponderante del sistema nervioso en los procesos mentales. Se postularon hipótesis neurobiológicas susceptibles de ser puestas a prueba mediante métodos verificables desplazando explicaciones especulativas. Recién a fines del siglo XX se supera la preconcepción de que la conciencia, por ser un estado subjetivo, no es observable ni medible y se le otorga status científico dejando de ser considerada, tema de místicos o iluminados.

Conciencia humana entre otras...

Pareciera que cuando hablamos de conciencia nos referimos a una condición exclusivamente humana, lo que nos hace ser quienes somos o comportarnos como lo hacemos. Quizás la condición de preguntarnos al respecto nos hace ver diferentes. Sería difícil que un primate nos responda qué se siente ser simio, debido a las limitaciones que tenemos en construir con él un dominio de convivencia que admita el “sentirse”, (distinción conductual), como distinción lingüística. Quizás una manera más adecuada de contrastar la experiencia de los primates con la humana no sea a través del lenguaje sino a través de otras formas de comunicación y el espejo puede ser un instrumento por demás interesante. En general los animales al enfrentarse a su propia imagen frente a un espejo actúan como si se tratara de otro animal, un perro ladra o mueve la cola frente a su propia imagen.

El equipo del psicólogo evolucionista Gordon Gallup en 1968 realizó el primer experimento que muestra que no somos tan diferentes de otras especies como pensamos. Lo realizaron a través de lo que se llamó la “prueba de la marca”. Esta prueba consistía en poner frente al espejo a un chimpancé para observar su conducta. Días después pudo observarse que el primate inspeccionaba partes de su cuerpo

que sólo podía ver a través del espejo. En la segunda prueba, además de colocar al chimpancé por un lapso de tiempo frente al espejo, posteriormente bajo anestesia se le marcó una ceja y la oreja opuesta. Se observó que, una vez que el simio se recuperó, al situarlo frente al espejo se tocaba las marcas, lo que indicaba que se había autorreconocido. Esta misma prueba fue aplicada con éxito por diversos equipos de investigación a otros primates, elefantes y delfines comprobando que son capaces de tener conciencia de sí mismos.

Los estudios realizados por Helmut Prior y su equipo de trabajo en el Departamento de Psicología de la Universidad Goethe de Frankfurt Alemania han mostrado que no sólo los mamíferos son capaces de autorreconocerse. En esta investigación, publicada en la revista científica Plosbiology en 2008, se ha podido comprobar que la urraca es capaz de identificarse en el espejo a través de la “prueba de la marca”. Esta ave de la familia de los cuervos ha desarrollado habilidades mentales similares a las encontradas en humanos y monos, en el uso de herramientas, la memoria episódica y la capacidad de utilizar la propia experiencia en la predicción del comportamiento de sus congéneres, por ejemplo.

Estos experimentos indicarían que, al menos en chimpancés, orangutanes, delfines, elefantes y urracas hay cierta posibilidad de autorreconocimiento y que a través de su autoimagen se generaría reflexión. Parece increíble, aunque seguro alguna mañana frente al espejo te habrá costado reconocerte y ni te digo reflexionar, no?

Dime con quién andas y te diré cómo evoluciona tu pensamiento...

El hecho de que, al menos, los animales más recientes en la escala evolutiva presenten conciencia, parece innegable. Las investigaciones han podido constatar que el cerebro del chimpancé sería capaz de elaborar conceptos y además de interactuar lingüísticamente con humanos. Si bien este animal no posee los órganos de fonación para hablar, sería capaz de aprender el lenguaje que utilizan los sordomudos y comunicarse con los investigadores a través de su uso. Estos animales tendrían la capacidad de elaborar conceptos tales como “el alimento”, “mi árbol”, “mi pareja”, entre otros, y las estructuras de descomposición de esa información que resultan necesarias incluso en otros animales aunque no tengan necesariamente vínculo con el lenguaje. Pensemos en cómo se comunican las diversas especies vivas para poder enfrentar los variados desafíos que se les presentan en su entorno, como recono-

cer a una pareja, proveerse de alimento, evitar a los predadores, entre otros, para lo que se requiere conocimiento. Si tomamos esto con la misma seriedad que lo toma el chimpancé en la prueba de la marca, es interesante preguntarnos sobre cuáles serían los mecanismos que hacen posible la reflexión, si es que existe. Por más que te cueste reflexionar algunas mañanas frente a tu imagen en el espejo, puedes sospechar que tus procesos mentales serían diferentes a los de chimpancés, orangutanes, delfines, elefantes o urracas. En los seres humanos, el lenguaje haría que la capacidad de reflexión sea inseparable de su propia identidad. Incluso algunos autores afirman que el sentido de sí mismo en el ser humano puede haber coevolucionado con nuestras habilidades relacionadas con la lengua en la constitución del pensamiento abstracto o simbólico, considerando por sobre todo la interacción de los otros humanos con quienes nos comunicamos. Dime con quién andas y te diré cómo evoluciona tu pensamiento abstracto.

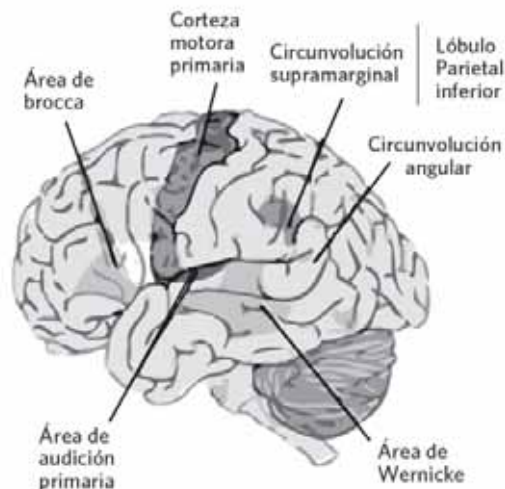
Por ejemplo, la hipótesis de V.S. Ramachandran considera que en el transcurso de la hominización, un nuevo conjunto de estructuras cerebrales evolucionaron a fin de transformar las representaciones sensoriales en lo que él llama “metarrepresentaciones”. A ver si nos entendemos, en lugar de producirse simples representaciones sensoriales, el cerebro comenzó a crear “las representaciones de representaciones” que finalmente hicieron posible el pensamiento simbólico, y de esta forma se mejora la información sensorial siendo más fácil hacer uso de ellas, sobre todo al comunicarnos a través de la lengua.

Una de las estructuras del cerebro implicadas en la creación de estas metarrepresentaciones sería el lóbulo parietal inferior. En los seres humanos, este lóbulo se divide en la circunvolución angular y el giro supramarginal, que son estructuras bastante grandes. Justo al lado de ellas se encuentra el área de Wernicke, la que se asocia a la comprensión del lenguaje en humanos.

Según Ramachandran, la interacción entre el área de Wernicke, el lóbulo parietal inferior (especialmente en el hemisferio derecho), y la corteza anterior es fundamental para la generación de metarrepresentaciones, que explicarían los fenómenos subjetivos: los qualia (cualidades subjetivas de las experiencias individuales como por ejemplo, la rojez de lo rojo, o lo doloroso del dolor) y el sentido de un “yo” en las experiencias de estos qualia.

La actividad en el hemisferio derecho, debido a su participación en la apropiación de la imagen corporal, es muy importante en la generación de este sentimiento

Figura 5.1



de individualidad. Sin embargo, el hemisferio izquierdo, que es el que está especializado en el lenguaje en la gran mayoría de la gente parece ser igual de esencial, a su manera, para lo que llamamos conciencia de sí mismo. Es decir que el cerebro en general participaría en la constitución de la autoconciencia.

Esta conclusión es sugerida por los experimentos que se han realizado en personas sometidas a tratamientos neuroquirúrgicos. Los más notables se registran en una serie de estudios hechos a un número importante de personas que sufren de epilepsia. Este síndrome produce, en casos muy graves, epicentros de actividad eléctrica que se expanden sin regulación por toda la corteza cerebral por lo que la persona sufre convulsiones y pérdida de conocimiento, entre otros síntomas.

En casos extremos, a fin de prevenir que las crisis epilépticas se propaguen de un hemisferio a otro, se han realizado operaciones en las que se corta la conexión entre los dos hemisferios cerebrales, seccionando el cuerpo calloso, ese gran paquete de fibras nerviosas que conectan los dos hemisferios. Después de la operación, estas personas con cerebro dividido se conducen con normalidad aparente en la vida cotidiana pero bajo condiciones experimentales han mostrado disociaciones inquietantes. Parece que cuando el cerebro de una persona se divide, su conciencia también se divide. Michael Gazzaniga ha demostrado experimentalmente que los dos hemisferios cerebrales de las personas con cerebro dividido pueden entrar en conflicto. Estas observaciones se basan en la lateralización del procesamiento de

la información visual: todo lo que vemos en el campo visual izquierdo perturba a neuronas que se hallan en el hemisferio derecho y viceversa (el procesamiento y lateralización de la información visual no requiere del cuerpo calloso, sino que estaría dado en el quiasma del circuito visual). De modo que, el investigador puede controlar la ubicación en el campo visual de las imágenes utilizadas como estímulo, haciendo fijar la mirada del sujeto y así escoger que interactúe con la corteza derecha o la izquierda.

En situaciones experimentales se pueden encontrar diferentes conductas según se interactúe con el sujeto por la derecha o el sujeto por la izquierda. Por ejemplo, instalamos al sujeto en una sala de ensayos y le solicitamos que escoja de entre varios objetos el que corresponda a una imagen proyectada. Ante la imagen de un martillo en el lado izquierdo que es captado por el hemisferio derecho, el sujeto puede encontrarlo bajo su mano y mostrarlo. Ahora, si en lugar de la imagen se le presenta la palabra martillo, el sujeto no reacciona y al preguntarle dice que no ha visto nada. Además, si se lo deja sentir el objeto con la mano izquierda, que también es controlada por el hemisferio derecho, entonces selecciona el objeto de un grupo, pero no es capaz de manifestar su nombre. Es como si hubiera dos personas en un mismo individuo: uno que depende del hemisferio izquierdo y puede hablar, y otro que depende del hemisferio derecho y no puede hablar, pero puede probar que él o ella ha percibido algo y actuar en consecuencia.

En otro experimento, una foto de un hombre desnudo se presentó en el campo visual izquierdo de una paciente con cerebro dividido. Cuando se le preguntó acerca de la naturaleza de la foto, ella se echó a reír y explicó que ella no sabía por qué se reía, pero que tal vez fue por las imágenes que proyectaba la máquina.

En uno de estos experimentos clásicos, se presentaron al paciente con cerebro dividido dos imágenes en la pantalla dividida, de manera que cada una impactara en cada uno de los hemisferios separados y se mantenían a su alcance objetos que se corresponden con las imágenes. En la prueba que se muestra, la mano izquierda del paciente está apuntando a la tarjeta con la imagen de una pala de nieve, debido a que el hemisferio derecho, que controla esta parte, ha visto la imagen proyectada de una escena de invierno. Mientras tanto, su mano derecha está apuntando a la tarjeta con la imagen de una gallina porque su hemisferio izquierdo ha visto la imagen de su pata. Es asombroso que cuando se le pidió al paciente que explicara por qué en su mano izquierda sostiene la imagen de la pala, su hemisferio izquierdo que no

tiene acceso a la información vista por la derecha, interpreta su comportamiento y responde que “necesita una pala para limpiar el gallinero”. Cuando una persona con un cerebro dividido se coloca en una situación en la que los dos hemisferios entran en conflicto, puede utilizar las capacidades de su hemisferio izquierdo, el lenguaje para hablar sobre ella. El hemisferio izquierdo suele racionalizar o reinterpretar la secuencia de eventos con el fin de restablecer la impresión de que el comportamiento de la persona tiene sentido. Fue este fenómeno que llevó al investigador Gazzaniga, discípulo de Roger Sperry, a proponer que existe un “intérprete” o “narrativa propia” en la corteza frontal izquierda.

Esa narrativa propia no se reconocería sólo en los pacientes con cerebro dividido, sino también en todos los seres humanos. El papel de esta interpretación da cuenta de que, a partir de nuestras acciones, emociones y pensamientos, construimos una historia coherente. En cierto sentido, esta interpretación que actuaría como “pegamento” nos permitiría reunir todos los elementos de nuestra historia personal dándonos, para nuestra tranquilidad, la impresión de ser racionales.

El hemisferio derecho también tendría, según Gazzaniga, su propio intérprete. Si bien no es posible que lo comunique desde el habla, el observador de hemisferio derecho se manejaría mucho mejor en las estrategias emocionales, comprendería la ironía y las bromas. Cada uno de estos dos intérpretes también controlaría los movimientos voluntarios de las extremidades del lado opuesto del cuerpo.

¿Pero un sujeto con cerebro dividido tiene dos conciencias? ¿Y una persona con un cerebro normal también tiene estas dos conciencias, pero están tan estrechamente conectadas que nos dan la impresión de ser sólo una? ¿Ese supuesto «intérprete», este criterio de conciencia usado estrictamente sesgado en favor de la capacidad de expresión verbal excluye, por ejemplo, a los animales de la conciencia? ¿Y a los humanos recién nacidos?

Conciencia ¿dónde estás?

Algunos modelos neurobiológicos de la conciencia se centran en las estructuras que pueden diferenciarse en el cerebro, como hemos visto en el lóbulo parietal inferior o en un hemisferio en particular. Sin embargo, otros científicos afirman que la conciencia no puede ser atribuida a ninguna estructura específica en el cerebro: la conciencia sería un fenómeno global.

Se abren críticas sobre los abordajes convencionales que investigan a la conciencia como lo harían con cualquier otra función cerebral, analizando la contribución de cierto grupo de neuronas o alguna parte del cerebro. La conciencia es más que eso. Se considera, desde este enfoque, que es insuficiente centrarse en ciertas estructuras para abordar la conciencia ya que se ha observado que las lesiones localizadas pueden afectarla pero no la destruyen por completo. Gerald M. Edelman y Giulio Tononi pertenecen a la escuela que supone que, en los procesos conscientes, el cerebro se desempeña como un todo. Este modelo intenta explicar dos características de la conciencia que sus autores consideran fundamentales: el hecho de que todos los estados de la conciencia son un todo indivisible, pero que en un momento dado, cada uno de nosotros puede elegir entre un sinnúmero de estados de conciencia diferentes. En otras palabras, su modelo intenta tener en cuenta tanto la unidad como la complejidad de la conciencia. Para modelar a la conciencia como un fenómeno único y complejo Edelman y Tononi distinguen al menos dos formas principales de conciencia: la conciencia primaria y la conciencia de orden superior.

La conciencia primaria se basa en el cuerpo y podría proporcionarnos los ejes dominantes iniciales del espacio neuronal N-dimensional de referencia a partir del cual se elaboran todos los recuerdos subsiguientes basados en señales procedentes del mundo, como un «presente recordado» posible. La conciencia primaria nos permite tomar conocimiento de la situación en la que estamos por lo que podemos reconocer que se manifiesta tanto en animales como en humanos, incluso recién nacidos.

En el modelo de Edelman-Tononi, se considera que cuando un estímulo es recibido por el cerebro humano forma mapas perceptuales compuestos que refuerzan las conexiones recíprocas, formando lazos entre grupos de neuronas que son a veces muy distantes unas de otras en el cerebro. El resultado de este proceso es un sistema de «mapas neuronales», cada uno se supone responsable de diversas capacidades perceptivas del cerebro. A este proceso selectivo Edelman lo llama «darwinismo neuronal». Cuando el cerebro recibe un estímulo nuevo, varios de estos mapas se activan y envían señales entre sí. La conciencia primaria surge de la interacción de las diferentes redes neuronales que codifican las distintas propiedades de un objeto. Si bien, se procura en este modelo no asociar ciertas estructuras cerebrales a los estados conscientes, se reconoce la importancia de los lazos tálamo-cortical en el surgimiento de la conciencia primaria aunque se concede menos importancia a la sincronización neuronal, a la que nos referiremos más adelante.

La conciencia de orden superior surgió en el proceso de la hominización, con la adquisición de las dimensiones relacionadas con el lenguaje y su integración en el núcleo dinámico. Se considera que esta conciencia dependería de los «bucles de reentrada» entre conjuntos de neuronas, de las conexiones a gran escala en el cerebro, especialmente entre las áreas corticales asociadas con el lenguaje y las relacionadas con los conceptos abstractos. El proceso evolutivo de aumento de la capacidad semántica del cerebro posibilitó la construcción del concepto de uno mismo, y por lo tanto permitió al cerebro examinar la conciencia primaria a la luz del pasado y el futuro.

Este proceso fue posible debido a la integración de un «núcleo dinámico», una gran red de neuronas que constantemente se modifica, pero que mantiene la continuidad y genera una imagen integrada de una compleja gama de posibilidades. El núcleo dinámico explica cómo la conciencia puede tener sólo un objeto en un momento dado, pero puede moverse muy rápidamente de un objeto a otro. En este modelo, modificación y continuidad se integran en la conciencia como en una continua danza que nos hace conscientes de ser conscientes.

Otra de las teorías que consideran al cerebro como un todo para la explicación de los fenómenos conscientes es la propuesta por el neurofisiólogo Rodolfo Llinás. En su modelo supone que, como las cuerdas de una guitarra o de un piano cuando las pulsamos, las neuronas tienen una actividad oscilatoria y eléctrica intrínseca. El núcleo de su tesis radica en el concepto de oscilación neuronal. Las neuronas generan una especie de melodía o frecuencia oscilatoria a las que llama «estado funcional».

Varios grupos de neuronas, incluso distantes, danzan simultáneamente en resonancia como cigarras que suenan al unísono. La sincronía en esta danza de grupos de neuronas, la simultaneidad de la actividad neuronal es la raíz neurobiológica de la cognición. Esta armoniosa danza neuronal sustenta nuestra capacidad de conocer e incluso de tener conciencia de nosotros mismos. La autoconciencia es uno de tantos estados funcionales del cerebro. Algunos estados funcionales no generarían conciencia como al estar anestesiado, borracho, drogado, en crisis epiléptica o dormido sin soñar. “Cuando soñamos o tenemos fantasías hay un estado cognoscitivo aunque no en relación con la realidad externa, dado que no está modulado por los sentidos... Pero en otros casos o estados cerebrales, la conciencia desaparece y todas las memorias y sentimientos se funden en la nada, en el olvido total, en la disolución del «yo». Y, sin embargo, utilizan el mismo espacio de la masa cerebral y ésta sigue

funcionando con los mismos requisitos de oxígeno y nutrientes”. (Llinás, 2008). El estado funcional que denominamos «mente» está modulado por los sentidos y es generado, especialmente, por esas oscilaciones neuronales. Por esta razón la realidad no sólo está «allá fuera», sino que vivimos en una especie de realidad virtual: no sería tan distinto estar despierto como estar dormido.

El cerebro utiliza los sentidos para apropiarse de la riqueza del mundo, pero no depende exclusivamente de ellos. Por eso, cuando soñamos dormidos o fantaseamos, podemos ver, oír o sentir sin usar los sentidos. El estado de vigilia guiado por los sentidos, sería para Llinás, una forma de «soñar despiertos». Es posible que estas ideas no nos dejen dormir tranquilos pero el hecho es que somos básicamente máquinas de soñar capaces de construir modelos virtuales del mundo real.

Al igual que Llinás, Edelman y Tononi ponen especial énfasis en el aspecto dinámico del núcleo, que no se refiere a una estructura anatómica estable, sino más bien a un patrón, que se produce en un momento dado, de la actividad de las neuronas de diferentes partes de la corteza. Dado que en ese momento, el núcleo dinámico puede incluir partes totalmente diferentes del cerebro, este modelo evita la necesidad de identificar un área particular del cerebro, o un tipo particular de neurona, o una determinada frecuencia de la actividad neuronal como la fuente de la conciencia. En su lugar, este modelo propone que una determinada actividad neuronal es parte de un estado de conciencia si, en el momento en que este estado es consciente, esta actividad está incluida en el núcleo dinámico. El modelo tiene, por lo tanto, mucho en común con las teorías globales de *área de trabajo de la conciencia*. *Se diferencia de ellas, ya que no establece que una parte del contenido se hace consciente, simplemente porque es puesto a disposición del resto del sistema.*

No sólo las neuronas de este sistema dinámico interactúan unas con otras, sino que también influyen y son influidas por otras estructuras en el cerebro. De hecho, Edelman y Tononi, a diferencia de algunos otros autores, no tratan de dar a ciertas áreas del cerebro un «papel protagonista» en su modelo de la conciencia, en el que se identifican varias estructuras cerebrales que juegan un papel importante en ello pero no son determinantes. Dos de estas estructuras, por supuesto, son el tálamo y la corteza, que están involucrados en la formación de los circuitos de reentrada. Sin embargo, un papel importante es el desempeñado por los núcleos del tronco cerebral, cuyos axones ascienden a vastas áreas del cerebro y liberan neurotransmisores como la noradrenalina, la serotonina, la acetilcolina y la dopamina. El umbral

de activación de los distintos ensambles neuronales en la corteza se determina por estos sistemas neuromoduladores difusos.

Algunas neuronas de estos núcleos se neuromodulan, por ejemplo están en actividad tónica cuando un individuo está despierto, y el cese de esta actividad ayudará a que pueda conciliar el sueño. Otras neuronas van a entrar en actividad fásica cuando algo nuevo o importante para el individuo aparece en el medio ambiente. Estos neuromoduladores pueden modificar la actividad de grandes poblaciones de neuronas. También puede cambiar la probabilidad de que las sinapsis se refuercen o se debiliten en respuesta a una determinada actividad neuronal. Estos sistemas de los neuromoduladores son muy adecuados para amplificar un tipo de actividad cerebral a expensas de otro. La capacidad de elegir, de entre numerosas aportaciones, las que tienen una cierta importancia en la historia personal del individuo ofrece una clara ventaja adaptativa. El hipocampo, que co-evolucionó con la corteza e interactúa con ella para producir la memoria episódica, probablemente juega un papel clave en este proceso.

Francis Crick y Christof Koch, sostienen la “teoría neurobiológica de la conciencia”. Esta teoría considera que electro-fisiológicamente la conciencia podría ser el resultado de osciladores en la corteza cerebral que se sincronizan cuando las neuronas se activan 40 veces por segundo. Estas oscilaciones generan ondas coherentes relacionadas con la conciencia, que mediante magneto-encefalografía muestran que la oscilación de 40 Hz se genera primero en las regiones corticales frontales y luego en las caudales. Pareciera que el cerebro tuviera un sistema de rastreo, como un escáner, que hace su recorrido cada 12,5 milisegundos. Si el barrido tuviera un intervalo de tiempo menor no podríamos discriminar dos estímulos, se percibirían como uno solo. Esto indicaría que habría un determinante neurofisiológico para la conciencia que depende de la corteza cerebral.

El «problema de la unificación», es decir de cómo representar mentalmente objetos distintos, cada uno con sus propias características, fue resuelto en parte por el fenómeno de la sincronización neuronal de alrededor de 40 Hz. Pero eso no nos aclara cómo la representación de un objeto determinado entra en nuestra conciencia, mientras que las representaciones de los demás permanecen inconscientes. No nos estaría diciendo lo que determina cuál de núcleos neuronales oscilando en varias frecuencias va a venir a nuestra atención consciente.

Los estudios de Rodolfo Llinás y sus colegas en la década de los 90, sobre las interacciones tálamo-cortical permitieron desarrollar una teoría que integra los da-

tos del estado de conciencia de vigilia y de sueño abordando el problema del enlace. En estos estudios se utilizó un dispositivo de imágenes cerebrales altamente sensible llamada magnetoencefalografía (MEG), que mide las corrientes eléctricas en el cerebro indirectamente. Desde la MEG, los investigadores observaron oscilaciones graduales que van desde la parte anterior a la parte posterior de la corteza. Cada una de estas ondas duró alrededor de 12,5 milisegundos (ms) y fue seguida por un intervalo de descanso de 12,5 ms completando un ciclo de 25 ms. Esto significa que este ciclo se produjo aproximadamente 40 veces por segundo. Son nada más y nada menos que las oscilaciones de 40 Hz, llamadas oscilaciones gamma que se asocian con el problema de la unión de los atributos de un objeto.

Figura 5.2: óleo sobre lienzo de René Magritte titulado Decalcomania, 1966 colección del Dr. Perelman Noémi Mattis y el Dr. Daniel C. Mattis



Estas oscilaciones son aparentemente producida por los núcleos inespecíficos del tálamo, cuyas proyecciones pasan a través de la corteza de adelante hacia atrás. El modelo de Llinás se basa en la interacción entre dos familias de osciladores. Uno de ellos es este sistema de proyecciones que se difunden desde el tálamo, responsables de las olas que barren a través de la corteza y proporcionan un «contexto» para la percepción consciente 40 veces por segundo. La otra familia es el sistema de

los que conectan los núcleos talámicos específicos para las áreas correspondientes especializadas en la corteza y la ayudan a asignar los distintos atributos a un objeto único. A ver si podemos aclarar un poco la idea: la hipótesis de Llinás considera que los ensambles neuronales que corresponden a una parte específica del contenido consciente serían las que oscilan en fase no sólo entre sí, sino también con las oscilaciones no-específicas que se barren a través de la corteza.

Estas investigaciones han demostrado que la presencia de estos ciclos se correlaciona con las experiencias conscientes: estos ciclos se producen de forma continua durante la vigilia y el sueño, pero no durante el sueño de onda lenta. Por ejemplo, en un sujeto que está despierto y realizando cualquier tarea cognitiva se registrará una actividad neuronal de alrededor de 40 Hz. Durante el sueño REM1, el contenido consciente viene desde el interior, de los recuerdos almacenados en el cerebro. En el sueño de onda lenta no hay ningún contenido consciente.

Algunos experimentos han demostrado que cuando un humano está despierto, un penetrante sonido interrumpe la onda de barrido no específica y comienza una nueva, pero cuando el sujeto está en el sueño REM, este mismo sonido produce una respuesta cortical sin restablecer la onda de barrido a cero. Estos hallazgos podrían reflejar el hecho de que un estímulo de este tipo atrae nuestra atención consciente cuando estamos despiertos, pero no cuando estamos en el sueño REM (y menos aún cuando estamos en sueño de onda lenta, durante el cual la onda de barrido está ausente o considerablemente atenuada).

Salgamos un rato del laboratorio e imaginemos a alguien que está pensando mientras camina por la calle. Su cerebro genera oscilaciones en torno a 40 Hz. En tanto que su representación mental de su entorno externo es compatible con su entorno real, su cerebro seguirá actualizando esta escena a un ritmo constante. Pero si de repente se oye que un perro ladra furiosamente cerca, su ciclo de 40 Hz será inmediatamente puesto a cero para incorporar este nuevo impulso en la escena global, de manera de que pueda aprovechar esta nueva información y decidir salir corriendo. Si bien se dice que perro que ladra no muerde, es preferible ser precavido, no te parece?

1 El sueño se puede clasificar en dos estados principales: sueño de onda lenta, durante el cual la conciencia se pierde del todo; y sueño REM o de movimientos oculares rápidos (sigla en inglés), durante el cual se presentan ensoñaciones muy vívidas y frecuentes.

Volvamos al laboratorio. En otra serie de experimentos, el sujeto oyó un sonido con un par de clics separados por un intervalo de 3 a 30 ms. Cuando el intervalo fue de 13 ms o más, los sujetos podían distinguir los dos clics, pero cuando era más corto se percibía uno solo. Además, las grabaciones MEG durante estos experimentos mostraron que cuando los intervalos son inferiores a 12 ms, las oscilaciones de barrido volvieron a cero sólo una vez, pero cuando los intervalos eran más largos, lo hicieron dos veces. Estos resultados parecen indicar que la conciencia es discreta y no continua. Un intervalo de 12 ms sería la unidad de tiempo básica de la experiencia consciente. Este es un dato sumamente interesante dado que indicaría que la conciencia está cuantizada.

Cada ola que barre a través de la corteza en 12,5 ms crea una nueva imagen mental, pero estas imágenes se suceden tan rápidamente que parecen continuos para nosotros, de la misma manera que se produce desde imágenes fijas una película cinematográfica si se proyectan con rapidez suficiente.

Las melodías de la conciencia

Linás propone una hermosa metáfora: Suponer que el cerebro, al igual que los instrumentos musicales, tiene grandes propiedades emergentes. Algunos instrumentos musicales antiguos tenían cuerdas llamadas “simpáticas”, que no se pulsan pero resuenan por simpatía sonora con las cuerdas principales. Sugiere que en nuestro cerebro también se produce esta música por simpatía, que hay una enorme cantidad de acordes «simpáticos» que aumentan la capacidad cerebral y que hacen a nuestras resonancias internas más complejas. Ésta es la riqueza del cerebro humano, ya que las áreas específicas de la corteza cerebral son posiblemente las mismas en un mono que en un ser humano, pero los canales simpáticos no lo son. La corteza de asociación, las conexiones indirectas son las características que realmente nos hace diferentes de otros animales. En particular, la capacidad de imaginar cosas nuevas, de crearlas o de captar las propiedades del mundo externo nos permiten inventar cosas que no existen. Comenzamos utilizando los huesos de los animales como armas y en un largo derrotero, en ese mismo proceso inventamos la televisión, los satélites espaciales, las máquinas para soñar, las bombas y los resonadores magnéticos. Somos capaces de preguntarnos qué es lo que nos hace ser quienes somos. De crear modelos científicos que nos permitan explicarlo, empujando como huma-

nidad la frontera impuesta por la visión tradicional de la ciencia que hoy nos permite aproximarnos a comprender un pequeño ápice de estos procesos.

Las cuerdas simpáticas de nuestro cerebro pueden privilegiar circuitos que nos hagan más conscientes de lo que ocurre, siendo capaces de percibir a los otros, a nosotros mismos, y a nuestro ambiente. La decisión de qué circuitos son los que activamos con mayor frecuencia es una decisión que reside en nuestra libertad y nos interpela desde una responsabilidad más universal.

El conocernos a nosotros mismos nos dará la oportunidad de que generemos una música interior que pueda ser escuchada como una bella melodía en el universo en el que vivimos.

PALABRAS FINALES

La ciencia en la Argentina sufrió muchos avatares. Desde la noche de los Bastones Largos hasta hoy, las condiciones de trabajo de los equipos científicos fueron pasando por diferentes circunstancias. Nos encontramos en una etapa histórica en la que muchos de los científicos y las científicas que habían emigrado porque en nuestro país no encontraban las condiciones necesarias para el desarrollo de sus trabajos de investigación están regresando, apostando a construir las bases de un modelo de país diferente para el futuro. En este marco, las neurociencias en nuestro país presentan actualmente un interesante desarrollo.

A continuación presentamos una pequeña referencia a algunos de los laboratorios argentinos que están abordando los temas que desarrollamos en este libro:

- Laboratorio de Neurobiología de la Memoria, Departamento Fisiología, Biología Molecular y Celular, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) – Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires. Profesor a cargo: Dr. Arturo Romano. Se trabaja con distintos modelos animales (abejas, cangrejos, ratones, humanos) investigando las bases neurobiológicas, desde moleculares y celulares hasta mecánicas, de los procesos de formación, consolidación, reconsolidación y extinción de la memoria. Para ello, se utilizan distintas herramientas que van desde técnicas moleculares, electrofisiológicas, de imaging (técnica de microscopía que permite observar actividad neuronal in vivo), farmacológicas, de análisis comportamental en el laboratorio y en el campo (etología).

- Laboratorio de Investigación en Memoria, Instituto de Biología Celular y Neurociencias, Facultad de Medicina, (UBA), Buenos Aires. Profesor a cargo: Dr. Jorge Medina. Investigan los mecanismos moleculares de la persistencia de la memoria utilizando como modelo experimental la rata.

- Laboratorio de Neurociencia Integrativa, Departamento de Física, FCEyN, UBA, Buenos Aires. Profesor a cargo: Dr. Mariano Sigman. Investigan aspectos perceptivos y cognitivos del procesamiento de la información emocional y socio-emocional, y sus correlatos cerebrales. Para ello, se utilizan protocolos experimentales con estímulos y tareas con el objeto de explorar diversos aspectos de la cognición emocional y social en humanos, tal como el aprendizaje y la toma de decisiones. Estos protocolos son utilizados en el contexto de experimentos comportamentales, junto con registros electroencefalográficos, FMRI, y herramientas computacionales de seguimiento (tracking) de ojos.

- Instituto de Farmacología Experimental de Córdoba (IFEC-CONICET), Departamento de Farmacología, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba (UNCo), Córdoba. Profesor a cargo: Dr. Victor Molina. Su investigación está dirigida al estudio de los mecanismos neurobiológicos básicos que median: a) los signos emocionales que se instalan tanto luego de la abstinencia a drogas de abuso como por exposición a eventos traumáticos; b) el desarrollo y la ocurrencia de los procesos mnésicos como la reconsolidación y la extinción de memorias emocionales, particularmente la memoria de miedo.

- Laboratorio de Sistemas Dinámicos, Departamento de Física, FCEyN, UBA, Buenos Aires. Profesor a cargo: Dr. Gabriel Mindlin. Investigan los mecanismos dinámicos y físicos involucrados en la generación de sonidos complejos que se en-

cuentran comúnmente en el canto de los pájaros, y caracterizar el papel del sistema periférico en este proceso. Los datos fisiológicos, combinado con el modelado dinámico y físico, permiten diseccionar las funciones respectivas de los mecanismos periféricos y las instrucciones de los nervios en la generación de sonidos complejos. Gran parte del estudio del comportamiento, aquél que mejora la supervivencia y la reproducción de un animal, se centra en el control neural. La generación de un comportamiento, sin embargo, implica una fuerte interacción entre el sistema nervioso, la morfología y el medio ambiente. La morfología funcional y la biomecánica de un sistema periférico están sujetos a limitaciones en el control de los nervios, y también proporcionan oportunidades para el surgimiento de la complejidad en el comportamiento. En eso se centran sus estudios.

- Laboratorio de Plasticidad Neuronal, Instituto Leloir, Buenos Aires. Investigador a cargo: Dr. Alejandro Schinder. Este laboratorio está enfocado en el estudio de la relevancia funcional de la neurogénesis en el hipocampo adulto y en mecanismos celulares de regeneración neuronal.

- Laboratorio de Neurobiología del Autismo, Departamento Fisiología, Biología Molecular y Celular, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN) – Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires. Investigadora a cargo: Dra. Amaicha Depino utilizando roedores que durante su vida uterina están expuestos a algunas drogas, tales como antiepilépticos, etanol, talidomida (antes utilizada para las náuseas para embarazadas y para lepra en la actualidad) y el misoprostol (utilizada para abortar), han demostrado que presentan comportamiento autista, incluyendo cambios en el cerebro y disfunción de la conducta.

- Laboratorio de Fisiología de la Acción, Departamento de Fisiología - Facultad de Medicina, UBA, Buenos Aires. Investigadora a cargo: Dra. Valeria Della Maggiore. Se especializa en el estudio de la neurociencia del comportamiento motor. Utilizando técnicas no invasivas de mapeo cerebral humano como la estimulación magnética transcraneana, la electroencefalografía y la resonancia magnética, este laboratorio estudia la contribución de la red motora a distintos aspectos del control y el aprendizaje motor. Las líneas del laboratorio comprenden los mecanismos neurofisiológicos que median el aprendizaje motor en contextos predecibles e im-

predecibles, el rol de la red fronto-parietal en el ajuste de movimientos en tiempo real, el rol de la observación de la acción como mediador del aprendizaje y comunicación entre individuos, y los substratos estructurales del aprendizaje motor de largo término.

- Laboratorio de Neuropatología Experimental, Instituto de Investigación Médica “Mercedes y Martín Ferreyra”, INIMEC-CONICET, Córdoba. Investigador a cargo: Dr. Alfredo Lorenzo. En este laboratorio se estudia mecanismos celulares y moleculares de neurodegeneración implicados en el origen de enfermedades humanas. En particular, se enfoca en los procesos que causan deterioro neuronal en la enfermedad de Alzheimer.

- Laboratorio de Genética del Comportamiento, Leloir, Buenos Aires. Investigadora a cargo: Dra. Fernanda Ceriani. Numerosos procesos fisiológicos y comportamentales están regulados por ritmos endógenos con un período cercano a las 24h, conocidos como ritmos circadianos. La mosca *Drosophila melanogaster* ha sido utilizada para identificar las moléculas responsables de generar y mantener estas oscilaciones, las cuales están conservadas en mamíferos. En este laboratorio están interesados en desentrañar el modo en que los circuitos neuronales del cerebro de la mosca coordinan la actividad rítmica del organismo y al mismo tiempo utilizar este conocimiento para adentrarse en el funcionamiento y la sobrevivencia neuronal.

- Laboratorio de Fisiología de Circuitos Neuronales, Laboratorio de Fisiología de la Acción, Departamento de Fisiología - Facultad de Medicina, UBA, Buenos Aires. Investigadores a cargo: Dr. Gustavo Murer y Dr. Luis Riquelme. Se utiliza una aproximación multidisciplinaria a la “neurociencia de sistemas” para estudiar la función de circuitos neuronales, su desarrollo postnatal, y examinar modelos animales de condiciones neuropsiquiátricas. Actualmente estudian las relaciones entre la corteza cerebral y los ganglios de la base, las interacciones entre corteza prefrontal e hipocampo, y el sistema olfatorio.

- Laboratorio de Neuroetología Ecológica, Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICyTTP- CONICET) Diamante, Entre Ríos. Investigador a cargo: Dr. Pablo Guerenstein. Se trabaja con el sistema del

olfato de insectos de importancia social, ya sea insectos que transmiten enfermedades (vinchucas, mosquitos) o plagas de cultivos.

- Laboratorio de Ictiofisiología y Acuicultura, Instituto de Investigaciones tecnológicas (IIB-INTECH), Chascomús, Buenos Aires. Investigador a cargo: Dr. Gustavo Somoza. Las líneas de investigación son: biología de la reproducción del pejerrey *Odonthenthes*; hormona GnRH: identificación, neuroanatomía y actividad biológica; determinación y diferenciación sexual en peces teleósteos; neurogénesis; efecto de xenobióticos sobre el pejerrey.

Al llegar al final de este libro nos remontamos al principio. Esto parece inevitable. Como docentes de INFD nuestro comienzo por esta aventura de la escritura fue a partir de las preguntas que nos hacíamos respecto de estos temas: el Cerebro, la Memoria, el Aprendizaje, el Olvido, la Conciencia. Tuviste la oportunidad de hacer un recorrido por las respuestas que fuimos encontrando, que fuimos construyendo, que amasamos para compartirlas en esta producción. Muchas de esas preguntas han sido respondidas en este libro y muchas han quedado sin respuesta. Algunas porque exceden este marco u otras porque aún la ciencia no las ha respondido. Esperamos que este libro te haya abierto hacia nuevos interrogantes, que muchas preguntas que a nosotros nunca se nos ocurrieron comiencen a resonarte para que te den impulso y puedas continuar la búsqueda. Nada mejor, para quienes se forman como docentes o para quienes los formamos, que la curiosidad no se apague, que el dulce encanto de la duda se instale, y que la avidez por conocer nos siga motivando.

Noel, Gabriela, Natalia, Alejandra y Viviana

2011

Bibliografía

- AAMODT, S. y WANG, S. (2008): *Entra en tu cerebro*. Barcelona. Ediciones B.
- ARIAS DOMÍNGUEZ, A. (2011): "Neurociencia de la conciencia: Introducción al marco teórico de un clásico contemporáneo" en *Ciencia Cognitiva*, 5:1, 22-24
- BALKEMORE, S. J. Y FRITH, U. (2007): *Cómo aprende el cerebro. Las claves para la educación*. Barcelona. Editorial Ariel.
- BALLESTEROS, S. (1999): "Memoria Humana: investigación y teoría" en *Psicothema*, 11, (4), 705-723.
- BARONDES, S.H. (1975): Protein synthesis-dependent and protein synthesis-independent memory storage processes. In *Short-Term Memory*. New York . Academic Press.
- BEKINSCHTEIN, P., CAMMAROTA, M., IGAZ, L.M., BEVILAQUA, L.R., IZQUIERDO, I., MEDINA, J.H. (2007): "Persistence of long-term memory storage requires a late protein synthesis- and BDNF- dependent phase in the hippocampus" en *Neuron*, 53(2), 261-277.
- BEKINSCHTEIN, T., MANES, F. (2010): "Evaluating brain function in patients with disorders of consciousness" en *Cleveland Clinic J. Medicine*, 75, 71-76.
- BLISS, T. y LOMO T. (1973): "Long lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path" en *J Physiol*, 232, 331-356.
- BORGES, J.L. (1944): *Artificios*. Buenos Aires. Editorial Sur.
- BRUSCA, R. C. y BRUSCA, G. J. (2005): *Invertebrados*, 2ª edición. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid.
- CAREW T. (2000): *Behavioural neurobiology: The cellular organization of natural behavior*. Sunderland. Sinauer Asociados.
- CEREJIDO, M. (2006): "Biología de la memoria" en *Acta Poética*, 27, (2), 15-41.
- CHOMSKY, N. (2003): *La arquitectura del lenguaje*. Kairós. Barcelona
- CRISCI, J. (2010, junio): La multiplicidad de la vida: la sistemática biológica desde Linneo hasta la filogenia. Ponencia presentada en el Primer encuentro de Escritura en Ciencias. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.
- CUADROS, J. y NIETO, C. (2009): "Y el miedo se olvida" en *Hipnológica* 2, 13-14.
- CUESTAS, E., CÁCERES, A. Y PALACIO, S. (2007): "Modelos animales de lesión y reparación del cerebro en desarrollo" en *Medicina* 67, 2, 177-182. Extraído el 27 Agosto, 2011 de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S002576802007000200014&lng=es&nrm=iso
- CUETOS, F., RODRÍGUEZ FERREIRO, J. Y MARTÍNEZ, C. (2003): "Alteraciones en los inicios de la enfermedad de Alzheimer" en *Revista Española de Neuropsicología*, 5, (1), 15-31.
- DAVIS, H.P. y SQUIRE L.R. (1984): "Protein synthesis and memory: a review" en *Psychol Bull*, 96(3), 518-59.
- DE AMBROSIO, M. (2008): "La memoria es lo único que tenemos pero no es confiable". *Entrevista a Iván Izquierdo*. Diario Perfil. Argentina.
- DE VOOGD, T. (2010, Enero 3) El cerebro humano aprende como el de los pájaros. *El Deber*. Suplemento extra.
- DE WAAL, F.B.M. (2008): "El ladrón en el espejo" en *PloS Biol*. 6 (8): E201.
- DIERSSEN, M. (2007): *Viaje al Universo Neuronal*. Madrid. Editora Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)
- DOBBS, B. (2010): "The making of a trouble mind" en *Nature*, 468, 154-156.

- DOPAZO, H. (2009): "Genómica, Bioinformática y evolución" en *Ciencia Hoy*, 19, 113, 88-93.
- DUBUC, B. (2002): ¿Qué es la conciencia? Extraído el 28 junio, 2011 de <http://thebrain.mcgill.ca>. Traducido en <http://translate.google.com.ar>
- DUBUC, B. "The Brain from Top to Bottom" en *An interactive web site on Human Brain and Behavior*. Extraído el 20 junio, 2011 de <http://thebrain.mcgill.ca>
- DUDAI, Y. (2002): "Molecular bases of long-term memories: a question of persistence" en *Neurobiology*, 12, 211-216.
- DUDAI, Y. (2002a): "Molecular bases of long-term memories: a question of persistence" en *Curr Opin in Neurobiol*, 12, 211-216.
- DUDAI, Y. (2002b): *Memory from A to Z. Keywords, concepts and beyond*. Oxford. Oxford UP.
- DUDAI, Y. (2004): "The neurobiology of consolidations, or how stable is the engram?" en *Annu. Rev. Psychol.*, 55, 51-86.
- DUDAI, Y., EISENBERG, M. (2004): "Rites of passage of the engram: reconsolidation and the lingering consolidation hypothesis" en *Neuron*, 44(1), 93-100.
- DUKAS, R. (2008): "Evolutionary biology of insect learning" en *Annu Rev Entomol*, 53, 145-160.
- DUNCAN, C.P. (1949): "The retroactive effect of electroconvulsive shock" en *J Comp Physiol Psychol* 42, 32-44.
- DUPRÉ, J. (2009): "Más allá del Darwinismo" en *Ciencia Hoy*, 19, 113, 8-9.
- EDELMAN G. Y TONONI G. (2002): *El universo de la conciencia*. Barcelona. Editorial Crítica.
- FEDERMAN, N. (2010): Estudio comparado del papel de la *epigenética* en distintas fases de la memoria de largo término. Tesis doctoral. FCEyN-Universidad de Buenos Aires.
- FEDERMAN, N. (2010, junio). *Cerebro y Memoria*. Ponencia presentada en el Primer encuentro de Escritura en Ciencias. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.
- FUSTER, J. (2009, Marzo 26). Joaquín Fuster espera que la curación del Alzheimer se produzca en "cinco o diez años". *El diario digital de Salamanca*.
- GEBELLÉ, X. (2007) "El caso de la proteína Tau" en *Alcmeon*, 14, (1), 81-86.
- GIACHERO, M., BUSTOS, S. y MOLINA, V. (2009, junio): *La fase de Labilización/Reconsolidación permite la incorporación de nueva información emocional a una memoria de miedo previamente consolidada* ponencia presentada en la Primera Jornada de Jóvenes Investigadores en neurociencias, Córdoba, Argentina.
- GIURFA, M., EICHMANN, B. y MENZEL, R. (1996): "Symmetry perception in an insect" en *Nature*, 382, 458-461.
- GOELET, P., CASTELUCCI, V., SCHACHER, S., y KANDEL, E. (1986): "The long and the short of long term memory - a molecular framework" en *Nature*, 322, 419-422.
- GOLOMBECK, D. (2008): *Cavernas y Palacios. En busca de la Conciencia en el Cerebro*. Buenos Aires. Siglo Veintiuno Editores.
- GOLOMBEK, D. (2008): *Cavernas y palacios. En busca de la conciencia en el cerebro*. Buenos Aires. Siglo XXI editores.
- GOULD, S. J. (2010): *Desde Darwin. Reflexiones sobre historia natural*. Barcelona. Crítica. (1er ed.1977).
- GROSSMANNA, I., NAA, J., VARNUMA, M., PARKB, D., KITAYAMAA, S. Y NISBETTA, R. (2010): "Reasoning about social conflicts improves into old age" en *PNAS*, early edition. 1-5.
- IZQUIERDO, I. (2008): *El arte de olvidar*. Buenos Aires. Edhasa.
- IZQUIERDO, I., CAMMAROTA, M., BEVILAQUA, L., BARROS, D. y MEDINA, J. (2005): "Recent ad-

- vances in the neurochemistry of memory consolidation and retrieval: Impact on current views on memory disorders" en *Neurobiología*, 68, (1), 29-35.
- KACELNIK, A. (2002). Los cuervos que crean objetos con un talento casi humano. Extraído el 23 Agosto, 2011 de <http://axxon.com.ar/not/117/c-117InfoCuervoHerramientas.htm>
- KACELNIK, A. (2007). El gran hermano de los cuervos. Extraído el 23 Agosto, 2011 de <http://axxon.com.ar/not/178/c-1787001.htm>
- KACELNIK, A. (2009). Los cuervos usan herramientas múltiples, pero ¿planean con anticipación?. Extraído el 23 Agosto, 2011 de <http://axxon.com.ar/noticias/2009/08/los-cuervos-usan-herramientas-multiples-pero-%C2%BFplanean-con-anticipacion/>
- KACELNIK, A. (2009): "Evolución y comportamiento" en *Ciencia Hoy*, 19, 113, 11-19.
- KANDEL, E. (2000): *Principles of neural science*. New York. Editorial McGraw-Hill.
- KANDEL, E. (2007): *En busca de la memoria. El nacimiento de una nueva ciencia de la mente*. Buenos Aires. Katz Editores.
- KANDEL, E., SCHWARTZ, J., y JESELL, T. (1995): *Essentials of neural science and behavior*. Connecticut. Editorial Appleton & Lange.
- KORNBLIHTT, A. (2010): *La construcción de un organismo: del gen a la proteína*. Ponencia presentada en el Primer encuentro de Escritura en Ciencias. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina. Extraído el 13 Abril, 2011 de <http://www.ifibyne.fcen.uba.ar/LNM/>
- KUHN, T. (1988): *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. Buenos Aires. Fondo de Cultura Económica.
- LEWONTIN, R. G. (1998). La evolución de la cognición: preguntas que nunca responderemos. Extraído el 15 Abril, 2011 de [http://www.isrl.uiuc.edu/~amag/langev/pubtype/inbook_AninvitationtocognitivescienceVolume4Methodmodelsandconceptualissues\(pdf\)](http://www.isrl.uiuc.edu/~amag/langev/pubtype/inbook_AninvitationtocognitivescienceVolume4Methodmodelsandconceptualissues(pdf))
- LOGATT GRABNER, C. (2009): ¿Qué es la Neurosicoeducación?. Conferencia presentada en las Primeras Jornadas Internacionales de Neurosicoeducación. Extraído el 16 Mayo, 2011 de <http://www.youtube.com/watch?v=IwKeifDu-pQ&NR=1>
- LOGATT GRABNER, C. (2009): "Las etapas del aprendizaje" en *Suma Psicológica*, 16, 1, 65-83.
- MACHADO, S. et al (2008). "Aprendizaje y memoria implícita. Mecanismos y neuroplasticidad" en *Revisión en Neurociencia*, 46, (9), 543-548.
- MADISON, D., MALENKA, R. y ROGER, N. (1991), "Mechanisms Underlying Long-term Potentiation of Synaptic Transmission" en *Annual Revision on Neurosciences*, 14, 379-397.
- MAGUIRE, E., GADIAN, D., JOHNSRUDE, I. GOOD, C. ASHBURNER, J. FRACKOWIAK, R. y FRITH, C. (2000): "Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers" en *PNAS*, 97, (8), 4398.4403.
- MALDONADO, H (2008): *La memoria Animal. Adquisición, persistencia y olvido*. Buenos Aires. Eudeba.
- MALDONADO, H. (2008): *La memoria animal. Adquisición, persistencia y olvido*. Buenos Aires. EUDEBA.
- MATURANA, H., Y VARELA, F. (2003). *El Arbol del Conocimiento. Las Bases Biológicas del Entendimiento Humano*. Buenos Aires. Editorial Universitaria y Editorial Lumen S.R.L.
- MENÉNDEZ, S., PADRÓN PÉREZ, N. y LLIBRE RODRÍGUEZ, J. (2002): Péptido beta amiloide, proteína tau y enfermedad de Alzheimer en *Rev. Cubana Invest. Biomed.*, 21, (4), 253-261.
- MENZEL, R. (2007): *Phylogeny and evolution: on comparing species at multiple levels. Science of Memory: concepts*. Oxford. Oxford UP.
- MIDLIN, G. (2010, Junio 16). Cantar es para los pájaros. *Página 12*.p.19. Extraído el 22 Junio 2011 de <http://www.pagina12.com.ar/diario/ciencia/19-147661-2010-06-16.html>

- MISANIN, J.R., MILLER, R.R., LEWIS, D.J. (1968): "Retrograde amnesia produced by electroconvulsive shock after reactivation of a consolidated memory trace" en *Science*, 160(827), 554-555.
- MONSERRAT, J. (S.F.) *Francis Crick y la emergencia de la conciencia visual. Extraído el 25 junio, 2011 de* <http://www.upcomillas.es/webcorporativo/Centros/catedras/ctr/documentos/CRICK.pdf>
- MORGADO BERNAL, I. (2005): Psicobiología de la memoria en *Cuadernos de información y comunicación (CIC)*, 10, 221-233.
- MOROZ, L. L. (2009): "On the independent origins of complex brains and neurons" en *Brain Behav Evol*, 74, 177-190.
- MORRIS, R. y FILLENZ M., (2003) *Neurociencias. La Ciencia del Cerebro. Una introducción para jóvenes estudiantes.*
- NADER, K. y HARDT, O. (2009). "A single standard for memory: the case for reconsolidation" en *Nature Rev Neurosci*, 10, 224-234.
- NADER, K., SCHAFF, G.E., y LE DOUX, J.E. (2000): "Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval" en *Nature*, 406(6797), 722-726.
- NILSSON, D-E.; GISIÉN, L., COATES, M. M., SKOGH, CH., GARM, A. (2005). "Advanced optics in a jellyfish eye" en *Nature*, 43, 201-205.
- PEDREIRA, M.E., DIMANT, B., TOMSIC, D., QUESADA-ALLUE, L. A. y MALDONADO, H. (1995): "Cycloheximide inhibits long-term habituation and context memory in the crab *Chasmagnathus*" en *Pharmacol Biochem Behav*, 52, 385-395.
- PEDREIRA, M.E., PÉREZ-CUESTA, L.M., MALDONADO, H. (2002): "Reactivation and reconsolidation of long term memory in the crab *Chasmagnathus*: protein synthesis requirement and mediation by NMDA type glutamatergic receptors" en *J Neurosci*, 22, 8305-8311.
- PÉREZ-CUESTA, L. M. (2010): Dinámica e interrelación entre reconsolidación y extinción de la memoria en el cangrejo *Chasmagnathus* (Tesis Doctoral) Biblioteca Digital de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires.
- PÉREZ, J. Los Cnidarios. Extraído el 21 Junio, 2011 de <http://www.hydronauta.com/temas/biologia/vertebrados-infe/cnidarios/cnidarios.htm>
- POLAVIEJA, G. G. (2005). "Inteligencia en cerebros de un milímetro cúbico" en *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 16.
- PRZYBYSLAWSKI, J. y SARA S.J. (1997): "Reconsolidation of memory after its reactivation" en *Behav Brain Res*, 84, 241-246.
- QUIAN QUIROGA, R. (2008): "Las neuronas de la conciencia" en *Ciencia Cognitiva: Revista Electrónica de Divulgación*, 2:2, 47-49
- Recuperado de <http://www.plosbiology.org/article/info:doi/10.1371/journal.pbio.0060201>
- RESCORLA, R. A. y WAGNER A.R. (1972): "A theory of Pavlovian conditioning: variations in the effectiveness of reinforcement and non reinforcements" en *Classical Conditioning II: Current Research and Theory*. New York. Appleton century Crofts.
- RESTREPO, J. E. (2008): "Biological Evolution and Evolutionist Psychology" en *Revista Colombiana de Psiquiatría*. 37, 3, 428-451.
- ROSENZWEIG M. (1998): *Historical perspectives on the development of the biology of memory. Neurobiology of learning and Memory*. New York, Academic Press.
- RUETTI, E., JUSTEL, N. y BENTOSELA, M. (2009): "Perspectivas clásicas y contemporáneas acerca de la memoria" en *Suma Psicológica*, 16 (1) 65-83.

- SAKARYA O., ARMSTRONG K. A., ADAMSKA M., ADAMSKI M., WANG I-F, TIDOR, B. y KOSIK, K. S. (2007). "A Post-Synaptic Scaffold at the Origin of the Animal Kingdom" en *Plosone* 2(6): 506. Extraído el 24 Agosto, 2011 de <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0000506#top>
- SÁNCHEZ, A. (2003): "Conversaciones con Rodolfo Llinás" en *Revista Número*, 39
- SARA, S (2000b): "Strengthening the shaky trace through retrieval" en *Nat Rev Neurosc*, 1,212-213.
- SARA, S. (2000a): "Retrieval and Reconsolidation: Toward a Neurobiology of Remembering" en *Learning & Memory*, 7, 73-84.
- SARA, S. (2010): "Reactivation, retrieval, replay and reconsolidation in and out of sleep: connecting the dots" en *Frontiers in Behavioral Science*, 4, 1-5.
- SAVATER, F. (2008): *La Aventura del Pensamiento*. Buenos Aires. Sudamericana.
- SCOVILLE, W.B. y MILNER, B. (1957): "Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions" en *J Neurol Psychiatry*, 20, 11-21.
- SQUIRE, L. R. y ALVAREZ, P. (1995): "Retrograde amnesia and memory consolidation: a neurobiological perspective" en *Curr Opin Neurobiol*, 5, 169-177.
- SRIVASTAVA, M., SIMAKOV, O., CHAPMAN J., FAHEY, B., GAUTHIER, M., MITROS, T., JACKSON, D. et al. (2010): "The *Amphimedon queenslandica* genome and the evolution of animal complexity" en *Nature* 466, 720-726.
- SUZUKI, R., BUCK, J. R. y TYACK, P. L. (2006): "Information entropy of humpback whale Songs" en *Journal of the Acoustic Society of America*, 119, 3, 1849-1866. Extraído el 22 Agosto, 2011 de http://asadl.org/jasa/resource/1/jasman/v119/i3/p1849_s1?isAuthorized=no
- TAYLOR, A. (2008). Los cuervos convirtieron a los chimpancés en monos en una prueba de capacidad mental. Extraído el 18 Agosto, 2011 de <http://axxon.com.ar/not/189/c-1891076.htm>
- TENENBAUM, D. (2010): Por primera vez, los monos se reconocen en el espejo, lo que indica la auto-conciencia. Extraído el 25 de mayo, 2011 de <http://www.news.wisc.edu/18469>.
- THORPE, W.H. (1963). "The concepts of learning and their relation to those of instinct. Physiological Mechanism in Animal Behavior Symposium" en *Soc Exp Biol*, 4, 387-408.
- TINBERGERN, N. (1989): *El estudio del instinto*. Buenos Aires. Editorial S. XXI.
- VASALLO, A.I. (2008): "Comportamiento animal y evolución" en *Ciencia Hoy* 17,102.
- UCHITEL, O. (2006): *El Lenguaje de las Neuronas*. Buenos Aires. Eudeba.
- VALDERAS, J.M. (2002): "La biología en el último cuarto de siglo" en *Investigación y Ciencia*, 305.
- WANG, Y., BRZOZOWSKA-PRECHTL, A. y KARTEN, J. (2010): "Laminar and columnar auditory cortex in avian brain" en *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 10, 1073. Extraído el 15 Agosto, 2011 de <http://www.bioblogia.com/2010/07/somos-mas-cerebro-de-pollo-de-lo-que-pensabamos/#more-1585>
- WHITLOW, J.W. y WAGNER, A.R. (1984): *Memory and habituation. Habituation, sensitization and behavior*. New York. Academic Press.
- WINOGRAD, M. (2009): *Neurociencias. Aprendemos Ciencias en la escuela* en Conferencia. Ponencia presentada en el I Congreso de enseñanza de las Ciencias, Tucumán, Argentina.
- ZHANG, Y., THOMPSON, R., ZHANG, H. y XU, H. (2011). "APP processing in Alzheimer's disease" en *Molecular Brain*, 4, (3), 2-13.

Documentos en internet:

http://www.medmol.es/moleculas/1102_43/ Proteína precursora de B amiloides (fuente original: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3022812/>) Proteínas anormales en la enfermedad de Alzheimer.

<http://www.cienciahoy.org.ar/hoy41/protei6.htm> (proteínas tau)

<http://www.noscira.com/investigacion.cfm?mS=227&mSS=272> (Inhibidores de la fosforilación de las proteínas tau)

<http://neofronteras.com/?p=957> (Bloqueo en la formación de recuerdos)

http://www.laflecha.net/perfiles/ciencia/john_nash John Nash

<http://www.nimh.nih.gov/health/publications/espanol/esquizofrenia/el-mundo-de-las-personas-con-esquizofrenia.shtml> (Esquizofrenia)

http://www.wisconsinmedicalsociety.org/savant_syndrome/savant_profiles/kim_peek Kim Peek.

<http://www.stephenwiltshire.co.uk/>

Acerca de la memoria Extraído en Mayo, 2011 de

1/3 <http://www.youtube.com/watch?v=8BeXiLK5MWw>

2/3 <http://www.youtube.com/watch?v=KmDTy7xZD-g>

3/3 <http://www.youtube.com/watch?v=d8SKpFCRefw&feature=related>

Impreso en Buenos Aires, Argentina.
en el mes de marzo 2012

SERIE CUADERNOS DE TRABAJO DOCENTES APRENDIENDO EN RED

El sector de Educación de la Oficina de Montevideo-Representación ante el MERCOSUR implementa sus acciones programáticas a nivel nacional y subregional en el marco del Proyecto Regional de Educación para América Latina y el Caribe (EPT/PRELAC 2007).

Los ministros de Educación de la Región han afirmado que la educación es un bien público y llave para la construcción de un mundo más justo, señalando siete temas centrales en sus recomendaciones (www.unesco.org/Santiago). Esta nueva serie de publicaciones, que hemos titulado Docentes Aprendiendo en Red (DAR) se nutre selectivamente de las recomendaciones referentes al “derecho de las personas a aprender a lo largo de la vida” desde “enfoques educativos para la diversidad, la inclusión y la cohesión social”. La serie pretende acercar al docente lector materiales de apoyo educativo, elaborados por algunos de sus pares docentes que han sido participantes activos de proyectos innovadores asistidos por UNESCO.

A nivel nacional, implementar estas recomendaciones potencia una de las funciones de la UNESCO que denominamos “laboratorio de ideas”. En ese sentido, la temática de acortar distancias entre las investigaciones universitarias y la formación de docentes en ciencias es uno de nuestros centros de interés programático. Entendemos que trabajar a favor de los educadores de la enseñanza demanda asistir técnicamente en el diseño de proyectores innovadores fundamentalmente en dos aspectos:

a) Requerir y fomentar equipos con profesionales diversos que sean referentes para el tema seleccionado y se encuentren dispuestos a “Aprender juntos” (Delors 1996)

b) Incluir en el diseño instancias colectivas de formación, discusión y planteo de dificultades con-

ceptuales, con el objetivo de estimular aprendizaje y capacidades de producción de materiales escritos por docentes.

Los cuadernos de trabajo “Escritura en Ciencias” en el marco de la serie DAR han sido generados por el Instituto Nacional de Formación Docente del Ministerio de Educación de la Nación Argentina a través de una convocatoria abierta a los Institutos de Formación Docente de gestión pública de todo el país.

Los cuadernos de Escritura en Ciencias se ponen a disposición de formadores y alumnos de la formación docente como materiales de apoyo educativo elaborados por pares que han sido participantes activos como integrantes de equipos de trabajo que llevan adelante de proyectos innovadores asistidos por UNESCO.

El trabajo de los coordinadores ha sido complejo e indispensable para el éxito de este tipo de proyecto. Las contrapartes por países han hecho propio este diseño y ajustado a sus realidades temáticas y de arquitectura (presencial y/o virtual). De esta manera, la temática de Paraguay es “La Escritura en Paraguay”, en Argentina “Escritura en Ciencias” y en Uruguay “Celebrando el Año Internacional de la Química”. Los coordinadores generales, así como los de Escritura han desarrollado un análisis crítico del proceso y han sabido guiar las intrincadas relaciones generadas cuando se “aprende haciendo” contribuyendo a resolver conflictos y logrando el mejor documento posible. En ese sentido, vaya a todos ellos nuestro agradecimiento.

María Paz Echeverriarza
Profesional del Programa Educación
UNESCO Montevideo

ISBN 978-950-00-0926-3



9 789500 009263

