

Libros de **Cátedra**

Neuroanatomía y neurofisiología en psicología

Neuroplasticidad y comportamiento

Augusto Leonardo Luisi (coordinador)

FACULTAD DE
PSICOLOGÍA

S
sociales


Editorial
de la Universidad
de La Plata



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

NEUROANATOMÍA Y NEUROFISIOLOGÍA EN PSICOLOGÍA

NEUROPLASTICIDAD Y COMPORTAMIENTO

Augusto Leonardo Luisi
(coordinador)

Facultad de Psicología



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



Dedicado a los alumnos de la Facultad de Psicología de la U.N.L.P.

Índice

Introducción _____	5
<i>Augusto Leonardo Luisi</i>	
Capítulo 1	
La Neuroanatomía y la Neurofisiología en Psicología _____	8
<i>Augusto Leonardo Luisi</i>	
Capítulo 2	
Del procesamiento cortical al subcortical _____	30
<i>Augusto Leonardo Luisi</i>	
Capítulo 3	
El córtex prefrontal ¿estructura superior del comportamiento humano? _____	52
<i>Augusto Leonardo Luisi. Luciana Campagnolo</i>	
Capítulo 4	
Regulación del comportamiento desde el tronco encefálico _____	79
<i>Augusto Leonardo Luisi</i>	
Capítulo 5	
Adaptación al medio: la amígdala, el hipotálamo y el núcleo accumbens _____	103
<i>Fernando Rubén Manzini. Augusto Leonardo Luisi</i>	
Capítulo 6	
Plasticidad en las redes neurales del aprendizaje _____	128
<i>Mariela Vestfrid. Edgardo Alfredo Codina. Augusto Leonardo Luisi</i>	
Los Autores _____	150

Introducción

¿Y este Libro de Cátedra? ¿Qué me aportará? ¿Sirve para estudiar toda la materia? ¿Es fácil para leerlo? ¿Alcanza para rendir el final? Son algunas preguntas que seguramente se harán los estudiantes al conocer la existencia de esta obra.

A continuación las respuestas:

A la primera pregunta. Se trata de un libro realizado por docentes de la Cátedra de Neuroanatomía y Neurofisiología de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional de La Plata. Docentes que provienen de diferentes tipos de formación, poseedores de intereses teóricos y prácticos no siempre coincidentes, pero todos con especial dedicación a la docencia universitaria en esta disciplina. Las diversas procedencias en la formación de grado de los autores — que provienen de la Psicología, de la Psiquiatría, de la Biología y de la Neurología— enriquece la mirada transdisciplinaria que esta asignatura requiere.

A la segunda pregunta. El estudiante encontrará un texto de neuroanatomía y neurofisiología donde no existen dibujos ni esquemas, imprescindibles en el estudio de esta disciplina. El motivo de esta deliberada decisión ha sido invitar al lector a que realice sus propios esquemas, que dibuje y se divierta mientras estudia. “Neuro” es una materia que se estudia dibujando y esquematizando, donde la palabra siempre necesita de una imagen para poder construir un conocimiento significativo.

A la tercera pregunta. Al final de cada capítulo y bajo el nombre de “síntesis conceptual” el estudiante encontrará preguntas y problemas conceptuales para resolver, que sirven de guía para elaborar conceptos que no puede dejar de conocer a la hora de prepararse para sus exámenes.

A la cuarta pregunta. Con el fin de subrayar conceptos, encontrarán que algunos se repiten en un mismo capítulo o incluso en más de uno. Y de igual modo, podrá advertirse cómo se interrelacionan los contenidos entre los diferentes capítulos. El objetivo es siempre el mismo: formar en el estudiante un cuerpo de conocimiento básico y esencial que le permita desplegar una actitud crítica y reflexiva de esta disciplina. No se pretende que recuerde memorísticamente.

A la quinta pregunta. Este humilde texto tiene la intención de acompañar a los estudiantes que estudian Neuroanatomía y Neurofisiología; encontrarán los conceptos básicos, la columna vertebral, a partir de la cual construirán la materia. Por lo tanto, no viene a reemplazar a los

libros de texto existentes, ni tampoco a las clases teóricas, a los trabajos prácticos ni a los talleres teórico-prácticos.

Mientras realizaba las últimas correcciones del texto, el Prof. Manzini compartía las preguntas y las respuestas precedentes. Pero a su criterio faltaba una *¿Cómo estudio la materia?* Y escuché atentamente cómo enfatizaba la respuesta, la cual ha sido muchas veces motivo de nuestras conversaciones y que comparto plenamente. Fiel a su estilo, respondía con la misma pasión que en su vocación docente. Una vez terminada su respuesta le dije “esa respuesta la escribís vos”. A continuación su detallada observación.

A la sexta pregunta. Es innecesaria una división entre el enfoque sistémico y el elementarismo. En la enseñanza de la Psicología se viene gestando, a lo largo de los años, un mito epistemológico que concluye en un sesgo perceptual. El mito epistemológico consiste en juzgar que la única forma en que la realidad se organiza es a través de sistemas y que los elementos individuales quedan reducidos a los conjuntos de los que forman parte. El sesgo perceptual derivado de este mito consiste en ver la realidad únicamente como conjuntos.

De más está decir que esta única forma de ver las cosas puede llevarnos a errores. Si bien es cierto que los elementos se organizan en sistemas, esto no quiere decir que abandonen su cualidad de elementos. Los elementos forman sistemas, pero continúan, de alguna manera, siendo independientes de los conjuntos que forman. Se diluyen en un sistema al tiempo que siguen conservando, podríamos decir, su propia “personalidad”.

En términos abstractos, diremos que un elemento que conforma un sistema puede no agotarse en él y conformar, paralelamente, otros sistemas. Prueba suficiente de la independencia de los elementos con respecto a los sistemas de los que forman parte.

Pero en concreto podríamos también pensar en situaciones mucho más cotidianas. Pensemos, por ejemplo, en nuestra pertenencia a algún Club de Fútbol. ¿Se agota nuestra individualidad en ese sistema deportivo? No. Formamos parte de ese sistema al tiempo que formamos otros: un sistema académico, un sistema familiar, un sistema ecológico. Si reducimos el estudio de una realidad compleja a los simples sistemas, nos estaremos olvidando de las particularidades —y de las complejidades paralelas o contingentes— de los elementos. Bertrand Russell, como siempre, lo decía con más énfasis y claridad: “La mentalidad de un grupo es más simple y ruda que la de cualquier individuo” (La educación y el mundo moderno, pág 102).

Pero yendo más al punto en la asignatura que nos convoca, podríamos traducir la presente relación entre sistema y elemento en términos de estructura y función. Desde la Neuroanatomía y la Neurofisiología, diremos que una estructura, enlazada con otras, forma funciones —de la misma manera que un elemento enlazado con otros forma sistemas—. Pero también diremos que esa estructura jamás se agota en esa función y que al mismo tiempo es parte de otras funciones (el núcleo colinérgico basal anterior participa del sueño pero también de la memoria; el hipocampo consolidaría aprendizajes nuevos a la vez que participa, según hallazgos modernos, en la depresión).

Consideramos un grave error reducir los elementos a los sistemas que conforman. Este sesgo genera puntos ciegos en el análisis de los fenómenos estudiados y reduce la complejidad de nuestras investigaciones. Lo que recomendamos, entonces, es el estudio paralelo del elemento en dos sentidos: como **parte de un sistema** y como **componente independiente**. Ambos enfoques son válidos y complementarios y enriquecen nuestra visión de la realidad.

Si la lectura de este libro permite pensar y reflexionar a partir de conceptos simples, y hacer más llevadero el aprendizaje de la Neuroanatomía y Neurofisiología, nuestro objetivo estará cumplido.

Augusto Leonardo Luisi

CAPITULO 1

La Neuroanatomía y la Neurofisiología en Psicología

Augusto Leonardo Luisi

Psiconeurobiología, entre la Neurociencia y la Neuroanatomía y la Neurofisiología

Los alumnos de la Facultad de Psicología suelen llegar a la cursada de la asignatura Neuroanatomía y Neurofisiología con algunos prejuicios que los desalientan, especialmente creen equivocadamente que tendrán que estudiar una materia descriptiva y sin relación con la carrera. Por esto, y para comprender acabadamente qué temas se abordarán, les explicamos que en esta asignatura estudiarán Psiconeurobiología, es decir la interacción del cerebro con el medio ambiente en el psiquismo del sujeto, y que el objetivo fundamental al culminar la cursada es adquirir una forma de pensar reflexiva y crítica en torno a los contenidos psiconeurobiológicos.

Por eso, decimos que a través de la Psiconeurobiología estudiamos “Neuro”, relacionando aspectos de la “Bio” con la “Psico”, y siempre en el terreno de la interacción permanente con el medio. Esta disciplina no sustituye ninguna de las ramas o funciones de la psicología como la conocemos académicamente, sino que potencia muchos de los desarrollos conceptuales ya existentes.

Se trata de una disciplina relativamente joven, ya que a través de los años el camino humanista por un lado y el biologicista por el otro no han hecho otra cosa que mantener el paralelismo que se formalizó desde el cartesianismo, impidiendo así su crecimiento y desarrollo. Incluso actualmente algunos sostienen que la comprensión de la mente humana y de su conducta está cada vez más cerca de la neurociencia; y otros, en forma opuesta reclaman un estudio del psiquismo independiente del cerebro. Si bien ya en 1890 William James en su obra *The Principles of Psychology* sostenía que el estudio científico de la psicología debía también basarse en una comprensión de la biología, años más tarde Santiago Ramón y Cajal desde la Biología y Sigmund Freud desde la Psicología, fueron quienes con autoridad vislumbraron la necesidad de una integración. El primero sosteniendo que las conexiones nerviosas no son definitivas ni inmutables, y el segundo, en la misma sintonía afirmando que la biología es un reino de posibilidades ilimitadas, debiendo tener que esperar decenios para encontrar las respuestas más

sorprendentes. Se sentaban así las bases del concepto actual de neuroplasticidad, por el cual hoy comprendemos cómo nuestro cerebro cambia su configuración en respuesta a diversos estímulos, ya sea durante un proceso de aprendizaje o luego de la atención psicológica.

Entonces, a través de la Psiconeurobiología estudiamos el cerebro en relación al psiquismo, pero teniendo muy en cuenta que el psiquismo no se reduce al cerebro.

Y así, hoy vemos como la Neurociencia en general y la Psiconeurobiología en particular depende del desarrollo de las investigaciones humanísticas y sociales, que le ofrecen un marco teórico en el cual se amalgaman sus descubrimientos, y posteriormente le permite proyectarse a la problemática de la terapéutica de las enfermedades mentales. Estos tratamientos realizados desde la psicología, que tienen un enfoque diferente al biologicista, inciden también sobre la biología del cerebro.

Vayamos a un ejemplo esclarecedor:

Jeffrey Schwartz, profesor de Psiquiatría en la Escuela médica de UCLA (...) ha logrado cambiar exitosamente el comportamiento de las personas con trastornos obsesivos compulsivos utilizando una forma de terapia cognitivo-conductual.(...) Para demostrar la eficacia de este enfoque, Schwartz y sus colegas han utilizado una técnica de escaneo cerebral llamada tomografía de emisión de positrones, que supone inyectar niveles seguros de glucosa radioactiva en el cerebro, que puede entonces monitorizarse según sean las áreas cerebrales que se encienden.(...) Sometieron a este escáner a nueve sujetos antes y después de realizar diez semanas de terapia (sin medicación) (...) El córtex orbitofrontal, el cíngulo, el núcleo caudado y el tálamo se mostraron menos hiperactivos en los escaners.(...) Schwartz cambió literalmente la química cerebral de estos individuos o, por decirlo de otro modo, ayudó a estas personas a construir una adaptación biológica que les permitiera vivir sin la angustia de los síntomas del trastorno obsesivo compulsivo (Armstrong, T.2012).

La Psiconeurobiología es una disciplina integradora que aplica los principios de la Biología al estudio de los procesos mentales y el comportamiento, que se desarrolla en el campo de la Neurociencia, y que recurre a otras ramas del conocimiento tales como la Neuroanatomía, la Neurofisiología, la Neuroquímica, la Neuroendocrinología, la Neuropatología y la Neurofarmacología, y que tiene su expresión a través de diferentes subespecialidades, como la Psicofarmacología, la Psicofisiología Experimental y la Neuropsicología.

De todas ellas, es la Neuropsicología la disciplina que más se vincula con la psicología clínica, con fines diagnósticos y terapéuticos de afecciones cerebrales, ya que estudia las relaciones entre el cerebro y las funciones psicológicas complejas como el lenguaje, la memoria, el reconocimiento sensorial, entre otras, y se nutre del estudio de casos clínicos y de grupos de pacientes que han padecido alguna enfermedad cerebral, traumatismos y/o intervenciones quirúrgicas. (Pinel, J. 2007)

Entonces, la Psiconeurobiología como una integrante más del vasto campo de la Neurociencia, participa en el estudio de diferentes fenómenos complejos.

Uno de estos fenómenos complejos que requieren una aproximación interdisciplinar es la mente. Así lo vieron científicos de diferentes ramas cuyo común denominador era el interés por los fenómenos cognitivos.

Así se gestó el marco interdisciplinar de las ciencias cognitivas. Una de las muestras de este marco cognitivo la tenemos en el State of the Art Report on Cognitive Science de 1978, como resultado de la investigación llevada a cabo por científicos de distintos campos bajo los auspicios de la Alfred Sloan Foundation. En el informe de esta fundación, a pesar de las desavenencias entre los que lo redactaron, estaba la idea de un campo interdisciplinar que conformaban la neurociencia, la psicología, la ciencia de la computación, la lingüística, la filosofía y la antropología (Estany, A 2013).

Diferentes disciplinas dedicadas al estudio de la mente, la Neurociencia una más.

Si nos atenemos a lo que escribe Kandel en la primera línea del prefacio de su obra Principios de neurociencia, 'el objetivo de la neurociencia es comprender la mente: cómo percibimos, nos movemos, pensamos y recordamos', y a lo que señala Fuster, 'toda neurociencia es cognitiva', vemos que la relación entre neurociencia y cognición es indiscutible, algo especialmente relevante para el tema que nos ocupa. (Estany, A 2013)

Es importante diferenciar claramente los diferentes términos. Así como la psiconeurobiología se halla dentro del campo de la neurociencia, lo mismo sucede con la neurología. Pero de ningún modo pueden asumirse como sinónimos, pese a que habitualmente asistimos al mal uso del término neurociencia, especialmente para denominar Congresos o Jornadas que sólo versan de temas clínicos o para llamar a instituciones que sólo realizan actividades asistenciales.

Aparte de posibles matices diferenciadores entre lo más clínico de la neurología y lo más básico de la neurociencia, algunos llegan a sugerir que el cambio de nombre refleja todo un "cambio de paradigmas": más allá de la neurología clásica, centrada en el estudio del sistema nervioso (su estructura, función y desarrollo) en estado normal y patológico, la nueva neurociencia se presenta con vocación universalista y multidisciplinar, que traspasa las fronteras departamentales y aspira a la reconciliación de las ciencias y las humanidades, proyectándose en una especie de "neurocultura" de la que se esperan grandes beneficios para la humanidad.(...) La neurociencia vendría a abrir así nuevos y muy variados campos a la neurología clásica, en la medida en que no pone límite a su pretendida influencia en 'todas las disciplinas del conocimiento humano', aplicando el prefijo 'neuro', también sin límite, al estudio de cualquier actividad o manifestación humana, como reflejo, a su vez, de la actividad del sistema nervioso (García-Albea, 2011).

Con la Psiconeurobiología estudiamos la conducta desde la mirada del sistema nervioso, lugar donde asienta parte del psiquismo, ya que éste no se reduce a la biología sino al producto de la interacción. Para entenderla debemos considerar a los genes, producto de la evolución, a la experiencia, y a la percepción del momento actual.

Dicho de otro modo, la conducta es la resultante de la actividad neural en un momento dado y acorde a la percepción del mismo. Dicha actividad neural, a su vez, responde a la dotación genética en interrelación con la experiencia o medio ambiente en que se desarrolló el sujeto. Los genes en tanto, son producto de la evolución. Finalmente, una vez desplegada una conducta, esta actuará modificando el medio ambiente. Pero también influyendo en el proceso de la evolución a través de la modificación génica.

Si bien en la vida cotidiana es habitual y más fácil pensar en dicotomías: blanco-negro, alto-bajo, verdadero-falso; no resulta posible preguntarnos de ese modo en relación a la conducta, al responder al producto de la interacción. No obstante, seguimos asistiendo a debates dónde se cuestionan casos clínicos en los que se discute si un paciente tiene un problema orgánico o psicógeno, o si otro paciente presenta una afección heredada o adquirida (Pinel, J 2007).

Al desplegar una conducta percibimos que existe *algo* que nos guía y determina cómo, cuándo y qué hacer; en la antigüedad se lo llamaba alma o espíritu, hoy lo denominamos mente. Y como expresa Carlson: “la mente surge del hecho de que cada uno de nosotros es consciente de su propia existencia”, y “cuando pensamos o actuamos, sentimos como si algo en nuestro interior estuviera pensando o decidiendo a actuar” (mente). Por tanto, la conciencia de mí mismo hace surgir la mente. Y esa mente emerge del funcionamiento del sistema nervioso (monismo), y no es independiente del mismo (dualismo). Rene Descartes llegó a tal extremo con el dualismo que veía en la glándula pineal al punto de unión entre la estructura física (cerebro) y el espíritu (la mente humana) (Carlson, N. 2006).

No obstante, hoy sabemos que la conducta *se apoya* en el cerebro —lo necesita—, pero no se reduce sólo a dicha estructura. Entonces, no puede asumirse que hay una clase de conducta que prescinde del cerebro.

En esencia, el punto de vista que vamos a sostener parte de la ruptura de la dicotomía cerebro-mente, planteando que la mente no existe, sino más bien los procesos mentales, que no son más que el resultado del funcionamiento cerebral. Digamos que la mente es al cerebro lo que la digestión es al sistema digestivo. Los procesos mentales, pues, no serían más que una compleja interacción de componentes dinámicos interactuando y produciendo cambios continuos en el propio sistema y en última instancia en la conducta, ya que nuestro cerebro debe construir modelos internos del mundo para interaccionar de manera flexible con un entorno cambiante. O, como señaló Sternberg, la “actividad mental tiene como propósito la adaptación a entornos del mundo real relevantes en la vida de uno mismo”. El cerebro como tal es un sistema multidimensional y dinámico y puede comprenderse mejor si integramos los niveles de análisis neuropsicológicos y neurobiológicos (Tirapu-Ustarroz, J. 2012).

Los principios epistémicos en los que se fundamenta la disciplina Psiconeurobiológica son: 1) el conocimiento, que se representa a través del lenguaje y de la visión; puesto que construye un significado de la realidad utilizando inferencias inconscientes que completan con una fabulación o una ilusión mediante un proceso de abstracción, y 2) el agente cognoscente constituido por la mente, que como expresara Carlson surge de la conciencia de sí mismo y asumiendo el concepto de conciencia de Plum y Posner, de la capacidad de darnos cuenta de nosotros y del medio (Estany, A, 2013).

Reflexionemos ahora en un aspecto del primer principio ¿Por qué el conocimiento se representa a través de la visión? “Podría decir que la historia natural del Hombre es la historia de la función visual” (Cuatrecasas, J., 1968), y por eso “preferimos el sentido de la vista a todos los otros sentidos. Y el motivo es que el sentido de la vista es el que no hace conocer más” (Aristóteles). Considerando la interrelación sujeto-medio a través del sentido de la vista Miguel de Unamuno se preguntaba:

¿Crees que la visión, la visión misma, la flor más espléndida del conocer, hizo al ojo? No; al ojo lo hizo la vida, y el ojo hizo la visión y luego por ministerio de la visión perfeccionó la vida al ojo. Pero el ojo, el ojo mismo, símbolo de la inteligencia ¿fue un órgano de visión ante todo? (Cuatrecasas, J. 1968).

Si le hiciéramos esta pregunta a la psiconeurobiología ¿Que tiene la visión de diferente a los otros sentidos? Sin dudas ella respondería en forma categórica: células. Biológicamente el sistema visual es el que se encuentra más equipado en nuestro encéfalo. Pensamos y soñamos con imágenes. Es la forma en que construimos nuestro conocimiento del mundo y luego lo representamos a través del lenguaje. Nuestro cableado neuronal tiene mayoritariamente conexiones visuales que permiten manejar imágenes tanto en el plano consciente como en el no consciente. Son muy extensas las redes neurales que contienen células inherentes a la tramitación visual.

Como nos enseñara Frenquelli, en su paso como Profesor Titular de nuestra Cátedra, nuestra disciplina adhiere a tres principios epistémicos: estructuralismo, constructivismo y pragmatismo. Nos decía que el sistema nervioso es una estructura, inmanente a las relaciones, y que se construye constantemente por la acción.

Nosotros agregamos que la Psiconeurobiología sigue los principios existencialistas. Primero existimos, luego adquirimos la esencia. Aprendemos abstracciones a partir de otros seres humanos. Como lo expresara Hegel: “Si es cierto que el embrión es en sí un ser humano; no lo es sin embargo para sí. Para sí, el ser humano sólo es en cuanto a razón cultivada que se ha hecho a sí mismo lo que es en sí”.

La Psiconeurobiología investiga sobre seres humanos, también sobre animales; si bien son cerebros diferentes en tamaños y desarrollos, presentan una relación evolutiva, permite estudiar comportamientos más sencillos y desarrollar investigaciones que éticamente sería imposible realizar sobre seres humanos. No obstante, los animales de experimentación son igualmente respetados y la investigación sobre ellos tiene su marco ético que lo controla. Los estudios

que se realizan en psiconeurobiología son experimentales (mediante diseños específicos que permiten establecer las condiciones para que el investigador pueda registrar la variable dependiente a partir del efecto de la variable independiente, controlando las variables extrañas) y de análisis de casos (que constituyen fuentes de hipótesis para estudios experimentales). A su vez, los estudios podrán ser realizados con fines propios de la investigación básica, clínica aplicada o mixtos.

Entonces la Psiconeurobiología realiza investigación básica y aplicada, tanto sobre humanos como animales, y lo hace a través de estudios de casos y de diseños experimentales (Phinell J, 2007).

En el avance de esta disciplina debe destacarse el rol de la tecnología, ya que ha permitido alcanzar nuevos conocimientos de las bases biológicas de muchos procesos mentales. Para lograr sus objetivos se utilizan técnicas que permiten detectar áreas activas del cerebro mientras se realiza una determinada función (tomografía por emisión de positrones y resonancias magnéticas funcionales). El mecanismo consiste en someter al cerebro a la realización de un determinado ejercicio mental y observar la localización del aumento focal del flujo sanguíneo, el cual es necesario para poder abastecer de oxígeno a las neuronas que realizan dicha función o ejercicio mental. De este modo resulta posible explorar la actividad cerebral en sujetos vivos mientras realizan actividades cognitivas. Así se alcanzan las raíces de la relación mente-cerebro, pudiendo por ejemplo inferir la participación de la amígdala en los trastornos de ansiedad y el de la corteza prefrontal en la esquizofrenia.

Debe entonces comprenderse que **estudiar psiconeurobiología no significa limitarse a un determinismo biológico**. Si bien resulta claro que las redes neuronanatómicas se van estableciendo según una planificación genética, su poder y su efectividad no están predeterminadas, sino que quedan sujetas los vaivenes del medio ambiente, es decir a la experiencia del sujeto. Existen estudios de imágenes del cerebro que muestran como la corteza cerebral puede cambiar según las actividades de los sujetos; tal es el caso de la representación cortical de los dedos de la mano, que es más amplia en los músicos entrenados que en las personas que no se dedican a la música. Cada cerebro se moldea acorde al estímulo, al medio, a la experiencia. Es la base biológica de la individualidad, a partir de diferentes configuraciones cerebrales. (Soprano, A.M. 2005).

Recorrido histórico

El recorrido de la Psiconeurobiología a través de la Historia nos permite tomar una actitud crítica y reflexiva sobre varios aspectos de esta disciplina tan joven y antigua al mismo tiempo. Así, la historia nos va marcando hitos, hallazgos sorprendentes que han permitido abrir o cerrar caminos al crecimiento del cuerpo de conocimiento de la ciencia dedicada a la relación cerebro/conducta. Vamos a recordar a diferentes personalidades a lo largo de la historia que, con

grandes esfuerzos y con el aporte de su genialidad, han posibilitado notables hallazgos y descubrimientos.

Aunque parezca disparatado, todavía sigue vigente la idea de que el corazón representa la sede de la conciencia y del pensamiento, tal como lo sostenía Aristóteles (384-322 a.C.). Afirmaba que mientras la inteligencia y los afectos residían en el corazón, el cerebro cumplía la función de enfriar la sangre caliente que provenía del corazón. No obstante, ya en la Antigua Grecia, Hipócrates (460-379 a.C.), padre de la medicina occidental, sostenía con firmeza que el cerebro no sólo participaba en las sensaciones, sino también en la inteligencia.

Los hombres deben saber que el cerebro es el responsable exclusivo de las alegrías, placeres, risa y diversión, y la pena, aflicción, desaliento y las lamentaciones. Y gracias al cerebro, de manera especial, adquirimos sabiduría y conocimientos, y vemos, oímos y sabemos lo que es repugnante y lo que es bello, lo que es malo y lo que es bueno, lo que es dulce y lo que es insípido (...) Y gracias a este órgano nos volvemos locos y deliramos, y los miedos y terrores nos asaltan (...) Debemos soportar todo esto cuando el cerebro no está sano (...) Y en este sentido soy de la opinión de que esta víscera ejerce en el ser humano el mayor poder (Hipócrates).

Años más tarde, en plena vigencia del Imperio Romano, Galeno (130-200 a.C.) en consonancia con los conceptos hipocráticos respecto al cerebro, sostenía que además de ser el centro de nuestras percepciones, le añadía la función del movimiento. Galeno deducía las funciones a través de las formas, tal como sucede en la naturaleza donde la forma está al servicio de la función; por eso al encontrar blando al cerebro y duro al cerebelo, al primero le atribuyó la función de recibir las improntas de las sensaciones, al que también se adhieren las memorias, y al cerebelo le otorgó el sentido del movimiento. A partir de motivos erróneos comenzaba a deducir conclusiones funcionales de estas estructuras. Además, guiado por la curiosidad que le despertaba la relación entre el cerebro, el movimiento y las sensaciones, creyó encontrar la respuesta en las cavidades o ventrículos. De este modo, más tarde lo plasmó en su teoría del funcionamiento del cuerpo en base al equilibrio de los líquidos, considerando que circulaban por los nervios desde el cerebro hacia las extremidades y en sentido inverso. Empezaba así a incursionar en el sistema nervioso periférico. (Bear, M.Connors, B. Paradiso, M, 1998).

Con Hipócrates y Galeno comenzaba a comprenderse que el cerebro controlaba las sensaciones, el movimiento y el intelecto, además de empezar a considerarse la comunicación con el medio ambiente a través del nervio periférico. Es decir, que ya antes de Cristo se comenzaban a establecer las bases del sistema nervioso, hoy conocidas como sistema nervioso central y sistema nervioso periférico, analizadas desde una perspectiva neuroanatómica. También se empezaba a valorar al sistema nervioso somático (o de la vida de relación), desde la perspectiva de la neurofisiología. Ya se relacionaban los movimientos y las sensaciones con el sistema nervioso.

Luego de años de oscuridad en el conocimiento, en el Renacimiento Andreas Vesalio (1514-1564), marcó un hito en la historia de la Anatomía con su obra cumbre *De humani corporis fabrica* del año 1543; en ella, nos dejó las precisas descripciones anatómicas que realizó de todo el cuerpo humano, incluyendo al cerebro. En tanto, René Descartes (1596-1650), estaba convencido en que el ser humano tenía propiedades que lo hacían único, y que su intelecto y su alma se hallaban fuera del cerebro. En tal sentido denominó mente a una entidad espiritual que recibía las sensaciones e iniciaba los movimientos a través de una comunicación con el cerebro mediante la glándula pineal (Bear, M.Connors, B. Paradiso, M , 1998).

Entre los Siglos XVII y XVIII se distinguía en el cerebro la presencia de saliencias o circunvoluciones y de hendiduras, cisuras o surcos; también se diferenciaba la sustancia gris de la sustancia blanca. Años más tarde que Benjamin Franklin (1751) publicaba la comprensión de los fenómenos eléctricos, Luigi Galvani y Emil Reymond sostenían que los nervios eran estimulados eléctricamente a partir del cerebro para provocar el movimiento de los músculos. Suponían que dichas señales eran bidireccionales. En un sentido *movían*, y en el contrario *sentían*. Y la sección de dichos nervios provocaba pérdida del movimiento y de la sensibilidad. Con mayor precisión, el físico escocés Charles Bell y el fisiólogo francés Francois Magendie hicieron notar que próximo a la médula los nervios se dividen en dos porciones una ventral y otra dorsal; y seccionando la primera Bell demostró parálisis y cortando la segunda Magendie puso de manifiesto la transmisión sensorial. Así demostraron que en un nervio existen fibras motoras y sensitivas, que conducen cada una en una sola dirección pero reunidas bajo el mismo nervio.

En el Siglo XIX comienza un vertiginoso crecimiento en el conocimiento psiconeurobiológico. A continuación describiremos los principales sucesos:

Franz Joseph Gall, anatomista alemán, en el año 1809 relacionaba la superficie del cráneo con los rasgos de personalidad del sujeto, de modo que a través de las mediciones craneanas estimaba la bondad, la maldad, la generosidad y hasta la criminalidad. Eran los comienzos de la Frenología, que si bien era vista con desconfianza por los científicos rápidamente alcanzó notoria popularidad por su amplia divulgación. La réplica de Fluorens no se hizo esperar. Basándose en métodos experimentales demostraba que el tamaño de la cabeza no necesariamente se correspondía con el del cerebro; proponiendo además que todas las regiones del cerebro participaban en todas las funciones cerebrales. Eran tiempos de acaloradas discusiones entre los holistas, que seguían a Fluorens, y los localizacionistas, que respondían a Gall.

Paul Brocca (1824-1880), médico neurólogo, anatomista y antropólogo francés, hacía importantísimas contribuciones al conocimiento a través del método clínico. Influenciado por la idea de ligar una función del cerebro a una localización específica, Brocca presentó el caso de un paciente conocido como el Sr. Tan Tan, con severas alteraciones en la expresión del lenguaje, pero que conservaba la capacidad de comprenderlo. Luego del fallecimiento del paciente (1861), hizo extraer su cerebro y observó una lesión en el lóbulo frontal izquierdo, hecho que se repitió en otros pacientes con similar cuadro clínico. De esa manera, y desde ese momento, ha quedado demostrado que en dicha región se encuentra el área de producción del lenguaje o área de Brocca.

Phineas Gage, no fue un científico, siendo un obrero de los ferrocarriles en Vermont sufrió un accidente en el año 1848 que le produjo severos daños en el cerebro, muy especialmente en la zona del lóbulo frontal; luego, al recuperarse, presentaba grandes cambios en su personalidad, en sus emociones y en el comportamiento. De este modo se comenzó a relacionar a esa zona del cerebro con las funciones que Gage había cambiado.

En el año 1859 Charles Darwin publicó en su obra *El origen de las especies* su teoría de la evolución, según la cual las especies han evolucionado a partir de un antepasado común y la diferencia existente entre las especies se originaría a partir de un proceso de selección natural. Esta teoría revolucionó a toda la Biología; incluso las investigaciones arqueológicas y la moderna genética molecular respaldan esta teoría. Entre los rasgos hereditarios que podrían evolucionar, Darwin incluyó la conducta, como por ejemplo la respuesta ante el miedo que es muy ventajosa para facilitar la huida de los depredadores. Y debido a que la conducta refleja la actividad del sistema nervioso, los mecanismos del cerebro que controlan la respuesta del miedo serían similares en varias especies. Por ello actualmente se utilizan los estudios realizados en animales para compararlos con los que se esperaría en los humanos. (Se han usado ratas para evaluar respuesta de sustancias psicoactivas, calamares para estudiar la conducción del impulso nervioso). Siguiendo con la teoría darwiniana vemos como muchos rasgos conductuales se especializan según el entorno: los monos necesitan balancearse por tanto desarrollan muy bien el sentido de la vista; las ratas que requieren incursionar por variados túneles, desarrollan muy bien el tacto a través de sus bigotes.

En el año 1839 el zoólogo alemán Theodor Schwann comenzaba a proponer la teoría celular, según la cual todos los tejidos estarían formados por unidades microscópicas llamadas células. Para el estudio de los tejidos fue necesario el desarrollo de técnicas de fijación, como la desarrollada por Nissl que permitió diferenciar a las neuronas de la glía, y la diseñada por Golgi que diferenciaba diferentes partes de las neuronas como el soma, las dendritas y los axones. Finalmente fue Santiago Ramón y Cajal, que usando la técnica de Golgi, estableció la teoría celular conocida como la Doctrina Neuronal, según la cual las neuronas se comunican por contacto y no por continuidad; contrariamente a la teoría del reticulado de Golgi en la que las neuronas formaban una red continua. Ambos obtuvieron el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en el año 1906. No obstante, la confirmación de la teoría de Ramón y Cajal tuvo que esperar al advenimiento del microscopio electrónico en la década del cincuenta.

A fines del siglo XIX merece destacarse la figura del padre del psicoanálisis, Sigmund Freud, quien en sus inicios como médico supo inclinarse hacia la neuropatología y a la neurología, trabajando junto a Jean Martín Charcot en el Servicio de Neurología de Salpêtrière. Como testimonio de su antecedente psiconeurobiológico merece destacarse su obra *Proyecto de una Psicología para Neurólogos* del año 1895. De igual modo, la presencia de un micrótomo de su propiedad, que usaba para cortar tejido cerebral, señalan su inquietud neurobiológica. Actualmente luce en su casa-museo de la ciudad de Viena (El micrótomo es un instrumento que sirve para cortar los tejidos y luego observarlos al microscopio).

A principios del siglo XX, en el año 1904 el fisiólogo ruso Ivan Petrovich Pavlov obtenía el Premio Nobel por sus experimentos sobre el reflejo condicionado en animales y en el año 1909 Korbinian Brodmann, neurólogo alemán, dedicaba su tiempo a estudiar la corteza cerebral, estableciendo una división de la misma en 47 regiones, basándose en las diferencias citoarquitectónicas que observaba. No obstante, aún persiste la discusión si en realidad no fueron 52 las regiones descritas.

Años más tarde el psicólogo americano Karl Lashley, a partir de las consecuencias comportamentales producidas en las lesiones cerebrales, intentaba localizar a la memoria en el cerebro. Sus infructuosos intentos sugerían una amplia distribución de esta función, rechazando la idea localizacionista que tanto lo seducía. Uno de sus mejores discípulos, el canadiense Donald Hebb, en el año 1949 afirmaba que las conexiones de las redes neuronales formaban parte de las complejas conductas cognitivas, estableciendo la hipótesis conocida como ley de Hebb en la cual postulaba que las neuronas fortalecen sus conexiones a través del uso, y que dichas conexiones, inicialmente aleatorias, podían alcanzar cierta organización luego de los estímulos aferentes al sistema nervioso.

En este período merece destacarse la figura de Charles Sherrington, notable científico inglés y Premio Nobel en el año 1932. Formuló la moderna noción del reflejo, modelo en que el sistema nervioso periférico y la médula espinal (sistema nervioso central) conectan la sensación y la acción. Ubicando al reflejo como la reacción unitaria de la integración nerviosa, construyó el modelo en el que el sistema nervioso conectaba los sucesos sensoriales con las respuestas motoras. De este modo se conformaba en el sistema nervioso un sistema completo, integrado y totalmente determinado. En reconocimiento a la contribución que realizara a la ciencia sus colegas lo recordaban como el Newton del siglo XX.

Finalmente, en pleno siglo XX, destacamos a los siguientes investigadores que con sus aportes han revolucionado el campo de la psiconeurobiología:

Eric Kandel, psiquiatra y neurocientífico vienés, Premio Nobel de Fisiología y Medicina en el año 2000, se destacó por los estudios neuronales en el caracol marino llamado *Aplysia*. Hizo una notable contribución en la descripción de las bases neurales de la memoria. Estableció los principios de la neurociencia, que actualmente guían y enmarcan a nuestra disciplina psiconeurobiológica,

Antonio Damasio, profesor de Neurociencia, Neurología y Psicología en la Universidad de California, convencido de que las teorías tradicionales sobre la naturaleza de la racionalidad no podían ser correctas, se dedicó al estudio de las bases neurales de la razón, de las emociones y de los sentimientos, como magistralmente lo expresa en su obra titulada *El error de Descartes*,

Joseph LeDoux, profesor del Centro de Neurología de la Universidad de Nueva York, estudió los mecanismos cerebrales de las emociones estableciendo las bases neurales del miedo aprendido, el cual se apoya en circuitos neurales que transmiten la información sensorial del tálamo a la amígdala, sin intervención de la corteza cerebral; por tanto, un procesamiento emocional no conciente,

Giacomo Rizzolatti, en el año 1996, junto a L. Fogassi y V. Gallese en la Universidad de Parma, describieron un tipo de células denominadas más tarde como neuronas espejo, ya que se activan tanto cuando un animal o una persona ejecuta una acción como cuando observa esa misma acción al ser realizada por otro individuo de la misma especie. Estas neuronas desempeñan una importante función en las capacidades cognitivas que se vinculan con la vida social, como la imitación y la empatía, y Michael Gazzaniga, Profesor de Psicología de la Universidad de California, que realizó un Doctorado en Psicobiología, y obtuvo reconocimiento por sus trabajos de lateralización del cerebro y la comunicación de ambos hemisferios cerebrales. Siempre sostuvo que el cerebro fabrica el pensamiento, pero según sus palabras: “cómo lo fabrica es el motivo por el cual cada mañana salta uno de la cama con energía y lleno de proyectos”. Dueño de una especial capacidad en la divulgación, ha escrito varios textos para los legos en la disciplina respecto al proceso de interacción que estudiamos en psiconeurobiología. Cuando una vez le preguntaron cómo será una sociedad en Marte, Gazzaniga, dueño de un estilo tan particular, explicó que los seres humanos desembarcarán en Marte con sus cerebros, y que combinados con los nuevos entornos se llegará a nuevos resultados, pero los elementos biológicos, que no han cambiado desde hace miles de años, harán que un sábado a la tarde en Marte sus habitantes seguirán disfrutando de una cerveza fría mientras miran un partido de la liga de fútbol (Meyer, Catherine 2010).

En conclusión, de todos los aportes que fueron realizándose a lo largo de la historia, al momento actual, acorde al estado de los conocimientos y a la importancia de la Psiconeurobiología en la formación profesional de un Psicólogo, creemos necesario subrayar la postura de Freud ante la Biología y el aporte trascendental de Kandel a través de sus principios de neurociencia. En estos principios Kandel, con un formato simple, sencillo y ameno, nos enseña que todos los procesos mentales tienen su base en el cerebro, que los genes expresan las conexiones sinápticas que intervienen en el comportamiento de un sujeto, pero las mismas se modifican por estímulos del medio y del aprendizaje, de modo que todo lo que se aprende se transforma en algo tangible; estos cambios fundamentan biológicamente al concepto de individualidad. Y de modo contundente, Kandel nos enseña como la intervención psicológica, en cualquiera de sus formas, actúa modificando las conexiones sinápticas (Kandel, E. 2006).

El Sistema Nervioso

Comenzaremos el estudio del sistema nervioso (S.N.) haciendo una clasificación básica, sencilla e integradora. Luego estableceremos las bases del procesamiento de la información, continuaremos con la descripción de los compartimentos que se interrelacionan, y seguiremos con las bases neuroanatómicas de las conexiones sinápticas. Finalmente realizaremos consideraciones introductorias a la ontogenia y a la filogenia del sistema nervioso.

Clasificación del sistema nervioso

Se puede clasificar tanto desde un punto de vista neuroanatómico como neurofisiológico. En relación a la neuroanatomía podemos dividirlo en sistema nervioso central y sistema nervioso periférico; y desde la neurofisiología, en sistema nervioso somático (o de la vida de relación) y sistema nervioso autónomo (o vegetativo).

El Sistema Nervioso Central (S.N.C) es el que se encuentra dentro del estuche óseo formado por el cráneo y el conducto raquídeo; dentro del cráneo se halla el encéfalo (cerebro, tronco cerebral y cerebelo), y en el interior del conducto raquídeo se encuentra la médula espinal. El tronco cerebral se halla conformado por el mesencéfalo, la protuberancia y el bulbo.

El Sistema Nervioso Periférico (S.N.P) está conformado por los nervios periféricos que emergen del sistema nervioso central; los nervios que nacen de la médula espinal se llaman nervios espinales o raquídeos y los que lo hacen desde el encéfalo se denominan nervios craneales. Todos los nervios periféricos existen en pares, por lo que se los denomina pares craneales o pares raquídeos.

El Sistema Nervioso Somático (S.N.S) o de la Vida de Relación es el encargado de vincular al sistema nervioso con el medio ambiente (permite su interrelación con el medio) y lo hace a través de diferentes funciones, tales como la sensorio-motricidad y las funciones cerebrales superiores.

El Sistema Nervioso Autónomo (S.N.A) o de la Vida Vegetativa es aquel que permite el equilibrio interno del organismo sin su control voluntario; es decir, el que permite el funcionamiento propio de nuestras vísceras.

El S.N. se caracteriza por una organización basada en la interrelación entre cada una de sus estructuras y de sus funciones. Así por ejemplo existen funciones de la vida de relación en el S.N.C. y en el S.N.P., de igual modo el S.N.A se halla tanto en el S.N.C como en el S.N.P. Por ejemplo, podemos apreciar que la sensoriomotricidad se lleva a cabo a través de estructuras existentes en el sistema nervioso central y también en el sistema nervioso periférico. Es decir, que la orden es impartida desde el cerebro, y la ejecución es realizada por los nervios periféricos, vinculando así al interior con el exterior del sujeto. De la misma manera, y como ejemplo, el sistema nervioso autónomo, regula la temperatura y se activa ante diversos estados emocionales; en el caso de estar ante una situación que nos provoca miedo el cerebro activará una respuesta (sistema nervioso central) que provocará la sudoración (conducida por los nervios periféricos).

Volviendo a la descripción del sistema nervioso central, describiremos brevemente a la estructura más evolucionada de nuestro encéfalo: el cerebro. Se halla compuesto por dos hemisferios cerebrales, muy similares morfológicamente y diferentes funcionalmente. Ambos hemisferios se mantienen conectados por las comisuras interhemisféricas, a través de axones que transcurren en su interior. Si bien son varias las comisuras interhemisféricas existentes, las que

consideraremos a los fines de la psiconeurobiología son dos: el cuerpo calloso y el fórnix o trígono cerebral. El cuerpo calloso tiene una disposición alargada en sentido ántero-posterior con dos extremos más prominentes: el anterior o rodilla y el posterior o rodete; el trígono cerebral (o fórnix) con una morfología muy particular se asemeja a la conformación de una silla sin respaldo, con cuatro prolongaciones que se asemejan a las patas de esa silla. Tiene entonces una porción central, de la que se desprenden cuatro prolongaciones que se arquean y terminan en cuatro estructuras abultadas, dos tubérculos mamilares hacia delante y dos complejos amigdalinos hacia abajo y atrás.

Los hemisferios cerebrales son estructuras que han evolucionado ontogénicamente a partir de la diferenciación del telencéfalo; en tanto, las estructuras que provienen del diencefalo, representadas por el tálamo y el complejo talámico, quedan incluidas dentro del telencéfalo.

Los tálamos son dos estructuras ovoides, ubicadas una junto a la otra, con el eje mayor horizontal, separadas ambas por un espacio o cavidad ventricular; en tanto, el complejo talámico, se halla integrado por aquellas estructuras que se encuentran alrededor de los tálamos: el epitálamo, el metatálamo, el subtálamo y el hipotálamo. Acorde a su denominación, el epitálamo está por arriba, el metatálamo por detrás, el sub y el hipotálamo por debajo del tálamo.

Analicemos ahora cuál es la función de cada uno de ellos:

el epitálamo, contiene a la epífisis o glándula pineal, considerada por Descartes como el punto de reunión entre el cuerpo y la mente. Actualmente conocemos su participación en los mecanismos del sueño,

el metatálamo, conformado por dos núcleos ubicados en el extremo posterior de ambos tálamos y denominados cuerpos geniculados, que se hallan conectados a los tubérculos cuadrigéminos de la cara posterior del mesencéfalo y representan un importante centro sensorial. Las imágenes en su recorrido por el circuito visual transitan por el metatálamo, luego de ser recepcionadas en la retina y antes de su llegada a la corteza visual del lóbulo occipital. De igual modo transitan los sonidos, en su trayecto entre la recepción en el oído y su arribo a la corteza auditiva del lóbulo temporal.

el subtálamo se halla por debajo del tálamo y, del mismo modo que en el caso anterior, está muy próximo y conectado con el mesencéfalo, en este caso con el locus niger o sustancia negra, participando junto a ella en el control de los movimientos involuntarios.

el hipotálamo, justo por debajo del tálamo, se halla en una posición óptima para ejercer el control endócrino y del medio interno de todo el organismo, participando además en la regulación de la alimentación y la sexualidad. Lo desarrollaremos en el Capítulo 5.

Procesamiento de la información

Con fines didácticos y para facilitar la comprensión de la complejidad del sistema nervioso, analizaremos cómo hacemos lo que hacemos a diario; es decir, como es el procesamiento de la información a través del sistema nervioso. En nuestra vida de relación la información ingresa a través de la modalidad sensitiva/sensorial y egresa como movimiento; por lo tanto, podemos decir que si ingresa lo hace desde el exterior hacia el cerebro, y si egresa lo hará desde el cerebro al exterior. Toda información que ingresa al sistema nervioso es ascendente, porque tiene que llegar al punto más alto (tanto en lo morfológico como en lo funcional), que es el cerebro. Decimos que la información sube hasta el cerebro, siendo también llamada ascendente, aferente o centrípeta. Esa modalidad será sensitiva/sensorial. Por el contrario, toda información que sale del sistema nervioso será descendente porque baja del cerebro, siendo también denominada eferente o centrífuga. Esta modalidad es el movimiento. De este modo establecemos las bases de la sensoriomotricidad, dónde la información sube y baja con respecto al cerebro, es decir sube desde el exterior hasta el cerebro y baja desde el cerebro al exterior. En el modelo de organización funcional del sistema nervioso de Tamaroff y Allegri, los autores hacen una descripción simple y útil del funcionamiento cerebral neuropsicológico. En este modelo describen un sistema jerarquizado con 3 niveles funcionales representados por la corteza cerebral primaria, secundaria y terciaria o de asociación, las cuales respectivamente constituyen los niveles sensorio-motor, gnóstico-práxico y de simbolización respectivamente; un sistema supramodal prefrontal, para el control e iniciativa; dos sistemas en paralelo, la emoción y la memoria, representados por el sistema límbico; y un sistema de alerta, lugar de asiento del despertar cognitivo y vinculado con el tronco encefálico (Tamaroff-Allegri 1995).

Compartimentos intracraneanos

Existen tres compartimentos dentro del cráneo, y si bien el principal es el S.N., existen otros dos: el sistema de irrigación vascular y el sistema del líquido cefalorraquídeo. Los tres en su conjunto están íntimamente relacionados. Analizaremos cada uno de ellos.

el sistema nervioso: constituido por un parénquima, el cual se halla representado por las neuronas y la neuroglia.

Las neuronas constituyen la unidad anatómica y fisiológica del S.N., su cuerpo tiene un tamaño que oscila entre 50 y 100 micrones y existen aproximadamente 1.000.000.000.000 en nuestro cerebro. Todas ellas tienen un cuerpo o soma (centro metabólico, cuyo núcleo contiene el material genético que transmite instrucciones para producir proteínas necesarias para su funcionamiento), dendritas (finas arborizaciones que constituyen el aparato receptor de la neurona que recoge la información procedente de otras neuronas) y el cilindroeje o axón (unidad conductora que suministra el paso para las moléculas fabricadas en el cuerpo y llevadas por este axón ha-

cia su terminación mediante la transmisión axonal). Interesa puntualizar que el axón representa lo que se denomina fibra nerviosa, de las que existen 2 tipos: mielínicas y amielínicas, según se halle recubierto o no de mielina, sustancia que la recubre y que es importantísima en la conducción del impulso nervioso. Las prolongaciones neuronales permiten establecer contactos o sinapsis entre neuronas, que en promedio cada una de ellas recibe 10.000 contactos, otras hasta 150.000; de modo que pone de manifiesto la complejidad de esta red interconectada mucho mayor a los ordenadores más sofisticados. Son precisamente estas prolongaciones que permiten clasificar a las neuronas en uni, bi, multi y pseudounipolares.

La neuroglia o glía, está formada por pequeñas células redondeadas, dispuestas en todo el sistema nervioso central, 10 a 50 veces más numerosas que las neuronas, pero sin capacidad de generar el impulso nervioso y su función es muy variada: de sostén, de depuración, de fabricación de mielina, de nutrición y de defensa, conformada por los astrocitos, los oligodendrocitos, la microglia y las células ependimarias (Habib, M. 1994).

el sistema del líquido cefalorraquídeo (L.C.R.), que se encuentra circulando por espacios propios como el sistema ventricular y el espacio subaracnoideo. Son dos compartimentos diferentes pero comunicados; es decir, que el sistema ventricular se comunica con el espacio subaracnoideo y en ambos circula el L.C.R. El volumen total del líquido se calcula en 150 cm³, se genera aproximadamente a una tasa de 500 cm³ por día, que se renueva cada 8 horas, y

el sistema vascular con la sangre circulante, que aporta a las células los nutrientes y la oxigenación necesaria para su metabolismo. La sangre accede a las células a través de un sistema arterial, y se retira llevándose los productos de desecho por medio del sistema venoso. Con el fin de acercarnos a la realidad funcional de este comportamiento basta con pensar que el flujo sanguíneo del cerebro está estimado en 55 ml/100g/ min, es decir, circulan 55 mililitros por cada 100 gramos de tejido cerebral por minuto.

Estos tres compartimentos interactúan de modo dinámico, cada uno de ellos ejerce directa influencia sobre los otros dos. A modo de ejemplo y para comprender modelos clínicos, citaremos el caso del sujeto que presenta un deterioro de sus funciones cognitivas, cuyo grado máximo constituye el síndrome demencial. Entonces, a la luz de los compartimentos mencionados y de su recíproca interacción, debemos tener en cuenta que el origen de ese deterioro bien pudo surgir de uno u otro compartimento. En el caso de que el inicio dependa de una alteración del tejido nervioso, estaríamos frente al modelo de una enfermedad neurodegenerativa como la enfermedad de Alzheimer. El trastorno radicaría en una alteración defectuosa en el circuito colinérgico y en el circuito glutamatérgico. Pero si el inicio se encuentra relacionado con el compartimento vascular, la insuficiencia del flujo sanguíneo cerebral determina una falla secundaria de los circuitos antes mencionados. Y si el origen depende del compartimento del líquido cefalorraquídeo, una compresión mecánica de dicho líquido producido en exceso podría

afectar a estructuras que contengan los circuitos colinérgicos y glutamatérgicos. En definitiva, la falla del circuito es la base neural subyacente. Lo diferente es el origen de dicha disfunción, primaria en el primer caso, y secundaria en las otras dos; ya sea por un menor aporte de la circulación sanguínea o por un exceso de líquido cefalorraquídeo respectivamente.

Conexiones neuroanatómicas.

La conectividad neuroanatómica representa el modo en que una neurona se comunica con otra a través de una conexión o sinapsis. Debemos pensar al sistema nervioso como un conjunto de circuitos o vías de conducción nerviosa. Por eso hablamos de *cableados neuronales* o redes neurales. Una neurona se comunica con otra por medio de una sinapsis, a su vez esta segunda neurona se comunicará con una tercera y así sucesivamente.

Existen neuronas que conforman un circuito o vía de conducción motora (especializada para ejercer el movimiento), otras forman una vía sensitiva (encargada para recepcionar la sensibilidad), otras para formar vías sensoriales (reciben estímulos de los sentidos). También hay circuitos emocionales, mnésicos, atencionales, cognitivos.

Comprender el fundamento de dichas conexiones y circuitos requiere tener presente la diferencia entre la sustancia gris y la sustancia blanca. La gris es aquella donde asienta predominantemente un conjunto de cuerpos de neuronas (conformando núcleos y corteza). La sustancia blanca representa el lugar donde transcurre el conjunto de axones rodeados de mielina. La información que se tramita en el sistema nervioso es procesada por la sustancia gris y conducida por la sustancia blanca.

Tanto la sustancia gris como la sustancia blanca se hallan sistematizadas, es decir, ordenadas; de modo tal que por ejemplo, para el caso de la sustancia blanca existen axones que transcurren por una región y otros por otra. La distribución de la sustancia blanca y gris en cada porción del sistema nervioso central es diferente. El cerebro y el cerebelo presentan una delgada corteza de sustancia gris que los envuelve, y el interior presenta sustancia blanca, dentro de la cual existen agrupamientos de sustancia gris que constituyen los núcleos. En tanto, el tronco encefálico y la médula espinal son estructuras que carecen de corteza cerebral, están solamente formados por sustancia blanca que tiene núcleos en su interior.

Los núcleos cerebrales serán diencefálicos o telencefálicos, los núcleos del tronco cerebral serán los propios del tronco o los de los nervios craneales, los del cerebelo, aquellos que forman parte de sus tres componentes funcionales y los de la médula serán motores (propios de la neurona motora que a nivel segmentario representa a la neurona efectora) o sensitivos (constituyendo la neurona de ingreso al sistema nervioso central).

Ontogenia del sistema nervioso

La hoja ectodérmica del embrión luego de plegarse forma un tubo neural que se cierra en sus extremos, y se divide progresivamente. Pasa así por un estado de 3 vesículas (Prosencéfalo, Mesencéfalo y Rombencéfalo) y luego de 5 vesículas, ya que el Prosencéfalo originará el Telencéfalo y el Diencefalo; el Mesencéfalo quedará igual porque es indiviso, y sólo se diferencia; y finalmente el Rombencéfalo dará origen al Metencéfalo y el Mielencéfalo.

Cada una de las 5 vesículas formará las estructuras nerviosas definitivas:

El Telencéfalo se diferenciará en los hemisferios cerebrales, el Diencefalo en los tálamos y el complejo talámico, el Mesencéfalo (en los pedúnculos cerebrales con la lámina cuadrigémina), el Metencéfalo en la Protuberancia y parte del cerebelo, y el Mielencéfalo en el resto del cerebelo y el Bulbo raquídeo.

Este recorrido ontogénico del sistema nervioso, poco contribuye al conocimiento psiconeurobiológico; lo que sí adquiere máxima significación es el desarrollo ontogénico de la corteza cerebral, importante escenario en el campo psiconeurobiológico.

El desarrollo evolutivo de la corteza cerebral consta de diferentes etapas: neurogénesis, migración, diferenciación, sinaptogénesis, muerte celular, reorganización sináptica.

La neurogénesis se produce luego de que la placa neural estimulada por sustancias químicas de la estructura subyacente o mesodermo forma el tubo neural, que originará a las diferentes vesículas.

La migración, comienza con las células nerviosas aún inmaduras, que viajando por el sistema nervioso van proyectándose hacia diferentes regiones y en distintos tiempos.

La diferenciación se realiza a través del crecimiento de las dendritas y de los axones, que se van orientando a objetivos específicos y establecen así la identidad de cada neurona.

La sinaptogénesis permite la comunicación de una neurona con otra, luego de haber encontrado el objetivo específico.

La muerte celular, constituye un hecho fundamental en el desarrollo del cerebro, ya que al formarse casi el doble de células nerviosas que se necesitan, resulta necesario que sobrevivan las más aptas; por eso se realiza una selección darwiniana en diferentes momentos evolutivos y en distintas partes del sistema nervioso.

La reorganización sináptica culmina con el ordenamiento de los espacios vacantes dejados por las neuronas muertas, siendo ocupados por aquellas que permanecieron vivas gracias a haber establecido una adecuada conexión sináptica, quedando así establecida una selectiva conexión neuronal del total del cableado cerebral. (Rosenzweig et al 2001).

Filogenia del sistema nervioso

La filogenia del sistema nervioso central, a través de una breve reseña evolutiva, nos permite observar rasgos que compartimos con otras especies, tanto en la estructura biológica como en el comportamiento. De este modo, las diferentes estructuras, propias de cada especie, presentan particulares diseños que permiten adaptarse al medio en el que viven y mantener el equilibrio. Como expresara Spengler cualquiera que sea el relativo significado de la palabra progreso en Biología, hoy se acepta que representa un mayor control sobre el medio y la mayor independencia con respecto al mismo.

Mediante una combinación de diversos factores, el hombre fue capaz de aprovecharse de su ambiente en una gran variedad de formas, llegando a gobernarlo mejor que cualquier otro organismo. Precisamente por esta realidad objetiva del dominio que el hombre ejerce sobre el ambiente, se puede afirmar que representa en la actualidad el tipo biológicamente dominante (Cuatrecasas, J 1962).

Haciendo un recorrido evolutivo es posible estimar la aparición de vida hace aproximadamente unos 4000 millones de años. Los homínidos aparecieron hace unos 6 millones de años, desarrollando comportamientos necesarios para adaptarse a la supervivencia sobre la faz de la Tierra. Desde ese entonces el cerebro se fue modificando y adaptando, aunque con cambios evolutivos extraordinariamente lentos. El cerebro humano de la actualidad es considerado muy similar al del homo sapiens de hace 150.000 años, el cual estaba especialmente diseñado y equipado para responder a los desafíos de esos tiempos. El cerebro estaba preparado para responder al miedo que le provocaba enfrentarse a un depredador de la especie. Hoy tenemos el mismo cerebro con el mismo dispositivo pero para responder al miedo que nos provoca la inseguridad o, en alguno de nosotros, el vertiginoso desarrollo de la moderna tecnología. Distintos miedos, el mismo cerebro.

Este cerebro tan antiguo, que evolucionó en el tiempo y que cambió pero no tanto, es el fundamento que llevó a McLean a elaborar la teoría del encéfalo triuno o encéfalo triúnic. El autor propone que las regiones más antiguas del encéfalo se mantuvieron a lo largo de la evolución, pero se le fueron agregando otras regiones con funciones más evolucionadas. La separación que propone McLean no es tan rígida, de modo que debemos pensarla en forma interrelacionada, y no como compartimentos estancos. Se trata de una teoría que debe analizarse con precaución. En definitiva, se trata de una red que nos permite relacionar nuestro comportamiento con nuestra propia historia evolutiva, y que funciona como un todo en forma integral.

La hipótesis más innovadora y personal que un neurólogo haya hecho jamás de la organización funcional de esta unidad global del sistema nervioso es la que formuló en el siglo pasado J.H. Jackson. Para este autor, el sistema nervioso se organizaba en una serie de niveles, según un principio de subordinación, de tal manera que en el nivel de grado más elevado estarían representadas las fun-

ciones del nivel inmediato inferior, de modo cada vez “más complejo”, “menos automático”, y “menos organizado”. La doctrina de la evolución —exponía Jackson— implica el paso desde lo más organizado a lo menos organizado, o, en otros términos, de lo más general a lo más especial. Las disposiciones nerviosas superiores, evolucionadas de las inferiores, dominan a estas últimas. Si éste es el procedimiento de la evolución, el proceso inverso de la disolución no puede limitarse a ser una eliminación de lo superior, sino que lleva a cabo una liberación de lo inferior”. Esta concepción en niveles, implicaba, pues la idea de que cuando acontecía la “disolución” funcional de un determinado nivel superior, se producía una “liberación “de los niveles inferiores, una suerte de “desenfreno” de los mismos. Esta sería una de las consecuencias de los procesos que destruyen la capacidad funcional de un determinado nivel, siendo la otra consecuencia la presencia de síntomas de déficit debidos a este mismo fallo funcional. En cambio, en los procesos irritativos o que descargan, los síntomas serían esencialmente debidos al paroxismo de la función exaltada (Barraquer Bordas, LI 1998).

Acorde a la concepción del encéfalo triúnico de McLean, algunas regiones del cerebro quedaron a cargo de respuestas estereotipadas y puramente instintivas, otras se agregaron para poder aprender de la experiencia, adaptarse al medio de manera adaptativa y ser apta para la resolución de problemas. Entonces, al encéfalo primitivo, instintivo o reptiliano, se le sumaron el mamífero, emocional o límbica y finalmente el encéfalo neocortical o cognitivo ejecutivo

Primer encéfalo: el primer dispositivo que se adquiere en la evolución contiene respuestas muy sencillas, instintivas y programadas en sus genes, que permiten al sujeto situarlo en el momento presente; no resulta posible utilizar este equipamiento para planear un futuro ni para guardar información a través del aprendizaje. Este dispositivo mantiene el equilibrio, regula la homeostasis del ser vivo y permite respuestas aptas para la supervivencia de la especie, interviniendo en el comportamiento alimentario y el comportamiento sexual.

Haciendo una visión integradora es el encéfalo que utiliza el ser vivo, en nuestro caso el sujeto humano, para identificarse jerárquicamente, demarcar el territorio, resistir al cambio y para ejercer libremente la sexualidad. Comportamientos muy estudiados en comunidades de homínidos, pero no resulta nada complejo imaginarnos esas conductas en el hombre actual, sea en el ámbito de una empresa, de un colegio o de un estadio de fútbol. Basta como ejemplo ver como muchos sujetos, que se autodenominan hinchas de fútbol, despliegan con violencia comportamientos para identificarse jerárquicamente, demarcar su territorio y mantenerse en una propia zona de confort que ellos mismos construyen.

En la actualidad, este encéfalo resulta de suma utilidad en la puesta en marcha de reacciones durante situaciones de peligro (por ejemplo aumenta la frecuencia cardíaca, aumenta la frecuencia respiratoria, se distribuye mayor cantidad de sangre hacia los músculos que se preparan para escapar). Esta activación puede también obedecer a nuestro comportamiento instintivo, como cuando no ejercemos un adecuado control del encéfalo emocional, y nos entregamos a nuestras conductas más primitivas.

Las estructuras que representan este primer encéfalo son: el hipotálamo, el tronco encefálico (mesencéfalo, protuberancia y bulbo) y el cerebelo.

Segundo encéfalo: a medida que el encéfalo evolucionaba a lo largo de la historia, los requerimientos del medio exigían más y más. Eran tiempos donde resultaba necesario comenzar a guardar información con el fin de aprender, y desarrollar mecanismos emocionales para responder en forma más apropiada. A las primitivas reacciones instintivas se le agregaron otras modalidades de respuestas, donde las mismas variaban según el mecanismo emocional que se generaba por cada uno de los estímulos. Este nuevo encéfalo mamífero, desarrolló el sistema límbico, estructura que representaba a las redes emocionales y se caracterizaba por el continuo cambio estructural. En este encéfalo las redes se van construyendo y deconstruyendo a medida que interactúa con el medio ambiente, determinando diferentes respuestas y sentimientos. En esta red comienzan a moldearse las respuestas para la supervivencia de la especie, se comienzan a guardar para poder quedar disponibles cuando en otras ocasiones sean necesarias. Con este encéfalo comienza la interacción y la cooperación entre pares, se inicia el desarrollo del cerebro social, adquiriendo relevancia la cooperación y los sentimientos entre individuos de la misma especie.

Este encéfalo descansa en el sistema límbico, red neuronal que hilvana diferentes estructuras como el tálamo, la amígdala, el núcleo accumbens, los núcleos septales y el hipocampo.

Entonces, hasta aquí y por medio de los dos encéfalos considerados, los estímulos del entorno son evaluados mediante la valoración placer-dolor, inicialmente en el encéfalo instintivo, donde se encuentra codificada genéticamente, y luego en el sistema límbico donde se halla consolidada por el aprendizaje emocional.

Tercer encéfalo: Finalmente una estructura de la última etapa evolutiva y encargada de cubrir y envolver a todo el cerebro: la corteza cerebral. Es la estructura que nos diferencia y nos distingue acabadamente de todas las especies animales. Representa al encéfalo cognitivo-ejecutivo y corresponde al 85 % del volumen cerebral, en tanto el 10% le corresponde al emocional y el 5% al instintivo. Pese a la significativa diferencia volumétrica, es de destacar que tanto el encéfalo emocional como el instintivo tienen una importantísima función en la puesta en marcha de un comportamiento. Tal es así, que actúan inicialmente ante un estímulo del mundo exterior. El desarrollo evolutivo de la corteza cerebral permite una mayor gama de recursos para el manejo de la información; sino quedaríamos limitados a respuestas aprendidas primarias. Surge así una mayor capacidad de aprendizaje y de asociación que permite el desarrollo de conductas mucho más complejas y útiles para la adaptación y la supervivencia. Pero también han surgido llamativos cambios en genes específicos, por ejemplo una variante de hace aproximadamente 6 mil años, que coincide con las primeras expresiones del lenguaje escrito que se tiene conocimiento (Perez, Marcial, 2014).

La corteza constituye el sustrato de la percepción sensorial, la generación de las órdenes motoras, el lenguaje, la representación espacial y el pensamiento consciente. Se reparte en los hemisferios derecho e izquierdo, compartiendo las funciones sensoriomotoras y diferenciándose en funciones específicas. Así, el izquierdo predomina cuando se asumen las funciones lógi-

cas, analíticas y de síntesis; el derecho se destaca en el procesamiento imaginativo, creativo y asociativo, controla un funcionamiento holístico y de organización espacial.

En la línea del tiempo, el encéfalo instintivo representa al presente, el emocional al pasado y el cognitivo ejecutivo al futuro. La antigua antinomia pasión/razón se hallaría representada bajo un nuevo formato: encéfalo emocional/ encéfalo cognitivo ejecutivo.

Al llegar al final del Capítulo se recomienda leer la Introducción del Libro.

Síntesis conceptual

- 1) Establezca diferencias y similitudes entre la Neurociencia y la Psiconeurobiología.
- 2) Tome 3 autores de la historia de la neurociencia e indique sus aportes.
- 3) Realice un gráfico que permita interpretar la clasificación del sistema nervioso.
- 4) Señale un modelo de disfunción de la teoría de los compartimentos.
- 5) Realice esquemas de secciones o cortes horizontales del cerebro, del tronco cerebral en cada uno de los tres niveles: mesencefálico, protuberancial y bulbar, del cerebelo y de la médula espinal. Sobre los mismos grafique la distribución de la sustancia gris y de la sustancia blanca.
- 6) Esquematice los procesos del desarrollo cortical.
- 7) Realice un gráfico explicativo de la teoría del encéfalo triúnico de Mc Lean.
- 8) Realice un esquema del modelo de Tamaroff-Allegri y relate dos ejemplos de procesamiento de la información en el sistema nervioso.
- 9) Relacione los siguientes conceptos: sustancia blanca, sustancia gris y vías de conducción.
- 10) ¿Es necesaria esta disciplina en la formación del Psicólogo? Fundamente la respuesta.

Referencias

- Aristóteles. Libro I, Capítulo 1. *Metafísica* (p.15). Ed. Libertador
- Armstrong, T (2012) Las ventajas de la ansiedad. En Armstrong, T. *El Poder de la Neurodiversidad*. (pp 124-125) Ed. Paidós
- Barraquer Bordas (1998). Niveles y transacciones. Crítica del concepto de centro. En *El sistema nervioso como un todo*.(pp 21-22). Ed. Masson
- Bear, M.Connors, B. Paradiso,M (1998). Introducción a la neurociencia. En *Neurociencia. Explorando el cerebro*. (pp 4-11). Ed Masson Williams & Wilkins.
- Carlson, N. (2006) Introducción. En Carlson,N. *Fisiología de la Conducta*. (pp.2-3).Ed. Pearson.
- Cuatrecasas, J (1962) El Hombre, animal óptico. En *El hombre, animal óptico*. (pp.31-32) Ed. Eudeba
- Estany, A (2013) La filosofía en el marco de las neurociencias. *Revista de Neurología* 2013; 56 (6). (pp. 344-348)

- García-Albea (2011) Usos y abusos de lo 'neuro' *Revista de Neurología* 2011; 52 (10). (pp. 577-580).
- Habib, M (1994). Componentes celulares del sistema nervioso central. En *Bases Neurológicas de las conductas*. (pp. 9-11)
- Kandel, Eric (2006). *Un nuevo marco intelectual para la psiquiatría. Psiquiatría, Psiconanálisis y la Nueva Biología de la Mente*. (pp.40-42). Ed. Ars Médica
- Bruyer, Raymond (2010). La Biología de la Mente. En Meyer, Catherine. *Los Nuevos Psi*. (pp. 424-433) Ed. Sudamericana.
- Perez, Marcial (2014). ¿Cómo aprende el cerebro?. En *Cerebro que aprende*. (pp. 81-88) Ed. Autoría.
- Pinel, John (2007) La biopsicología en tanto que Neurociencia. En *Biopsicología*. (pp. 4-14) Ed. Pearson.
- Rosenzweig et al (2001). Desarrollo del cerebro y la conducta a lo largo de la vida. *Psicología Biológica*. (pp. 223-237) Ed. Ariel Neurociencias.
- Soprano, A.M. (2005). Introducción En Alvarez Gonzalez, M.A - Trápaga Ortega,M. *Principios de neurociencias para psicólogos* (p. 27). Ed. Paidós
- Tamaroff-Allegri (1995). Organización Funcional del Sistema Nervioso. En *Introducción a la Neuropsicología Clínica*. (pp.39-42) Ed. Libros de la Cuádriga.
- Tirapu-Ustarroz, J (2012) Neuropsicología de los sueños. *Revista de Neurología*. 55(2). (pp. 101-110).

CAPITULO 2

Del procesamiento cortical al subcortical

Augusto Leonardo Luisi

Corteza cerebral y ganglios basales

Comprender la interrelación entre el funcionamiento cortical y los ganglios basales, (estructuras subcorticales, por hallarse debajo de la corteza cerebral), nos permite interpretar el manejo de la información consciente y no consciente respectivamente. A partir de ahora debemos pensar en la tramitación consciente como aquella que se efectúa principalmente en la corteza cerebral (sobre la superficie o cortical) y la no consciente, la que se realiza en los ganglios basales (sobre el interior o subcortical). Como fuera expresado en el Capítulo 1, desde la perspectiva de nuestra disciplina, y siguiendo a Plum y Posner, la conciencia es el estado en el que el sujeto puede darse de cuenta de sí mismo y del medio ambiente.

Para estudiar la corteza cerebral, primero analizaremos la morfología externa que rodea al cerebro, ya que al recubrirlo adopta la misma forma que aquella.

El cerebro tiene tres caras: la externa o lateral, la interna o medial y la inferior o basal. Todas las caras están recubiertas por corteza, dónde se *apoya* el pensamiento consciente. En la morfología interna, donde se halla el sustrato de la tramitación no consciente, se evidencian las diferentes regiones subcorticales, desde aquellas que se ubican inmediatamente por debajo de la corteza cerebral, hasta las que incluso llegan a las profundidades del cerebro. Toda esa extensa región se halla ocupada por sustancia blanca, y en su interior los núcleos grises cerebrales se encuentran dispersos como pequeños islotes dispuestos sobre la sustancia blanca.

Como advertimos en el Capítulo anterior, tanto la corteza cerebral como los núcleos cerebrales constituyen estaciones de conexión neuronal, formadas principalmente por los cuerpos de las neuronas. Ambas son estructuras de sustancia gris.

Los núcleos cerebrales pueden ser clasificados en dos grupos: los núcleos del prosencéfalo basal y los núcleos de la base o ganglios de la base.

Los núcleos del prosencéfalo basal son, entre otros, el Núcleo de Meynert y los Núcleos septales. Los ganglios de la base están integrados por núcleos diencefálicos (como los tálamos) y núcleos telencefálicos o cuerpo estriado (como los Núcleos Caudados, los Núcleos Lenticulares formados por el Putamen y el Pálido, el Núcleo Accumbens y los Núcleos que integran el Complejo Amigdalino).

La corteza cerebral

La Corteza Cerebral, Córtex o Palio es un término que deriva del griego y significa manto, ya que morfológicamente recubre a la superficie externa de los hemisferios cerebrales, tanto al derecho como al izquierdo. Ambos hemisferios comparten una morfología similar pero presentan diferencias funcionales.

Este manto cortical está formado por sustancia gris, que reproduce morfológicamente la morfología externa del cerebro siguiendo su mismo plegamiento, y que se caracteriza por su rica vascularización ya que las células corticales presentan una alta tasa metabólica que necesita del aporte sanguíneo continuo.

Para poder comprender los aspectos neuroanatómicos externos básicos de la corteza cerebral, comenzaremos por analizar los siguientes términos: cisura cerebral, lóbulo cerebral, surcos y circunvoluciones cerebrales. Una cisura es una hendidura cerebral que permite demarcar lóbulos cerebrales; como ejemplo, la cisura de Silvio que separa el lóbulo parietal del temporal, y la cisura de Rolando, el frontal del parietal. Los lóbulos cerebrales son regiones morfológicas del cerebro que pueden observarse sobre su superficie, aunque no todas desde un mismo lugar. El cerebro tiene seis lóbulos (frontal, parietal, temporal, occipital, límbico e ínsula), y si lo observamos desde el lado externo sólo podremos ver los cuatro primero. Si bien la ínsula también se encuentra en la superficie lateral del cerebro, no puede observarse a simple vista porque se ubica profundamente; y para algunos autores forma parte del lóbulo límbico, por lo que consideran que el cerebro tendría cinco lóbulos (Redolar, D.2019). En tanto, el lóbulo límbico se debe observar desde el lado interno del cerebro. Los surcos son hendiduras cerebrales, similares a las cisuras pero de menor profundidad, permitiendo una delimitación de regiones cerebrales denominadas circunvoluciones o giros. Gran parte de la superficie de la corteza cerebral queda oculta en las paredes de los surcos y cisuras.

A modo de resumen, diremos:

- que cada hemisferio cerebral presenta profundas hendiduras llamadas cisuras,
- que dichas cisuras delimitan porciones de cerebro denominadas lóbulos,
- que existen seis lóbulos cerebrales,
- que cada lóbulo tiene hendiduras de poca profundidad o surcos, y
- que dichos surcos dividen al lóbulo cerebral en pequeñas porciones cerebrales que se llaman circunvoluciones o giros.

Las circunvoluciones se corresponden con áreas cerebrales que participan en diferentes funciones. Para el estudio de la psiconeurobiología es necesario individualizar alguna de ellas, tal como la quinta circunvolución temporal porque contiene a la formación hipocampal, indispensable en la construcción de las memorias, la circunvolución frontal ascendente porque se corresponde con el área motora primaria, la circunvolución parietal ascendente con el área sensitiva primaria, la circunvolución del cíngulo con funciones emocionales y atencionales, y la circunvolución temporal superior con funciones auditivas.

La corteza cerebral no es uniforme, ya que existen diferentes tipos de corteza cerebral según un criterio evolutivo. Existen regiones que poseen corteza primitiva, otras con corteza intermedia, pero la mayor parte del cerebro presenta una corteza cerebral muy desarrollada llamada neocorteza.

La corteza primitiva o arquicorteza es aquella que se encuentra principalmente en el hipocampo y en la región septal.

La corteza más desarrollada y abundante en el cerebro humano es la neocorteza. Según la distribución de las seis capas que la forman podemos considerar dos tipos: a) la isocorteza o corteza homotípica, que presenta las capas celulares distribuidas en forma homogénea y b) la corteza idiotípica o corteza heterotípica, que dispone a sus capas celulares en una distribución heterogénea. Las áreas primarias del cerebro se encuentran constituidas por corteza heterotípica; las secundarias y de asociación por corteza homotípica.

Entre la arquicorteza y la neocorteza, evolutivamente el cerebro presenta un manto de corteza intermedia. Si bien ésta ha adoptado varias denominaciones y se la ha subdividido en subtipos, para nuestros fines psiconeurobiológicos la llamaremos paleocorteza. Esta corteza permite la comunicación funcional entre la antigua y la nueva corteza, y se halla representada principalmente por el parahipocampo, el cíngulo y la corteza insular.

En relación a la **celularidad** de la corteza cerebral, sabemos que contiene diferentes tipos de células, entre las que se destacan las piramidales y las estrelladas; también cuenta, entre otras, con células fusiformes, células de Martinotti y células horizontales de Cajal.

Las células piramidales pueden ser pequeñas, medianas y grandes según se ubiquen las capas II, III o V respectivamente; estas últimas son las más grandes (llamadas células gigantes de Betz) y abundan especialmente en la corteza motora primaria (heterotípica).

Son células excitadoras y utilizan el glutamato como neurotransmisor.

Las dendritas, tanto la única apical como las basales, se distribuyen ampliamente de modo que la primera llega hasta la lámina I y las segundas a las láminas subyacentes correspondientes.

Los axones de todas las células piramidales tienen ramos recurrentes que pueden excitar a las células piramidales circundantes.

Las células estrelladas pueden ser espinosas o lisas; las primeras o excitadoras, reciben las aferencias del tálamo y de otras regiones corticales, y las segundas o inhibitoras reciben las aferencias recurrentes de las células piramidales y proyectan inhibición sobre otras células piramidales. Las células estrelladas lisas constituyen el 25% de las neuronas de la corteza cerebral; tienen el rol de inhibir o silenciar las columnas débilmente activas, para que la corteza concentre su actividad en las zonas más activas.

Respecto a la estructuración de la corteza cerebral, interesa destacar que si bien se trata de una lámina muy delgada, puede ser apreciada a simple vista; su grosor oscila entre 2 y 5 mm, siendo más delgada en regiones sensitivas y más gruesa en las motoras y en las regiones de asociación.

La estructura de la corteza puede analizarse en superficie (áreas corticales) o al corte (láminas y columnas).

Las **áreas corticales**, también llamadas mapas cerebrales (porque su representación recuerda a los mapas utilizados en cartografía), determinan localizaciones funcionales (cada área se relaciona con determinada función). Estas áreas fueron ampliamente estudiadas y clasificadas por Brodman en 1909, por lo se las conoce como “las áreas de Brodman”, estableciéndose así un mapa de áreas corticales.

Las áreas asociativas, las más extensas en el cerebro humano, intervienen en el nivel jerárquico más alto de la organización sensoriomotriz, y también como principal componente de la corteza emocional y de la corteza social.

Pueden describirse tres áreas asociativas: el área prefrontal, el área temporoparietooccipital y las áreas límbicas o internas. En conjunto son áreas cognitivas, si consideramos que intervienen en la cognición. No obstante, si bien cada una tiene una alta especialización y asume importantes funciones psíquicas, dichas funciones no quedan reducidas solamente a dicha localización. Las cortezas asociativas representan cerca del 85 % de la corteza cerebral, relegando a las áreas primarias y secundarias a un lugar más limitado. Existen además áreas específicas como las que controlan el lenguaje, el área expresiva o área de Brocca y el área comprensiva o de Wernicke; ambas predominan en el hemisferio izquierdo, la primera de localización frontal y la segunda temporoparietal.

Las áreas sensoriomotrices pueden dividirse en primarias y secundarias. En el caso de las sensoriales, las áreas primarias reciben al estímulo y las áreas secundarias permiten su reconocimiento. Para el caso de las motrices, las áreas primarias ejecutan el movimiento que ha sido programado y propuesto por las áreas secundarias. Desde una visión neuropsicológica, las áreas secundarias sensoriales se corresponden con áreas gnósicas y las áreas secundarias motoras con áreas práxicas.

Las áreas motoras se encuentran en el lóbulo frontal, las sensitivas en el lóbulo parietal, las visuales en el occipital y las auditivas en el temporal; en todos estos casos, tanto las primarias como las secundarias. Las áreas sensoriales y motoras, sean primarias o secundarias, no se relacionan en forma directa entre sí, se vinculan a través de las áreas de asociación.

Las **láminas** son las capas de células que se disponen en la corteza de manera horizontal. La neocorteza se caracteriza por la presencia de 6 capas o láminas de neuronas (molecular, granular externa, piramidal externa, granular interna, piramidal interna y fusiforme), la aquicorteza sólo tienen 3, y en forma rudimentaria; en tanto, la paleocorteza se ubica en situación intermedia entre ambas.

Las **columnas** corresponden a la disposición vertical de la corteza; de modo que existe una comunicación entre las neuronas que integran dicha disposición, determinando una modalidad de funcionamiento. En el caso de la corteza somatosensitiva, dónde fueron más ampliamente estudiadas, puede apreciarse por ejemplo que algunas columnas responderán a los estímulos ejercidos en una articulación pero no en la piel, y otras a los estímulos recibidos en la piel.

Las cortezas asociativas

Las cortezas asociativas representan el más alto grado evolutivo de la neocorteza. Sus láminas se disponen al modo de una verdadera corteza homotípica de seis láminas. En ellas se produce el procesamiento más complejo entre la llegada de la *cognición del mundo* y la salida del *comportamiento adecuado a ese mundo*; esto es, el procesamiento entre el arribo de aferencias externas conducidas hacia el cerebro, y la salida de eferencias desde el cerebro hacia el medio externo.

Si bien a las áreas asociativas se las denomina en común como áreas cognitivas, no sería una denominación adecuada. No obstante, seguiremos llamándolas de ese modo en razón de haberse adoptado tal denominación en el ámbito neurocientífico. ¿Por qué no deberían llamarse cognitivas? Porque cognitivas son solo las áreas asociativas posteriores, ya que son las encargadas de la cognición del mundo, las que nos permiten el *cognoscere*. Y estas áreas no sólo intervienen en la cognición, sino también en la acción que surge y comienza inmediatamente luego de esa cognición.

Las cortezas de asociación tienen similitudes y diferencias en la citoarquitectura neuronal y en sus conexiones. Se asemejan en que cada lámina tiene su particular aferencia y eferencia, que se conectan por el eje vertical o columnar, y que en el eje horizontal o laminar se comunican a través de interneuronas con células de la misma función.

De todas las conexiones merece destacarse la conectividad que las cortezas de asociación tienen con el tálamo, ya que si bien éste tiene reciprocidad manifiesta de sus diferentes núcleos con las cortezas asociativas, existen núcleos estratégicos que tienen cierta especificidad para transmitir eferencias exclusivas a las cortezas de asociación. Son los núcleos dorsomedianos y los núcleos posteriores del pulvinar. Los núcleos dorsomedianos envían proyecciones a la corteza prefrontal, y el pulvinar a la corteza tēporoparietoccipital. Pero estas eferencias talámicas ya fueron procesadas previamente, en las áreas sensitivas primarias o en los ganglios basales respectivamente.

Entonces, estamos en condiciones de observar cómo las funciones cerebrales superiores son la resultante de la actividad de las cortezas asociativas (unas relacionadas con la actividad perceptual y otras con la actividad motriz), que en conjunto integran o asocian información derivada de la totalidad de las regiones encefálicas. De ahí la importancia de recordar que las cortezas asociativas ocupan aproximadamente el 85 % de la corteza cerebral, dejando el pequeño porcentaje restante destinado a las cortezas primarias y secundarias.

Para una mejor comprensión de la relevancia de las cortezas asociativas, es necesario entender que nuestros órganos neurosensoriales nos permiten ver, oír, oler, degustar y tocar, pero no perciben los datos de la realidad que necesitamos para la supervivencia. Para darle un significado a esos datos (o estímulos) que nuestros sentidos perciben, y para que tengan un real sentido es necesario unirlos y amalgamarlos. Dicha reunión la centraliza el tálamo en comunicación con las cortezas asociativas, las cuales se encargan de asociar información que

proviene desde diferentes regiones cerebrales. Allí llegaron desde los distintos sentidos. De este modo, integrando los estímulos se puede organizar una respuesta. Es el mecanismo que nos permite hacer un recorte de la realidad, interpretarla y responder adaptativamente.

Existen diferentes tipos de corteza asociativa, en función del tipo de información que procesan, pudiendo ser unimodales o multimodales (supramodales).

La corteza asociativa unimodal procesa información de un determinado sentido y se encuentran próximas a la corteza que procesa ese mismo sentido. De igual modo, sucede con el movimiento. Ejemplos: área visual secundaria relaciona el color, la forma, la perspectiva; el área auditiva secundaria relaciona los tonos, las frecuencias, el volumen; el área secundaria sensitiva integra todas las modalidades de sensaciones desde nuestro cuerpo, tanto la superficial (tacto, dolor y temperatura) como la profunda (presión y ubicación); y el área secundaria motora se encarga de preparar una determinada acción.

La corteza asociativa multimodal relaciona diferentes modalidades sensoriales, imprescindibles para interpretar el medio ambiente y planificar diferentes operaciones mentales, bases del pensamiento.

Existen tres grandes áreas de asociación, consideradas multimodales o supramodales,

1. Corteza asociativa prefrontal

Situada en polo del lóbulo frontal, por delante de la corteza motora primaria y secundaria. Su estudio y análisis se retomará en el Capítulo 3.

2. Área de asociación parieto-temporo-occipital

Esta área de asociación se encuentra situada entre los lóbulos temporal, parietal y occipital, integrando diferentes informaciones procedentes de sentidos como la visión, el tacto y el oído. Esta área asociativa resulta fundamental para el ser humano, puesto que permite vincular los datos procedentes de las distintas vías perceptivas. Interpreta a la realidad como un todo, mediante la percepción consciente. Además, el hemisferio derecho controla la ubicación en el espacio, y el hemisferio izquierdo la decodificación del lenguaje, tanto oral como escrito.

3. Corteza límbica

La corteza límbica es otra área de asociación multimodal. En esta corteza asociativa se integran las informaciones provenientes del sistema límbico. Permite asociar nuestras emociones a la interpretación que hacemos de la realidad, hacer una correlación con nuestros recuerdos, y decodificar la emoción de otros sujetos. Retomaremos en el Capítulo 5.

Los ganglios basales

Siguiendo una mirada evolutiva, del telencéfalo se origina el cuerpo estriado y del diencefalo los tálamos.

El cuerpo estriado se divide en Neoestriado (conformado por los núcleos caudados, el putamen y el núcleo accumbens), Paleoestriado (por los pálidos) y Arquiestriado (por los complejos amigdalinos).

El Neoestriado Dorsal (núcleos caudados y putamen) participa en la regulación de la corteza cerebral, y en la modulación de los movimientos involuntarios y automáticos (conjuntamente con el Pálido, el Subtálamo y la Sustancia Negra forman el Sistema Extrapiramidal). El Neoestriado Ventral formado por el Núcleo Accumbens, es de sumo interés psiconeurobiológico porque interviene en la regulación de los condicionamientos, en la conducta apetitiva y adictiva.

Los tálamos, descritos inicialmente en el Capítulo 1, ahora los analizaremos desde su morfología interna. En su interior se pueden observar diversos agrupamientos neuronales que constituyen sus núcleos específicos. Cada uno participando de un circuito diferente, y tiene una función en particular. Si bien son múltiples las funciones en las que el tálamo interviene, a modo de resumen podríamos decir que los tálamos cumplen un rol fundamental en el relevamiento de diferentes circuitos o vías de conducción nerviosa. Se lo conoce como el gran distribuidor de la información que le llega, tanto de aquella que se encuentra ascendiendo y en este caso la hace subir a un lugar determinado de la corteza cerebral, como de aquella que se encuentra descendiendo y en este otro caso la hace bajar por el sector que le corresponda hacia el tronco cerebral.

De los núcleos del tálamo hemos presentado esos dos núcleos ubicados en el extremo posterior, denominados cuerpos geniculados, que forman un importante centro sensorial íntimamente conectado a los tubérculos cuadrigéminos del mesencéfalo. También mencionamos a los núcleos dorsomedianos y al pulvinar, que representan la antesala de las áreas asociativas anteriores y posteriores, respectivamente. Paulatinamente vamos construyendo la complejidad talámica.

Interconexiones de la corteza cerebral

La corteza cerebral se comunica con el resto del sistema nervioso, tanto en sentido centrípeto como centrífugo; es decir aferente y eferente, ya que recibe conexiones y a su vez emite otras en diferentes direcciones.

Las aferencias corticales provienen básicamente de 3 sectores del sistema nervioso central:

- 1) Corteza cerebral: desde la corteza del mismo lado o contralateral, a través del cuerpo calloso y del fórnix, principales comisuras interhemisféricas que comunican ambos hemisferios cerebrales,
- 2) Ganglios Basales, proyectándose hacia toda la corteza, y
- 3) Sistemas moduladores difusos que provienen desde los núcleos de la porción basal del telencéfalo (acetilcolina), del diencefalo (histamina), y del tronco cerebral (dopamina, serotonina, acetilcolina y noradrenalina).

Las eferencias corticales se originan en las células piramidales, su modalidad es excitatoria, y se proyectan a 3 sectores del sistema nervioso central:

- 1) Corteza cerebral: en forma homo o contralateral, siguiendo el recorrido antes mencionado,
- 2) Ganglios Basales: recepcionando conexiones de toda la corteza cerebral, y
- 3) Tronco cerebral y médula espinal, asiento de neuronas ejecutoras para la realización de movimientos de la cabeza y el cuello (proyecciones corticonucleares) y del tronco y miembros superior e inferior (proyecciones corticoespinales).

Redes Neurales

El psiquismo se apoya en redes neurales, que por sí solas no son suficientes para soportar nuestra estructura psíquica, ya que se construyen permanentemente en esa organización vincular con el medio ambiente.

Estas redes integran el funcionamiento de diferentes regiones cerebrales, tanto corticales como subcorticales. Existen regiones de una red que a su vez pertenece a otra red, y así se van superponiendo neuroanatómicamente y neurofisiológicamente diferentes redes. De este modo, una alteración o una disfunción en una determinada localización se traduce en un trastorno de diferentes funciones cognitivas; y un trastorno de una función cognitiva puede deberse a alteraciones o disfunciones de diferentes localizaciones.

Existen varias redes neuronales propias en el cerebro humano que fueron descritas y clasificadas según diferentes autores. Con el fin de facilitar su comprensión, y acordes al objetivo de nuestra disciplina, asumimos la presencia de dos redes de representación bilateral y dos unilaterales.

- Red sensoriomotriz bilateral que representa la base del contenido del pensamiento,
- Red límbica bilateral que sustenta procesos mnésicos y emocionales,
- Red atencional lateralizada al hemisferio derecho,
- Red del lenguaje lateralizada al hemisferio izquierdo,

El pensamiento sensoriomotriz

El pensamiento sensoriomotriz se *apoya* en redes corticales del movimiento; centros neurales que más allá de requerir un equipamiento motriz, necesita de su contraparte sensitiva. Sin sensaciones no hay movimiento. Es una cuestión previa e indispensable. El movimiento necesita de su guía y de su direccionamiento.

La organización sensoriomotriz que estudia la Psiconeurobiología es la del pensamiento, la que integra las bases de nuestro psiquismo, la que se activa intensamente aunque permanez-

camos en la máxima quietud. Si pensamos que nos estamos moviendo, ya hay movimiento en nuestras redes neurales. Lo mismo si repasamos como vamos a realizar el movimiento.

Descender dos escalones en el análisis sensoriomotriz también resulta de nuestro interés. Y tenemos dos motivos:

- 1) La organización sensoriomotriz en regiones subcorticales forma parte del patrón de respuesta en movimientos aprendidos, formando parte de la anatomofisiología de la memoria implícita.
- 2) La organización sensoriomotriz que vincula al área motora primaria con los núcleos motores del tronco cerebral, permiten comprender los componentes de la expresión facial, tan útiles en el estudio de nuestras emociones.

Pero no iremos más allá. Si bien podríamos describir la conexión del área motora primaria con los núcleos motores de la médula, sus consideraciones exceden al objetivo de la Psiconeurobiología.

Los primeros trazos del pensamiento sensorial se ubican en áreas perceptivas primarias y secundarias de las diferentes modalidades sensoriales que a continuación describimos:

La corteza somatosensitiva primaria corresponde a la circunvolución postrolándica, donde se reciben las aferencias contralaterales, invertidas, y desproporcionadas, de modo que es mayor la extensión cortical (y por tanto, mayor número de neuronas) para percibir los estímulos de la mano, la lengua y los labios.

La corteza somatosensitiva secundaria, proyectada en la cisura lateral y en la ínsula, procesa estímulos dolorosos e interviene en el reconocimiento táctil de los objetos.

La corteza visual primaria recibe información del tálamo, que a su vez recepciona estímulos desde ambos ojos y correspondientes a las mitades retinales homolaterales; por lo tanto, el área visual primaria registra el campo visual contralateral y corresponde al área 17 de Brodmann (ó área estriada).

La corteza visual secundaria que corresponde a las áreas 18 y 19 de Brodman, se ubican por delante de la anterior y reciben aferencias desde el área 17 y desde el tálamo.

El área 19, la más anterior y que se proyecta en la Corteza de Asociación Posterior, presenta dos regiones con alto grado de desarrollo:

- 1) la que se ubica en la corteza lateral se encarga de ubicar a los objetos que se nos presentan,
- 2) la que se encuentra en la corteza medial permite determinar el tipo de objeto (a su vez, las formas se identifican en la parte externa, las caras en la media y los colores en la interna de esa corteza medial).

La vía lateral o dorsal o lateral (también llamada *vía del dónde*) se proyecta principalmente a la corteza parietal posterior (permite la orientación), y de aquí al área ocular frontal y corteza promotora. Asimismo, cuando existen objetos de especial interés, se activa la corteza prefrontal dorsolateral, que a su vez activa aumenta la tasa metabólica del área cingular anterior.

La vía medial o ventral (también denominada *vía del qué*) se proyecta a áreas íferotemporales y al polo temporal; logrando así el reconocimiento de los objetos y de las caras. A su vez,

estas áreas se conectan con el complejo amigdalino, que lo activarán cuando se presentan objetos o rostros amenazantes.

La corteza auditiva primaria se corresponde con las áreas 41 y 42 de Brodmann, sobre la cara superior de la circunvolución temporal superior. Existe una sistematización tonotópica, de modo que la región posterior recibe tonos altos y la anterior los bajos.

La corteza auditiva secundaria se ubica en las áreas 21 y 22, alrededor del surco temporal superior, que constituye el límite de ambas áreas precedentes y que respectivamente se corresponden con la circunvolución temporal superior y media.

Repasando conceptos previos, para llegar a éstas áreas, los estímulos son recepcionados por los centros neurosensoriales (ojos, oídos, olfato, gusto, tacto), desde donde se toma a la realidad caótica, cambiante, e inaprensible. Luego, dichos estímulos son conducidos por nervios (componente del sistema nervioso periférico, que permite comunicar el medio externo con el sistema nervioso central) hacia el cerebro, haciendo un importante relevo en los tálamos antes de llegar a las diferentes cortezas que fueron señaladas. En su conjunto estas áreas pertenecientes a diferentes regiones corticales confluyen en el área asociativa posterior, denominada indistintamente corteza parietal posterior o corteza temporo-parieto-occipital, donde ocurre el procesamiento sensorial en su más alto nivel. Es el área donde se alcanza a conocer el significado de una porción de la realidad. La misma realidad, que forma parte de la naturaleza del medio y que mediante la incorporación de inferencias inconscientes el sujeto, verdadero producto histórico social, realiza la abstracción de ese significado. Así, en el área terciaria la naturaleza se une a la cultura. En definitiva, se conoce al mundo. Y conocer, siguiendo a Maturana, “es acción efectiva en la praxis del existir”. Entonces, si la abstracción de significados construye el conocimiento y éste se organiza a través del pensamiento ¿qué es el pensamiento? Han existido muchas definiciones del pensamiento, no obstante, de lo que estamos seguros es que el pensamiento es acción. Incluso el mismo vocablo nos induce a establecer que si pensar es poner en forma, pensar es movimiento. Movimiento indispensable para modificar el entorno y mantener el equilibrio. Y como explicaba el Profesor Frenquelli en sus clases, siguiendo a Henry Laborit, “el hombre es una memoria que actúa para ser”. Ese actuar es movimiento, y por tanto pensamiento.

Nos encontramos en la parte más alta del procesamiento de la información, entre la abstracción del significado y el comienzo de la acción. Es el punto de unión entre los aferencias sensoriales y las eferencias motrices, que en la neuroanatomía y respectivamente se disponen como posteriores y anteriores en relación a la cisura de Rolando. Una vez más, vuelve a cumplirse un principio básico en la organización del sistema nervioso: **lo motor es anterior, lo sensitivo posterior**. Basta con recordar la organización de la médula espinal que estudiamos en Biología. En el caso del cerebro, si trazamos un plano imaginario que divida al cerebro en dos partes y que dicho plano pase por la cisura de Rolando, la porción que queda por delante corresponde a la motricidad y la que queda por detrás a la sensorialidad.

Entonces, así como la corteza asociativa posterior o témporo-parieto-occipital es el punto de llegada sensorial, la corteza asociativa anterior o prefrontal es el punto de llegada motriz. La estrecha comunicación entre ambas establecen un bucle de cierre a la organización sensorio motriz a nivel cortical.

Una vez alcanzada la corteza asociativa anterior, se pone en marcha el inicio del plan motor, el cual requiere una intensa actividad rec poca entre ambas áreas, con el fin de que el área posterior pueda proveerle a la anterior los motivos precisos para que tome la decisión de iniciar dicho plan.

Inmediatamente por detrás de la corteza prefrontal se localiza el área secundaria o área premotora, que incluye además al área motora suplementaria. El  rea secundaria propone el plan apropiado para un fin determinado. Es decir, dispone el movimiento que se va a realizar.

Finalmente, a través de proyecciones que el área premotora envía hacia el área motora primaria, ubicada por detrás de aquella, se activa el área motora primaria e inicia la ejecución del plan motor elaborado. Esta  rea presenta las mismas características que su homóloga (la sensitiva primaria). Tiene una representación contralateral, invertida y desproporcionada mediante el homúnculo de Penfield, y con mayor representación de las áreas desde donde se producirá la respuesta de la mano, la lengua y los labios.

Tramitación sensoriomotriz encefálica

Una vez que las neuronas del área motora primaria resultan activadas, su impulso viaja por los haces de axones que descienden y tienen dos opciones: dirigirse hacia los núcleos motores del tronco cerebral (vía c rticonuclear) o hacia los núcleos motores de la médula espinal (vía corticoespinal). En ambos casos se trata de la clásica vía piramidal, o sistema motor voluntario, que tiene su destino final en las motoneuronas de los núcleos motores del tronco cerebral o de la médula espinal, según el movimiento a realizar.

En su descenso recibe la modulación de otros dos sistemas motores funcionales: el sistema motor involuntario o automático y el sistema motor de coordinación o neocerebeloso.

El sistema involuntario corresponde al circuito extrapiramidal conformando un circuito muy complejo, que desde la corteza cerebral se proyecta al neostriado, de aquí al paleostriado, desde donde pasa al tálamo y de all  vuelve a la corteza; a su vez el neostriado recibe conexiones bidireccionales con la sustancia negra, y el paleostriado con el subtálamo.

El sistema de coordinación o neocerebeloso conecta a la corteza cerebral con una porción del cerebelo (la más moderna evolutivamente), en forma rec poca y con el fin de ajustar la medida, el ritmo y la dirección del movimiento deseado.

Estos sistemas motores son las estructuras donde se ancla el aprendizaje motor, bases neurales de la memoria procedimental.

Áreas del lenguaje

Para el estudio de la neuroanatomía y neurofisiología del lenguaje es necesario considerar la diferente funcionalidad de ambos hemisferios, asimetría cerebral que no sólo se evidencia para el lenguaje, también existen diferencias en la lateralidad manual, en los aspectos emocionales, en los estilos cognitivos y en la realización de movimientos complejos.

La lateralidad manual (diestro o zurdo) determina el hemisferio dominante del control motor, predominando el izquierdo, y por lo tanto la mano derecha. La preferencia de uso de la mano señala una dominancia del hemisferio izquierdo para controlar el movimiento en el 90 % de las personas.

Para el lenguaje, el 90 % de las personas presentan una dominancia del hemisferio izquierdo, un 8 % del hemisferio derecho y un 2% de ambos hemisferios.

Es necesario tener en cuenta que la dominancia de la lateralidad manual y la del lenguaje son independientes, de modo que existen personas zurdas con áreas del lenguaje en el hemisferio izquierdo.

Al procesar el lenguaje se produce una activación en varias regiones de la corteza cerebral; no obstante existen dos áreas específicas: el área de Broca y el área de Wernicke, habitualmente localizadas en el hemisferio izquierdo, y por eso dominante. En tanto, el hemisferio derecho, participa en la prosodia del lenguaje; es decir, en su melodía específica, tal como el énfasis con sus diferentes matices de la expresión oral.

La recepción del lenguaje es posterior y la emisión es anterior. Una vez más, nuestro cerebro recibe al mundo en regiones posteriores, y modificamos nuestro medio circundante desde regiones anteriores. Desde atrás hacia adelante, es decir *desde Wernicke hacia Broca*.

El área de Wernicke se localiza en la confluencia de la parte posterior de la circunvolución temporal superior izquierda (área 22) con la porción inferior de la parietal inferior, que se conoce como el diccionario de palabras y que se utiliza para buscar palabras a partir de percepciones visuales o de imaginación visual. Recibe aferencias del área 19 y se proyecta hacia el plano temporal de la cisura de Silvio.

Existen diferencias neuroanatómicas y neurofisiológicas en el área de Wernicke, al recibir la palabra que se oye o la palabra que se lee (lectura).

El fascículo arqueado es un conjunto de axones que vincula al área de Wernicke con el área de Broca proyectándose a través de la sustancia blanca próxima a la cisura de Silvio. Además, sobre esta cisura existen diferencias neuroanatómicas y neurofisiológicas. Si bien la longitud es la misma en ambos hemisferios, del lado izquierdo es más largo el labio temporal que el parietal en el 60 % de los casos, y lo opuesto acontece en el derecho. Pero, es de destacar que en los sujetos con esquizofrenia el cerebro suele presentar un menor desarrollo del plano temporal izquierdo.

El área de Broca se ubica en la circunvolución frontal inferior y se correlaciona con las áreas 44 y 45 de Brodman, y en el 90% de los casos es de mayor extensión en el lado izquierdo. Des-

de dichas áreas parten proyecciones hacia la corteza motora primaria adyacente, principalmente a las regiones de la cara y de la lengua del homúnculo motor.

Para nuestra conversación interna, además de la activación del área de Broca (44 y 45 de Brodman) se enciende la corteza prefrontal dorsolateral que en realidad se mantiene activa a lo largo de todo el proceso, y además la corteza cingulada anterior cuando la expresión requiere una especial atención (Fitzgerald, T et al.2012).

Tronco encefálico: la entrada al procesamiento psíquico

El tronco encefálico, como puerta de ingreso al procesamiento psíquico, tiene una ubicación estratégica: se halla interpuesto entre los hemisferios cerebrales hacia arriba, la médula espinal hacia abajo y el cerebelo hacia atrás. Su misión de intercomunicador dentro del sistema nervioso central ya se presume al verlo posicionado. Su neurofisiología se advierte en la neuroanatomía.

El tronco encefálico se compone de tres niveles, que desde la parte más alta hacia la más baja se denominan: mesencéfalo, protuberancia y bulbo. El mesencéfalo se continúa y comunica con los hemisferios cerebrales y ambos tálamos. El bulbo resulta la continuación de la médula espinal.

Como todo componente del sistema nervioso central, el tronco encefálico está constituido por sustancia gris y blanca, cuya distribución nos permite entender la participación de esta estructura en la regulación de los mecanismos psiconeurobiológicos. Es una estructura de sustancia blanca en cuyo interior presenta núcleos de sustancia gris. Por un lado, la sustancia blanca representada por axones envueltos en mielina conducen información; y por otro lado, la sustancia gris representada por los cuerpos neuronales y agrupada en núcleos se encargan del procesamiento. Existen dos tipos de núcleos:

los núcleos relacionados con los nervios craneanos, que representan estaciones de los circuitos que transmiten información desde el cerebro hacia el exterior (como el núcleo del nervio facial, que participa en la expresión de las emociones a través de los gestos del rostro), o en sentido opuesto (como el núcleo del nervio trigémino, que transmite las sensaciones percibidas en el rostro que serán reconocidas en el cerebro), y

los núcleos propios de cada componente del tronco; es decir, núcleos del mesencéfalo, núcleos de la protuberancia y núcleos del bulbo.

A los fines del estudio de la Psiconeurobiología, no resulta necesario especificar cada uno de los núcleos de los nervios craneanos, pero sí el núcleo del nervio facial y el núcleo del nervio trigémino ya que constituyen la sensoriomotricidad de la cara, y representan la expresión facial de nuestras emociones.

De igual modo, los núcleos propios del tronco son innumerables, por lo que centraremos nuestro interés en aquellos que resultan imprescindibles a la hora de comprender la regulación y modulación del comportamiento.

en el bulbo: los núcleos del centro vital, que regula las funciones cardíacas y respiratorias,

en la protuberancia: el locus coeruleus (reservorio de noradrenalina), y

en el mesencéfalo: la sustancia negra o locus niger, el área tegmental ventral (ambos reservorios de dopamina) y los tubérculos cuadrigéminos (centro sensorial)

Además, en todos los niveles del tronco encefálico existen núcleos denominados núcleos reticulares, que unidos través de complejas y difusas interconexiones polisinápticas conforman la Formación Reticular, conformada por núcleos medianos o núcleos del rafe (reservorio de serotonina), núcleos paramedianos y núcleos laterales.

El cerebelo: un componente motor y cognitivo

El cerebelo es una estructura ubicada por detrás del tronco encefálico, y se comporta como un adverbio del sistema nervioso central ya que modula o complementa su funcionamiento.

Se halla conectado al tronco encefálico a través de los pedúnculos cerebelosos, y consta de un cuerpo central denominado vermis, del que se desprenden los hemisferios cerebelosos, uno a la derecha y otro a la izquierda. Por fuera se halla recubierto por la corteza cerebelosa y en su interior se encuentran sus núcleos rodeados de sustancia blanca. Es pues una estructura que nos recuerda la disposición del cerebro. Funcionalmente presenta tres componentes, con bases neurales independientes y que poseen específicas conexiones con el resto del sistema nervioso: el arquicerebelo, el paleocerebelo y el neocerebelo. Tanto el primero como el segundo componente intervienen en funciones de equilibrio y postura; mientras que el neocerebelo además de participar en la coordinación del movimiento fino interviene en el procesamiento cognitivo. Por lo tanto, el neocerebelo demuestra ser el único circuito cerebeloso conciente, es decir, con conexiones con la corteza cerebral.

De este modo, el cerebelo participa en “procesos cognitivos cada vez más complejos: funciones ejecutivas, aprendizaje, memoria procedimental y declarativa, procesamiento del lenguaje y funciones visuoespaciales y afectivas” (Tirapu-Ustarroz, J 2001).

¿Qué aporta la médula espinal a la Psiconeurobiología?

La médula espinal, contenida en la columna vertebral, interviene en la mediación entre el Mundo Exterior y el Cerebro de todos los estímulos que ingresan o todas las respuestas que egresan a través de los miembros superiores, el tronco y los miembros inferiores.

Tiene la forma de un tubo cilíndrico, sin ser homogéneo a lo largo de todo su trayecto. Presenta dos ensanchamientos, uno superior (correspondiéndose a la porción cervical de la médu-

la) y otro inferior (en relación a la porción lumbar). En estos abultamientos se halla una mayor concentración de neuronas. Son los centros inferiores desde los cuales sale la información motora y entra la sensitiva de los miembros.

En el interior de la médula la sustancia gris se dispone en forma de letra H en el centro, y a su alrededor se distribuye la sustancia blanca.

Por lo tanto, así como los estímulos que ingresan o las respuestas motoras que egresan hacia la cabeza y el cuello tienen al tronco encefálico como mediador, los correspondientes a los miembros tienen a la médula espinal en esa función.

Y ambos, el tronco encefálico y la médula espinal, constituyen los denominados Centros Inferiores, subordinados a los Centros Superiores que se hallan en el Cerebro.

Una Neuroanatomía psiconeurobiológicamente significativa

El sistema nervioso central, principal objetivo de nuestra disciplina, consta entonces de 7 componentes, que desde lo más rudimentario evolutivamente a lo más desarrollado son:

La médula espinal

El bulbo raquídeo

La protuberancia

El mesencéfalo

El cerebelo

El diencefalo

El cerebro

Haremos una síntesis integradora de las 7 estructuras, señalando sólo aspectos relevantes, tomando aspectos ya descriptos y añadiendo progresivamente otros nuevos.

El sistema nervioso periférico conduce, a través de los nervios, la información proveniente del exterior hacia el sistema nervioso central, cuyo destino final son los hemisferios cerebrales, desde los cuales y como consecuencia de una interpretación de la realidad se pone en marcha la respuesta adaptativa. Cualquiera sea la respuesta, es necesaria la participación de los componentes sensoriales, motores y emocionales, que se hallan cabalmente representadas por las tres áreas de asociación multi o supramodal. Dichos componentes descansan en redes, formadas por vías de conducción con estaciones de relevos formadas o núcleos grises. Estas vías conforman una organización específica según su función, permitiendo así sistematizar su ubicación dentro del sistema nervioso central. Y los núcleos, encargados del procesamiento de la información, se encuentran en los 7 niveles descriptos y formados por numerosos subnúcleos (recordar la importancia de seleccionar aquellos núcleos más significativos relacionados con el comportamiento del sujeto). Los componentes sensoriales, motores y emocionales a su vez se subdividen en otros más específicos. Por ejemplo, en el visual existen al menos dos subsistemas con bases neurales independientes, una para detectar el objeto y otra para ubicarlo espacialmente.

El sistema nervioso tiene una organización jerárquica y una somatotopía específica. La jerarquía es máxima en el cerebro (porque para ser conciente al cerebro todo llega y del cerebro todo sale). La somatotopía representa una organización espacial específica que se respeta desde la recepción del estímulo hasta el arribo a la corteza, y en sentido inverso, desde la corteza hasta la ejecución de la acción. Por ejemplo, en la modalidad visual los receptores de imágenes que se hallan cercanos en la retina, conservan la misma proximidad en el tálamo y en la corteza; y en el plano motor, la proximidad de células encargadas de la movilidad de un sector del cuerpo conserva la misma cercanía en las neuronas efectoras del movimiento.

Además, dicha somatotopía se traduce de modo contralateral en ambos sentidos, ya que la información ascendente o sensitiva y la descendente o motora se entrecruza hacia el lado opuesto, de modo que por ejemplo las sensaciones que se reciben en el hemicuerpo izquierdo son interpretadas por el hemisferio derecho, y los movimientos ordenados por el hemisferio derecho se realizan en el hemicuerpo izquierdo.

La médula espinal es la región más inferior del sistema nervioso central. Recibe a través de sus neuronas todas las sensaciones del cuerpo y de los miembros que provienen de la piel, de los músculos y de las articulaciones; como así también las sensaciones viscerales. Asimismo, posee las neuronas motoras para ejecutar los movimientos. Entonces, la entrada y la salida hacia y desde la médula, se realiza a través de los nervios raquídeos. Estas neuronas están ordenadas en núcleos, los sensitivos ubicados en regiones posteriores y los motores en anteriores. La médula, en la sustancia blanca, contiene a las vías de conducción que transmiten la información aferente hacia el cerebro y las que, en sentido contrario transcurren desde el cerebro hacia la médula.

El bulbo raquídeo, la protuberancia y el mesencéfalo forman el tronco encefálico, el cual cumple un rol similar a la médula, tramitando información sensorial y motora, pero en este caso a partir de la cabeza y el cuello (a diferencia de la médula que se relaciona con el resto del cuerpo y las extremidades). La entrada y la salida se realizan a través de los nervios craneales. Las neuronas motoras y sensitivas también adoptan la misma disposición que en la médula, las motoras anteriores y las sensitivas posteriores. En el tronco encefálico se agrega información sensorial auditiva y visual, y una especial estructura denominada formación reticular, que regula el nivel de alerta del sujeto.

El cerebelo en el estudio de la psiconeurobiología se destaca la participación en la psicomotricidad y en diversos procesos cognitivos, por su conexión bidireccional con la corteza cerebral. Se proyecta a áreas motoras y a otras relacionadas con la emoción y con la cognición. De este modo otorga precisión y coordinación en el movimiento, e interviene en los circuitos neurales de la memoria y el aprendizaje motor, como así también en la regulación de las emociones y de la conducta.

En el diencefalo, un centro clave en el funcionamiento no consciente de nuestro psiquismo, destacamos la relevancia del tálamo y del hipotálamo,

El hipotálamo se abordará en el capítulo 5.

El tálamo, verdadera central de integración, íntimamente conectado con toda las áreas corticales, con el resto de los ganglios basales, con el tronco encefálico y con el hipotálamo.

Los tálamos, uno en el centro de cada hemisferio y formado por sustancia gris, se encuentra recubierto por una capa delgada de sustancia blanca que, a través de sus expansiones hacia el interior, subdivide a la sustancia gris en diferentes núcleos.

De modo esquemático podemos considerar 5 regiones: anterior, posterior, lateral o externa, medial o interna y los interiores o intralaminares.

La región anterior se relaciona con el sistema límbico a través del circuito de Papez, permitiendo la conexión del tálamo con el hipotálamo y con la circunvolución del cíngulo.

La región posterior se halla conformada por el pulvinar, importante núcleo proyectado a la corteza asociativa posterior y por los cuerpos geniculados, estructuras anexas con conexiones recíprocas con los tubérculos cuadrigéminos que forman el centro sensorial visuo-auditivo.

La región medial, dónde se destaca el núcleo dorsomediano que se proyecta hacia la corteza asociativa anterior, presentando además otros núcleos asociativos.

La región lateral, presenta una hilera especial de núcleos ventrales y en conjunto se denominan ventrolaterales. De ellos, los anteriores y los medios intervienen como centros de relevo motor (extrapiramidales y neocerebelosos respectivamente), y los posteriores son sensoriales, y reúnen todas las modalidades aferentes con destino a la corteza cerebral.

Los núcleos intralaminares son pequeñas agrupaciones de neuronas que reciben conexiones de la formación reticular y emiten eferencias corticales conformando respectivamente las vías retículo talámicas y tálamo corticales del Sistema Activador Reticular Ascendente (S.A.R.A.).

Todos los núcleos mantienen reciprocidad neuroanatómica y neurofisiológica con la corteza cerebral, a excepción de los núcleos intralaminares

Considerar la psiconeurobiología del tálamo es aproximarnos a los procesos no conscientes de nuestra vida psíquica, que afloran y determinan la mayoría de nuestros comportamientos.

A modo de integración enumeraremos 10 principios del tálamo.

- 1) Su posición es estratégica: ocupa el centro del hemisferio cerebral
- 2) Su comunicación con la corteza cerebral es permanente y mantiene bucles neuroanatómicos y neurofisiológicos.
- 3) La mayoría de la información sensorial y motora se tramita en el tálamo
- 4) No lo hace el olfato ni el movimiento voluntario
- 5) Existe una subdivisión de 5 regiones, y a su vez en diferentes núcleos.
- 6) Los núcleos tienen proyección corticales específicas, excepto los intralaminares
- 7) Tiene conexión directa con las cortezas asociativas.
- 8) El tálamo es sensorio-motor
- 9) El tálamo es cognitivo-emocional
- 10) El tálamo es conciencia

En un esquema general del funcionamiento de los sistemas sensoriales, la actividad que se inicia con la activación del receptor periférico se dirige, codifi-

cada en forma de impulsos eléctricos (potenciales de acción), hacia el tálamo y después hacia las distintas zonas de la corteza cerebral, para que, finalmente, percibamos el mundo que nos rodea. Esta transmisión de la información sensorial tiene una apariencia lineal, organizada en estadios jerárquicos de procesamiento. Sin embargo, en cada uno de estos estadios intermedios la información se modifica antes de ser transferida. Pongamos un ejemplo, el lector que esté interesado en estas líneas, depende críticamente del sistema visual; a otros sistemas sensoriales, como el tacto o incluso la audición, se les dá, en este preciso momento, una importancia secundaria. Dicho en otros términos, es necesario primar la transferencia a través de un determinado canal, porque hemos de admitir que el sistema es susceptible de ser modulado y es por lo tanto dinámico. Otro ejemplo nos lo proporciona la diferencia entre el sueño y la vigilia. En cualquiera de los dos estados, los receptores periféricos se activarán ante el estímulo adecuado, y la información se trasladará al resto del cerebro, pero la relevancia de la señal, la forma de transmitirse y la utilización que nuestro sistema nervioso pueda hacer de ella, varía de forma notable de una situación conductual a otra.

Gran parte del control modulador al que nos hemos referido se lleva a cabo en el tálamo, una estructura que de simple estación de relevo ha pasado a considerarse como un filtro dinámico para la información sensorial que será enviada a la corteza. Este filtraje al que aludimos se realiza de acuerdo con las conexiones que el tálamo recibe tanto desde el tronco del encéfalo como desde la propia corteza, de forma que las células de proyección talámicas (también llamadas de relevo) reciben unas aferencias específicas (la información sensorial propia de cada sistema) que son excitadoras, utilizan como neurotransmisor al glutamato y están organizadas morfológicamente y funcionalmente en forma muy precisa para maximizar su efecto excitador, y unas aferencias moduladoras que realizan su cometido utilizando diversos tipos de neurotransmisores, y que en términos generales modifican la excitabilidad de las neuronas talámicas. (Cudeiro-Mazaira, 2002)

De lo que llamamos nuestra psique (vida anímica), nos son consabidos dos términos: en primer lugar, el órgano corporal y escenario de ella, el encéfalo (sistema nervioso) y, por otra parte, nuestros actos de conciencia. No nos es consabido, en cambio, lo que haya en medio; no nos es dada una referencia directa entre ambos puntos terminales de nuestro saber (Ansermet, F y Magistretti, P. 2006).

Esta afirmación de Freud utilizada en la obra *A cada cual su cerebro* para el desarrollo del concepto de plasticidad, nos permite a nosotros reafirmar nuestro compromiso para el análisis de lo que hay en el medio.

Los hemisferios cerebrales constituyen la estructura más compleja y mejor organizada del universo. Aún no hay evidencias en contrario. Ya hemos descripto y analizado los componentes conscientes y no conscientes. Ambos representados por la sustancia gris, en forma de cor-

teza cerebral para los primeros y como núcleos grises los segundos. La comunicación entre ambos se realiza a través de fibras de asociación, formadas por axones mielinizados que constituyen la sustancia blanca cerebral y que pueden agruparse en tres tipos:

Las fibras de asociación que permiten asociar dos áreas del mismo hemisferio,

Las fibras comisurales que conectan áreas de ambos hemisferios, y

Las fibras de proyección, que se dirigen a núcleos grises subcorticales, del hemisferio, del tronco encefálico o de la médula espinal.

En tanto, las fibras asociativas pueden ser cortas (si comunican dos circunvoluciones del mismo lóbulo) o largas cuando conectan diferentes lóbulos e incluyen a las siguientes:

A-fascículo longitudinal superior: conecta los lóbulos frontal y occipital

B-fascículo longitudinal inferior: conecta los lóbulos occipital y temporal

C-fascículo arqueado: conecta al lóbulo temporoparietal con el frontal

D-fascículo uncinado: conecta al frontal con el temporal

E-fascículo cingulado: subyacente a la circunvolución del cíngulo.

Modelos de enfermedades neurodegenerativa: corticales y subcorticales

Introducción

Con la enfermedad de Alzheimer y la enfermedad de Parkinson se describen dos enfermedades neurodegenerativas que afectan al compartimento cerebral; para el caso de afectar otro compartimento como el vascular, estaríamos en presencia de otras entidades, siendo respectivamente la demencia vascular y el parkinsonismo vascular.

Ambas enfermedades comprometen a la sustancia gris del cerebro, una con afectación predominantemente cortical (Enfermedad de Alzheimer) y la otra subcortical (Enfermedad de Parkinson), la primera se presenta con un síndrome demencial y la segunda con un síndrome parkinsoniano.

¿Qué es la demencia? es un síndrome clínico caracterizado por un deterioro de varios dominios cognitivos, con respecto al funcionamiento previo, lo suficientemente grave como para interferir funcionalmente en la vida cotidiana, sea personal, familiar o social. Debe tenerse en cuenta el nivel intelectual del sujeto. Para establecer el diagnóstico debe determinarse una afectación de la memoria y al menos una de las otras áreas cognitivas como el pensamiento abstracto, el juicio, el lenguaje, las praxias, las gnosias, los trastornos visuoespaciales y los trastornos de personalidad. No deben existir alteraciones del nivel de conciencia.

¿Qué es un síndrome parkinsoniano? es un síndrome que se caracteriza por la presencia de un grupo de síntomas entre los que destacan lentitud de movimientos, rigidez, temblor en reposo y alteraciones de la marcha y el equilibrio. Si bien constituyen los signos cardinales de

la enfermedad de Parkinson, existen muchas otras enfermedades que pueden causarlo, que se presentan como la enfermedad de Parkinson pero sin serlo propiamente. Esta división es útil al considerar que la enfermedad de Parkinson mejora con la reposición de la dopamina al circuito dopaminérgico, a diferencia de otros cuadros parkinsonianos, que no responden de manera adecuada a los tratamientos empleados en la terapéutica de la Enfermedad de Parkinson y habitualmente presentan un peor pronóstico.

Alzheimer y Parkinson

La enfermedad de Alzheimer es la forma más frecuente de demencia. Fue descrita en el año 1907 por Alois Alzheimer, neurólogo alemán, al describir el caso de la paciente Auguste Deter de 55 años de edad y con un cuadro de demencia evolutiva. Se trata de un severo deterioro de la función cognitiva sin alteración inicial del nivel de alerta ni de la motricidad. Es un cuadro progresivo e irreversible, aunque su grado de progresión es muy variable. Una de las características de esta enfermedad es el déficit de acetilcolina cortical, relacionado con la pérdida neuronal en la región septal y en el núcleo basal de Meynert, que se proyecta con neurotransmisión colinérgica a la corteza cerebral. Asimismo existe una excesiva actividad glutamatergica relacionada con el déficit cortical afásico, apráxico, agnósico y disfunción de otras aminas biógenas que condicionan el cambio conductual de estos pacientes.

Desde el punto de vista morfológico existe una severa atrofia de la corteza cerebral con ensanchamiento de los surcos y una dilatación del sistema ventricular: La región más afectada corresponde a la región medial del lóbulo temporal, especialmente el complejo hipocampal y la corteza entorrinal; en tanto, se encuentran bastante conservadas las áreas sensitivomotoras primarias. Esto explica el importante desorden cognitivo con conservación del comportamiento sensoriomotriz en las primeras etapas de la enfermedad.

En la corteza cerebral se evidencia la pérdida de neuronas piramidales, la presencia de estructuras anómalas en el complejo amigdalino y en el hipocampo, como las placas amiloideas y los ovillos neurofibrilares.

Si bien la degeneración neuronal tiene diferentes formas de presentación y de evolución, generalmente comienzan en la región medial del lóbulo temporal, evolucionando luego en sentido anterior y superior.

Podría establecerse una correlación clínica según las regiones que van sufriendo el proceso de neurodegeneración; transcurriendo progresivamente las siguientes fases: se inicia con una disminución de la función del hipocampo, continúa con una disminución de la función occipitotemporal y luego una disminución de la función frontal.

La disfunción temporal se correlaciona con fallas mnésicas anterógradas, dificultad en la ubicación espacial y disminución atencional. La disfunción occipitotemporal se encuentra relacionada con la dificultad en la lectura y en la escritura, y la disfunción frontal condiciona la falta de relación social, caracterizado como estado de ausencia y retracción.

El caso de Auguste Deter estudiado por Alois Alzheimer marcó un hito en la historia de las enfermedades neurodegenerativas corticales. Sin embargo, su trascendencia se edificó con los años. Cuando Alzheimer presentó el caso en una reunión de neurólogos y psiquiatras, no tuvo ninguna repercusión. Nadie siquiera le realizó preguntas luego de exponer el caso. Incluso la reunión siguió su curso y al día siguiente nadie hablaría del caso presentado por Alzheimer. Todos comentaron las discusiones psicoanalíticas planteadas por Carl Jung en torno a las obras de Freud.

La enfermedad de Parkinson es una enfermedad neurodegenerativa de las neuronas nigroestriadas, que determina una disminución del contenido de dopamina en el estriado y condiciona los signos de bradicinesia típicos de la enfermedad. El déficit de dopamina en el estriado determina un aumento de la inhibición del pálido sobre el tálamo, el cual normalmente estimula la corteza, pero en este caso las áreas motoras de la corteza se tornan hipoactivas.

En tanto, la disminución de la transmisión dopaminérgica del área tegmental ventral que se proyecta al núcleo accumbens del estriado ventral y a la corteza prefrontal determinan los signos no motores de la enfermedad de Parkinson.

La obra más conocida de Parkinson fue un ensayo de 66 páginas titulada *Ensayo sobre la parálisis agitante* en el año 1817, donde describió seis casos de personas afectadas por una enfermedad que denominó *parálisis agitante*. Reconoció que no hizo estudios anatómicos rigurosos y la describió con movimientos temblorosos involuntarios, tendencia a inclinar el cuerpo hacia adelante, caminar con pasos rápidos y cortos, sin que los sentidos y la capacidad intelectual estén afectados. El trabajo original de Parkinson no fue tenido en cuenta. Rápidamente se olvidaron de él. Hasta que más de 60 años después, Jean-Martin Charcot la denominó Enfermedad de Parkinson. Con mayor observación y número de casos agregó que, en un momento dado, la mente se puede ver comprometida y la memoria se puede deteriorar.

Al llegar al final del Capítulo se recomienda leer la Introducción del Libro.

Síntesis Conceptual

- 1) Dibuje al cerebro desde su cara externa y desde su cara interna.
- 2) Relacione los tipos de corteza cerebral con la celularidad y su estructuración.
- 3) Sobre diferentes esquemas grafique las áreas asociativas, estableciendo las conexiones entre ellas y con las áreas primarias.
- 4) Realice un cuadro sinóptico que incluya a los núcleos grises cerebrales.
- 5) Esquematice las conexiones aferentes y eferentes de la corteza cerebral.
- 6) Sobre la cara externa de un dibujo del cerebro señale los componentes de la red del lenguaje
- 7) Sintetice la organización sensoriomotriz cortical y subcortical
- 8) Sobre un esquema de la neuroanatomía del tronco cerebral ubique los principales núcleos.

- 9) Jerarquice la importancia del cerebelo a través de un cuadro sinóptico que muestre los tres componentes funcionales.
- 10) Establezca las similitudes y diferencias neuroanatómicas y neurofisiológicas de las enfermedades neurodegenerativas.

Referencias

- Ansermet, F y Magistretti, P. (2006). El Oso polar y la ballena. Apuestas de la plasticidad. En *A cada cual su cerebro. Plasticidad Neuronal e Inconsciente*. (pp.19) Ed. Katz
- Carlson, N. (2006) Estructura del sistema nervioso. *Fisiología de la Conducta*. (pp. 71-105) Ed. Pearson.
- Cudeiro-Mazaira (2002) El tálamo: una puerta dinámica a la percepción. *Revista de Neurología* 2002; 34(2). (pp. 121-130)
- Pinel, John (2007) Anatomía del sistema nervioso, y Sistema sensitivomotor. En *Biopsicología*. (pp.55-81) (pp. 205-232). Ed. Pearson.
- Plum F, Posner JB. Fisiología Patológica de los Signos y Síntomas. En *Diagnóstico del estupor y coma*. (pp. 3-13) 4ta ed. Editorial Marban. 2011.
- Redolar, D (2019). Corteza Cerebral. En *Psicobiología* (p. 422). Ed. Panamericana.
- Fitzgerald Fitzgerald, T et al.(2012) Corteza cerebral y Asimetría cerebral. En *Neuroanatomía clínica y neurociencia*. (pp. 299-312) (pp.331-339), Elsevier.
- Tirapu-Ustarroz (2011) Contribución del cerebelo a los procesos cognitivos: avances actuales” *Revista de Neurología* 2011; 53 (5). (pp.301-315).

CAPITULO 3

El córtex prefrontal ¿estructura superior del comportamiento humano?

Augusto Leonardo Luisi y Luciana Campagnolo

Ingresando a la corteza prefrontal

“Con el lóbulo prefrontal, la entidad humana adquiere los conceptos de existencialidad, individualidad y temporoespacialidad que les permite llegar a la cúspide de la evolución” (Imbriano, A 1983). Así, el autor definía tan brillantemente al córtex prefrontal en su obra *El lóbulo prefrontal y el comportamiento humano*. Leer este título era sanamente provocador, y aún en muchos ámbitos sigue siéndolo. Obsérvese que colocaba a la corteza prefrontal en la condición de lóbulo. Tal vez suponiendo que con esa distinción morfológica podía incrementar su importancia funcional. Eran épocas donde muy poco se escribía de la corteza prefrontal. Sin embargo el notable Aldo Imbriano se despachó con un libro. Un libro dedicado al córtex prefrontal y que contaba con 38 capítulos.

El córtex prefrontal es la porción del lóbulo frontal que representaría la sede de las funciones superiores del comportamiento humano; no obstante, hubo autores que se resistieron a este concepto, algunos proponiendo en su lugar a las regiones posteriores del cerebro y otros a los sistemas de integración centroencefálicos. Sin embargo, existen bases neuroanatómicas y neurofisiológicas para establecer la supremacía del córtex prefrontal por sobre el resto del encéfalo, tal como las evidencias que demuestran que la corteza prefrontal es la que posee mayores conexiones con el resto de la corteza cerebral (García Molina, A, 2015).

Además del control motor y de la expresión del lenguaje, el lóbulo frontal reúne otras tres funciones que caracterizan al comportamiento humano: funciones ejecutivas, emocionales y sociales, y que tienen al córtex prefrontal como epicentro, constituyendo así una verdadera coyuntura psiconeurobiológica que permite la interacción *con uno mismo*, *con lo otro* como objeto del mundo, y *con el otro* como ser social; es entonces, una pieza clave que caracteriza y enriquece nuestro comportamiento.

A través de la corteza prefrontal el sujeto se comunica: a) con sí mismo, mediante la puesta en marcha de la planificación de los procesos psicológicos complejos y de la toma de decisiones (a través de actos racionales y emocionales); b) con el medio, que modificando al sujeto, éste a su vez modifica al medio, garantizando así una organiza-

ción recursiva en el procesamiento mental, y c) con el otro, mediante la identificación y diferenciación social.

Teniendo en cuenta que la corteza prefrontal presenta las conexiones más ricas y extensas en todo el cerebro y que es responsable de las funciones más humanas, resulta entonces razonable entender el creciente interés de otras disciplinas en el estudio de la corteza prefrontal para generar su propio conocimiento. Es así como asistimos a una época donde el estudio de la corteza prefrontal está traspasando los límites de una disciplina neurobiológica, como en nuestro caso la Neuroanatomía y Neurofisiología. Hoy también comienza a tener protagonismo en algunos círculos de investigadores que representan a la Filosofía, a la Sociología, y a la Lingüística.

El pensamiento y la corteza prefrontal

Lejos de ubicarnos en una postura localizacionista, es natural que nos surja una pregunta: ¿Cuál es la relación entre la corteza prefrontal y el pensamiento? Más aún si nos dedicamos a estudiar y a analizar la neuroanatomía y la neurofisiología aplicada al psiquismo. Pregunta que no suelen hacerse quienes estudian y analizan la neuroanatomía con otros fines; tal el caso de la neurocirugía, donde el interés radica en una estricta morfología descriptiva. El conocimiento de esa morfología constituye una importante herramienta para la neurocirugía, ya que es determinante para la realización de una intervención neuroquirúrgica.

Volviendo a la pregunta, resulta claro e indiscutible que el pensamiento no tiene un lugar determinado dentro del cerebro, pero como tantas funciones, si bien el cerebro funciona como un todo integrado, tiene también centros críticos. Es precisamente la corteza prefrontal el punto de reunión de diversas operaciones mentales que en conjunto conforman el pensamiento humano. Pensamos cuando razonamos, cuando nos proponemos resolver un problema, cuando tomamos una decisión, cuando calificamos lo que percibimos, cuando nos detenemos a controlar nuestros impulsos o, como estamos haciendo, cuando asumimos un control deliberado de nuestro propio proceso del pensamiento (Delgado Losada, María L.2015).

Y como hemos analizado en el Capítulo anterior, el pensamiento es un proceso, por tanto es acción. Pensar es movimiento. Sin acción no existe el pensamiento. Tengamos en cuenta que el discurrir del pensamiento se representa en el lenguaje, y en él son imprescindibles los verbos, ya que sin ellos no sería posible pensar ordenadamente. Una vez más, se nos representan los ejes temporales y espaciales que le dan marco a nuestra vida. En este caso a través del pensamiento, que exige espacio para transitar y tiempo para actuar.

¿Qué tipo de proceso es el pensamiento? Cognitivo, sin dudas. Nos vamos así acercando a satisfacer nuestro afán de ubicación. Que si bien siempre será incompleto, resulta tranquilizador para quienes se desempeñan en una disciplina psiconeurobiológica. Al ser

cognitivo nos permite correlacionarlo con áreas corticales cognitivas, es decir, asociativas. Y como fuera expresado, sobran motivos para señalar a la corteza prefrontal como el principal centro en donde apoyar al pensamiento. Centro que como tal, reúne a diferentes áreas. Pero dicho centro no es independiente. Tiene el privilegio de estar comunicado con casi todo el encéfalo. Y desde ahí manejamos o dirigimos nuestro pensamiento.

Así entonces “el pensamiento es un proceso cognitivo y dirigido hacia un objetivo” (Delgado Losada, María L.,2015). En este proceso se pueden realizar las siguientes operaciones cognitivas:

- Razonamiento
- Resolución de problemas
- Categorización
- Control de la conducta
- Toma de decisiones
- Metacognición.

Razonamiento

Es una operación mental que nos permite manipular nuestro conocimiento del mundo de forma interna. Podemos diferenciar dos tipos: el deductivo y el inductivo.

En el deductivo las conclusiones no aportan ningún conocimiento nuevo de la realidad, ya que llega a una información que ya estaba incluida en las premisas de las que parte, sólo que las hace explícitas. Ejemplo: si todos los alumnos que se presentan para rendir el examen final de Neuroanatomía y Neurofisiología ya aprobaron Biología, y Emilia se presenta a rendir el examen final de Neuroanatomía y Neurofisiología, se puede determinar que Emilia ya aprobó Biología.

Si bien hay diferentes tipos de razonamientos deductivos y cada uno presenta áreas cerebrales específicas que intervienen predominantemente, existen áreas corticales cerebrales comunes a la puesta en marcha de un razonamiento deductivo. Estas se hallan lateralizadas al hemisferio izquierdo, donde el córtex prefrontal interviene con la segunda circunvolución frontal (también llamada circunvolución media, tanto desde el lado lateral como el medial); y como es un área cognitiva y asociativa, participa junto al área asociativa posterior o ténoro-parieto-occipital (Carmona, S y Moreno, A .2014).

Este tipo de razonamiento fue estudiado desde la antigüedad hasta nuestro tiempo a través de la Lógica (asignatura incluida incluso en planes de estudios de grado de la carrera de Psicología), cuyo fin es establecer un modelo normativo del funcionamiento de este razonamiento en un contexto ideal.

En el razonamiento inductivo se busca inferir que va a ocurrir, partiendo de acontecimientos previos, aunque no permite establecer certeza sino probabilidad. Ejemplo: cuando Patricia viaja a París es muy feliz, cuando Patricia va a un recital es muy feliz, cuando Patri-

cia chatea con amigos es muy feliz, por lo tanto, viajar a París, ir a un recital y chatear con amigos producen mucha felicidad.

En relación al sustrato biológico, la misión de controlar este razonamiento recae sobre la corteza prefrontal dorsolateral. Y por los mismos motivos que en el razonamiento deductivo, participa junto a áreas témporo-parieto-occipitales (Carmona, S y Moreno, A .2014).

Este tipo de razonamiento es el que se utiliza en Estadística, y nos permite suponer las probabilidades de que un hecho suceda o no, desplegando entonces un modelo normativo en base al análisis de hechos previos.

Al momento de realizar nuestras actividades de la vida diaria, nuestro pensamiento no siempre utiliza ambos tipos de razonamiento. Si bien nos garantizarán más beneficios, la vida nos exige llegar a conclusiones de manera rápida y muchas veces con un bagaje insuficiente de conocimientos sobre un hecho. No tenemos todo el tiempo para razonar, tampoco para tomar decisiones ni para resolver un problema (operaciones mentales que a continuación desarrollaremos). Es así como Herbert Simon en su modelo de racionalidad limitada plantea que las personas tomamos decisiones de forma parcialmente irracional a causa de nuestras limitaciones cognitivas, de información y de tiempo. Y para ello usamos atajos en los que nuestro sistema cognitivo nos permite responder adaptativamente en el tiempo exigido. Así surgen las intuiciones, provistas en nuestro desarrollo evolutivo, que emergen desde las regiones más profundas del cerebro, donde se entrecruzan nuestras emociones y pasiones.

Como dice Roberto Rosler, en forma tan simple como brillante, “Yo creo que deberíamos dejar de lado este rótulo de Homo sapiens-sapiens y ponernos un nombre que se adapte mejor: Homo emocionalis. Creo que es la característica que mejor nos define” (Rosler, R, 2015).

Resolución de problemas

Estamos frente a un problema cuando reconocemos un objetivo pero no sabemos cómo alcanzarlo, y entonces buscamos establecer un plan para intentar lograrlo. Los métodos más usados para resolver un problema son los heurísticos y los algoritmos. Un heurístico es un procedimiento aproximado. Contrariamente un algoritmo es un procedimiento que lleva a una solución correcta.

Un ejemplo de un heurístico será juzgar a un individuo basándose en la primera impresión que tenemos de él, pudi ndonos equivocar si seguimos una descripción del grupo al cual pertenece, ya que puede ser poco representativo. Sin embargo, aunque imperfecta, los posibles errores a los que nos lleva un heurístico contrastan con los más frecuentes aciertos.

Un ejemplo de algoritmo será seguir los pasos que tengo que hacer para poner en funcionamiento la nueva cafetera con cápsulas que acabo de comprarme. Tomar un café dejó

de ser un problema cuando mi hija me diseñó un algoritmo dónde claramente fue separando todos y cada uno de los pasos que tenía que ir cumplimentando para que pueda resolver ese problema.

Si bien son dos procedimientos muy usados para la resolución de problemas, la psico-neurobiología se ha ocupado en estudiar otros dos métodos: el insight y la creatividad. No obstante, los cuatro procesos involucran a la corteza prefrontal, asumen una actividad bilateral y reclutan diversas áreas corticales.

En el caso del insight el componente más relevante que se activa es el córtex prefrontal medial y cingular. En la creatividad resulta imprescindible una intensa reciprocidad de la corteza prefrontal con la corteza tétoro-parieto-occipital. Esta actividad combinada de estas dos áreas asociativas es el sustrato de una de las mejores obras de la mente humana.

Categorización

Es la operación mental que permite ordenar nuestra realidad, o mejor dicho, esa realidad que se nos presenta y que nuestro cerebro se representa a través de sus canales perceptivos. Categorizando conocemos mejor el mundo y, en consecuencia, nos preparamos para actuar. El resultado de este proceso nos permite llegar al concepto, que constituye la base de nuestro conocimiento del mundo y que es almacenado en las redes neurales de nuestra memoria semántica como representaciones de nuestra cultura.

En esta operación mental del pensamiento la corteza asociativa anterior (prefrontal) se hallaría subordinada a la corteza asociativa posterior (tétoro-parieto-occipital).

Control de la conducta

Las operaciones mentales encargadas de controlar la conducta se denominan funciones ejecutivas. Las alteraciones de estas funciones determinan el síndrome disejecutivo, que se caracteriza por afectar la realización de conductas apropiadas en el desenvolvimiento de la actividades de la vida diaria del sujeto, aún con indemnidad de otras funciones cognitivas.

Estas funciones están diseñadas para adaptar al individuo a situaciones nuevas, imprevistas o fluctuantes, y exigen el despliegue de otras habilidades que permiten diseñar y ejecutar un plan de acción, controlar su desarrollo y direccionar flexiblemente la atención.

De este modo, no existiría operación mental que no incluya un funcionamiento ejecutivo, el cual se encarga de supervisar al resto del procesamiento cerebral. Se encuentra representado en la parte superior del modelo de organización del sistema nervioso propuesto por Tamaroff y Allegri en *Introducción a la Neuropsicología Clínica*.

La corteza prefrontal, sede de las funciones ejecutivas, representa aproximadamente el 30% de la corteza cerebral, y se halla por delante de las áreas motoras y premotoras del

lóbulo frontal. Funcionalmente tiene aferencias y eferencias que la vinculan con todos los sistemas sensoriales y motores del cerebro. Es así que asume el papel de *director* o *capitán* del cerebro.

La corteza prefrontal se divide en tres regiones, que se relacionan con las tres caras del cerebro: la externa o dorsolateral, la interna o ventromedial y la inferior u órbitofrontal. Cada una de ellas participa en funciones propias, y las lesiones circunscriptas a una de ellas determinan la presencia de un síndrome neuropsicológico específico:

en el córtex prefrontal dorsolateral se planea *el cómo* realizar una acción, su falla determina que un sujeto se vuelva desorganizado para elaborar un plan,

en la corteza órbitofrontal dónde se establece *el qué* realizar, su disfunción le impide al sujeto aceptar las normas sociales, actuando con desinhibición y falta de empatía, y

en la corteza ventromedial se elabora *el cuándo* realizar una conducta, por lo que su alteración caracterizará a un sujeto carente de iniciativa, sin motivación para emprender la realización de un acto (Estevez-Gonzalez, A, 2000).

Retomando el concepto de director o capitán del cerebro y con el fin de manipular la información procesada en el resto del cerebro, son muy ricas las conexiones córtico-corticales, no sólo con todas las áreas neocorticales, especialmente las asociativas, sino también con la paleo y arquicorteza. Pero además, es muy fuerte su vinculación con los ganglios basales.

De este modo, la corteza prefrontal se comunica estrechamente tanto con el resto de los componentes concientes (corteza cerebral), como con los no concientes (ganglios basales).

De las conexiones corticales, y atento a la relevancia del procesamiento de las imágenes en el cerebro humano, destacamos la comunicación del córtex prefrontal con las áreas occipitales. En este caso se destacan las proyecciones que desde el lóbulo occipital, siguiendo las regiones infratemporales y parietales, alcanzan a la corteza prefrontal. Las primeras para la identificación visual de los objetos y las segundas para su ubicación en el espacio. Y ambas imprescindibles para el procesamiento atencional y de la memoria de trabajo.

De las conexiones con los ganglios basales (también denominadas frontobasales o frontosubcorticales), interesa subrayar su comunicación directa e inicial con el neocórtex, luego del cual a través del pálido, arriban al tálamo, que vuelve a conectarse con la corteza prefrontal. Se establece así un circuito o *bucle*, formado por una conexión frontotalámica y otra tálamo-frontal (Young, P. 1998). Estos bucles, en los que interviene fundamentalmente la dopamina, se destacan en el procesamiento atencional, en la memoria de trabajo y en el aprendizaje de respuestas apropiadas al objetivo, cuando se articulan adecuadamente los hechos del mundo exterior y las ideas del sujeto transformadas en acción.

El desarrollo de las funciones ejecutivas está ligado a la maduración del cerebro, particularmente a la de la corteza prefrontal, que desde el punto de vista filogenético es la más desarrollada en los seres humanos respecto a cualquier otra especie. De todas las funciones cognitivas, las ejecutivas son las que requieren más tiempo para completar su desa-

rrollo, el cual no sólo depende del propio córtex prefrontal, sino también de todas las conexiones aferentes y eferentes que presenta. Estas funciones se van desarrollando paulatinamente desde el nacimiento hasta más allá de los 20 años de vida, cuándo alcanzan el nivel del adulto. Para completar su desarrollo estas funciones requieren de un adecuado proceso de maduración neuronal, consistente en crecimiento dendrítico, establecimiento de nuevas sinapsis, mielinización de sus axones, y períodos de podas neuronales que afianzan el proceso de maduración. Pero estos procesos, estructurales y funcionales, no son suficientes; para la maduración de las funciones ejecutivas también es necesaria una adecuada interacción entre el niño en desarrollo y el medio ambiente, especialmente para el reordenamiento sináptico. Conceptos incluidos en los principios de Kandel y que se retomarán en el Capítulo 6.

En el otro extremo de la vida, la declinación cognitiva fisiológica producto del envejecimiento del adulto mayor, incluye a las funciones ejecutivas, siendo más sensibles la flexibilidad, el control inhibitorio y la atención selectiva.

Toma de decisiones

Es un proceso que consiste en elegir una alternativa en un conjunto de alternativas posibles, implica aplicar un juicio, adoptar una posición y elegir entre dos o más opciones que se le presentan al sujeto (Paolini, N. 2011). Es la operación mental que más frecuentemente despliega nuestro pensamiento.

Y en este punto resulta importante señalar que en la toma de una decisión intervienen diferentes áreas corticales como también centros subcorticales, ya que no solo operan aspectos cognitivos (corticales), sino también factores emocionales (corticales y subcorticales). La toma de decisiones se apoya en la corteza prefrontal, en la corteza insular, en la amígdala y en el cuerpo estriado.

Circunscribiéndonos a la corteza prefrontal, y teniendo en cuenta su división en dorsolateral, orbitofrontal y ventromedial, es ésta última la que representa el sustrato biológico donde las emociones interactúan con las decisiones. Es el verdadero punto de encuentro para que las emociones intervengan en el sujeto a la hora de tomar una decisión. Por lo tanto, una decisión no siempre es racional, interviene también la emoción para agilizar la respuesta. Esa emoción, que actúa antes del procesamiento cognitivo y que guía la elección del sujeto, equivale al marcador somático propuesto por Damasio. La alteración del mecanismo de este marcador determina errores en la elección más apropiada; ya sea por ausencia del marcador (situación poco frecuente) o por la falla en la percepción del mismo (situación más frecuente). Si tenemos en cuenta que la percepción e interpretación del marcador somático se realiza en la corteza prefrontal ventromedial, los sujetos con disfunciones corticales en dicha región padecen severas dificultades para poder tomar decisiones correctas para su vida diaria. Sin embargo, puede tratarse de sujetos con muy buena performance cognitiva

general, pero a la hora de tomar una decisión, lo hacen mal. Nada más. ¡Ni nada menos!
(Damasio, A 2006)

Si bien la toma de decisión es una operación mental que confluye en la corteza prefrontal, más precisamente ventromedial, para *decidir* de manera eficiente recibe las siguientes aferencias:

aquella que le proporciona la realidad externa: a través de la corteza asociativa posterior o ténporo-parieto-occipital, a donde arriban todos los sistemas perceptivos luego de un paso talámico,

aquella que le aporta el contenido propio del sujeto; que se halla almacenado en las redes neuronales neocorticales, por acción del hipocampo mediante el proceso de consolidación, y

aquella que le provee la realidad interna no conciente: que emerge desde las profundidades subcorticales del complejo amigdalino. (Ansermet, A y Magistretti, P, 2006). La intervención de esta aferencia amigdalina se relaciona con la expresión de la emoción, equivalente neuroanatómicamente a las eferencias de la amígdala sobre el hipotálamo y el tronco cerebral, y neurofisiológicamente con las respuestas neurovegetativas y neuroendócrinas. En conjunto correspondería al marcador somático de Damasio, que previo paso por la corteza insular, se proyecta a la corteza prefrontal *para ofrecerle* otra variable a la hora de tomar una decisión. Esta realidad interna que aporta la amígdala, y que no es conciente, también proviene del entorno, pero luego del ingreso perceptivo y de su paso talámico. Nunca llegó a la corteza, *prefirió* tomar un atajo y pasar directamente a la amígdala.

Esta aferencia no conciente representa la señal de alerta que se enciende cada vez que vamos a elegir una opción que no es la adecuada, y que ha sido programada en experiencias previas. Es el motivo por el cual muchas veces no podemos justificar nuestra elección, que sin embargo la consideramos racional.

No estamos diciendo que el inconsciente está localizado en la amígdala, sino más bien sugerimos que la posición estratégica de la amígdala, en la interfaz entre los estímulos externos y las respuestas somáticas, permite reactivar las huellas inconscientes previamente inscritas y los estados somáticos asociados. Es una de las vías por las cuales un estímulo externo puede activar un escenario fantasmático y su estado somático asociado, y lograr así una puesta en acción de la pulsión.

La pulsión exige ser descargada por medio de un objeto o de una acción, a fin de resolver el estado somático desagradable (Ansermet, F. Magistretti, P 2006).

Metacognición

Cuando el sujeto toma conocimiento del funcionamiento de su manera de conocer y aprender, está operando con la metacognición, *una verdadera cognición de la cognición*. “Los seres humanos tenemos la capacidad de pensarnos a nosotros mismos, la cual se trabaja desde la introspección a través de la concientización y evaluación de nuestros actos y de su posterior corrección” (Brusco, L. 2018)

El reconocimiento de esta operación mental ha permitido iniciar la búsqueda de métodos y programas que enseñan a pensar. La necesidad de demostrar la importancia de la enseñanza del pensamiento ya fue expresada a fines del siglo XVI por Francis Bacon: “la mano desasistida y el entendimiento por sí solos apenas tienen fuerza. Los efectos se producen por medio de instrumentos y auxilios, de los que el entendimiento no precisa menos que la mano” (Saiz, C. 2002).

Las bases de la metacognición parecieran descansar en la conectividad funcional del cerebro, aquella que es dependiente del dominio del tiempo y que permite la actividad neuronal de regiones cerebrales anatómicamente separadas. Esta conectividad funcional puede sostenerse con conexiones neurales, pero también puede existir entre regiones que no estén directamente unidas por axones. Cuando el sujeto está pensando sobre la manera de pensar en sí mismo se activan redes neurales de la corteza prefrontal (Carmona, S. y Moreno, A. 2014).

El cerebro social

Con el fin de comprender en forma integral el funcionamiento del lóbulo frontal podemos asumir que participa en 5 funciones: motricidad, lenguaje, razón, emoción y social. Si nos circunscribimos a la corteza prefrontal (y no lóbulo prefrontal, aunque nos seduce este concepto de Imbriano), entonces nos debemos centrar en el cerebro racional, en el cerebro emocional y en el cerebro social.

Hasta ahora hemos señalado los aspectos más relevantes de la corteza prefrontal como asiento de funciones racionales, dejamos para el capítulo 5 las consideraciones de la corteza prefrontal en las funciones emocionales. A continuación haremos las consideraciones de la intervención de la corteza prefrontal en el cerebro social.

El hombre no nace siendo hombre, sino que se constituye como tal en la cercanía de otros seres humanos; es decir, en sentido estricto, el hombre no crece, sino que concrece —crece con— mediante un proceso de socialización y de una futura posible modificación de la cultura donde se proyecta su existencia. No hay posibilidad de ser hombre en la soledad absoluta; se es hombre en la convivencia, aunque ésta lleve consigo los problemas propios del estar con el otro o los

otros, pero también la posibilidad de construir unas relaciones interpersonales cimentadas en el amor (Trujillo, A 2010).

En este proceso de socialización el cerebro humano se va modificando. Producto de la interacción la cultura se transforma en naturaleza. El uso de herramientas transforma nuestro cerebro, aunque no todas producen el mismo impacto; una de las de mayor influencia ha sido la escritura, inventada unos 3500 años antes de Cristo, modificando profundamente nuestro cableado neuronal. (Lledo, P. 2018). De igual modo pareciera impactar el uso de las nuevas tecnologías.

Es decir, el entorno social produce cambios en la estructura de nuestro cerebro; éste a su vez desarrolla estrategias que le permiten una mejora adaptación *al otro*. Los mecanismos cerebrales que permiten entenderse con el otro, se encuentran depositados en circuitos neurales. Circuitos cuya unidad neuroanatómica y neurofisiológica está conformada por neuronas, verdaderos ladrillos que edifican nuestro sistema nervioso. En este caso, no interviene cualquier neurona, sino las neuronas espejo.

Descubiertas por Rizzolatti y colaboradores a fines de la década de 1980 en Parma, Italia. Mientras estaban llevando adelante una investigación sobre la corteza motora de monos, en forma imprevista y sorpresiva observaron actividad en el cerebro del mono cuando uno de los investigadores se llevaba un maní a su boca y el mono solo lo observaba. Luego de varias repeticiones para comprobar la veracidad de semejante hallazgo, se obtuvo siempre el mismo resultado. Fue el punta pie inicial, la primera presentación que hicieron las neuronas en espejo.

Neuronas que se activaban en el mono cuando comía un maní o cuando solo veía que otro comía un maní. Posteriormente pudo demostrarse que también se activaban cuando oían que otro comía un maní, o simplemente suponían que se iban a comer un maní. Comenzaba a ser posible predecir la acción siguiente, es decir comprender las intenciones en las acciones de las otras personas.

Estas neuronas se ubican preferentemente en la corteza prefrontal y en el lóbulo parietal posterior. Como la percepción y la acción pueden darse unificadas, y no como procesos separados dentro de la corteza, estas neuronas permiten codificar ambos procesos. Son entonces neuronas visuo-audio-motoras, capaces de convertir la información sensorial en representaciones motoras.

En el ser humano las neuronas espejo cumplen un rol esencial desde el momento del nacimiento, constituyen las bases psiconeurobiológicas del apego, permitiendo esa singular conexión del recién nacido con su madre a través de la mirada durante el momento de la lactancia, y al año de edad hacer una lectura de anticipación de las acciones. Se inicia así la interacción social. Pero adoptar la perspectiva del otro, suponer sus intenciones, requiere mayor desarrollo del encéfalo. Es un punto que se alcanza aproximadamente a los cuatro años de edad y se corresponde con la formación de la teoría de la mente o mentalización. Este proceso permite inferir qué está pensando un sujeto o cuáles son sus intenciones, sin involucrarse emocionalmente. Pero si eso sucede, si un

sujeito observa a otro en un estado emocional determinado y experimenta ese mismo estado, entonces está desarrollando la empatía. A diferencia de la mentalización o teoría de la mente, que requiere una maduración cerebral para su puesta en marcha, la empatía está integrada en nuestro cerebro desde las primeras horas de vida (el llanto de un bebé hace llorar a otro). No obstante su completo desarrollo se alcanza estimativamente a los dos años de vida (el niño busca consolar a un par).

Las bases neurobiológicas de la teoría de la mente descansan principalmente sobre áreas asociativas; en su accionar conjunto permiten representarse la postura del otro sujeto e independiente de la de sí mismo. Estas áreas son: la corteza prefrontal medial y la tampo-ro-parieto-occipital.

Es interesante destacar un aporte de la psiconeurobiología a la comprensión y entendimiento de muchos conflictos sociales. Cuando el sujeto hace una predicción del pensamiento del otro, a partir de lo que pensaría él mismo en esa situación, se activa significativamente la corteza prefrontal medial. Pero existen diferencias. Si el otro es categorizado como similar se activa su porción ventral, y si lo consideró diferente se activa la dorsal (Carmona Cañabate J. 2014).

Las bases neurobiológicas de la empatía se encuentran en la ínsula y el cíngulo anterior, precisamente el mismo sustrato para decodificar el dolor propio como el ajeno. ¿Cómo participa entonces la corteza prefrontal? Expresando su capacidad inhibitoria sobre esas regiones, lo cual permite diferenciar y comprender que estamos ante el dolor ajeno (la perspectiva del otro) y no del propio.

Por lo tanto, para un completo desarrollo cerebral es imprescindible la interacción dinámica entre sus propias estructuras con las del medio social, conformando así el concepto de cerebro social. Y gracias a su plasticidad, el cerebro sujeto a cambios, maleable y moldeable, se va transformando paulatinamente. Entonces, vivir en sociedad estimula al desarrollo cerebral, éste estimula el crecimiento de la sociedad, y ésta en su crecimiento y desarrollo exige un mayor desarrollo cerebral.

De esta manera la conjunción de mecanismos biológicos interactuando con mecanismos sociales tiene un rol decisivo en la configuración del libre albedrío. En este sentido, ha sido muy útil el estudio de sujetos con daño cerebral. Los neurocientíficos advirtieron una relación entre áreas específicas de la corteza prefrontal y los comportamientos morales, de modo que el daño en una de esas áreas afectaba seriamente el juicio y el comportamiento moral de esos sujetos, aunque se preservaban otras capacidades cognitivas (Tovar, J.- Ostrosky, F. 2013).

Presentando disciplinas afines

Llegados a este punto advertimos la importancia de ubicar a la corteza prefrontal como una estructura fundamental en la neuroanatomía y neurofisiología al servicio del psiquismo.

A continuación se abordarán conceptos que permitan introducirnos en dos disciplinas afines a nuestra disciplina, que se desprenden de ella, pero que tienen entidad propia y suficiente como para considerarlas independientes: la Psicofarmacología y la Neuropsicología.

La Psicofarmacología, actuando a través de las interferencias en la transmisión sináptica, y la Neuropsicología, participando mediante el diagnóstico y tratamiento de situaciones vinculadas a la corteza cerebral, presentan similitudes y diferencias. Por un lado, comparten su objetivo de estudio que consiste en la relación entre el cerebro y la conducta, y por otro lado se diferencian en que una es propia del médico y la otra del psicólogo.

Se tratan en este capítulo porque, como disciplinas clínicas, sus resultados se miden en la conducta del sujeto/paciente, la cual se apoya en las bases biológicas del cerebro.

Al respecto, interesa recordar tanto el primer principio de Neurociencias de Kandel (“todos los procesos mentales, incluso los procesos psicológicos más complejos, son consecuencia de operaciones del cerebro”), como así también el modelo de organización funcional del sistema nervioso considerado por Tamaroff y Allegri, que ubica a la corteza prefrontal como un sistema de control supramodal.

Así pues, el cerebro con su corteza prefrontal como organizadora y ejecutiva de las bases biológicas de la conducta permiten ubicar a la psicofarmacología y a la neuropsicología como disciplinas clínicas de la conducta. Por esto se introducen conceptos psicofarmacológicos y neuropsicológicos en este Capítulo destinado al Córtez Prefrontal. ¿Es la estructura superior del comportamiento humano?

Introducción a la Psicofarmacología

Son muchas las inquietudes y los interrogantes que, cada vez con más frecuencia, invaden la curiosidad de los alumnos en temas relacionados con la psicofarmacología. Múltiples son los motivos que los impulsa, entre los que podemos mencionar: la masiva propagación en medios de comunicación, la creciente difusión de los avances en neurociencia, los casos psicopatológicos donde los psicofármacos han demostrado eficacia terapéutica, y la necesidad del trabajo en equipos interdisciplinarios de la salud mental, donde el camino humanista interactúa con el biologicista.

También, y no menos importante, comprender este tema permite desmitificar, terminar con la confrontación, y con esa *demonización* que se le suele imputar a una importante herramienta de la terapéutica. Una herramienta que por sí sola es limitada. Requiere de un médico especialista que la indique y de un equipo de salud mental que la sostenga.

(...) se pasa de toda una etapa anterior, en la que los psicofármacos se encontraban, por lo menos para gran parte de psicólogos y psicoanalistas, en un lugar, en el mejor de los casos, secundario, a una nueva etapa en la que, a la vista de los progresos en los resultados de los tratamientos psicofarmacológicos, se caiga una suerte de “fascinación”. Esto puede ir de la mano de la ilusión y/o atribución a los psicofármacos, de algo así como una *restitutio ad integrum* (curación completa). La manera más efectiva de que esto no ocurra es el conocimiento necesario y suficiente (según la profesión que se ejerza) tanto en nociones elementales de farmacología como de (y más específicamente) psicofarmacología (...) no existe el psicofármaco ideal, el psicofármaco perfecto (Jorge, G, 2005).

¿Qué debe saber el estudiante de psicología de psicofarmacología? Pregunta que reiteradamente nos hacemos y escuchamos entre los estudiantes de Psicología. Los aspectos básicos que, a continuación se consideran, pretenden ser una respuesta inicial de los conocimientos del área.

Entonces, ¿qué es la psicofarmacología? es la rama de la farmacología que estudia los psicofármacos. Además de su estudio en las ciencias básicas tiene su aplicación en la práctica asistencial. Es en este contexto donde el psicólogo asistencial, en su práctica diaria, toma frecuente contacto con pacientes que están bajo tratamiento psicofarmacológico. Sospechar la suspensión de un tratamiento con psicofármacos, reconocer el momento oportuno de considerar una terapia psicofarmacológica y mantener un estrecho lazo de comunicación con quien controla este tratamiento, son los aspectos imprescindibles en el diario accionar del equipo de salud mental.

Pensar estrategias de interacción en el campo de salud mental favorece la evolución y readaptación del sujeto, ya que “la ciencia moderna aún no ha producido un medicamento tranquilizador tan eficaz como lo son unas pocas palabras bondadosas”, según la frase atribuida a Freud. Y probablemente nunca lo llegue a producir, pero esa es otra cuestión.

Historia de la psicofarmacología

Más allá que algunos nos sintamos inclinados a pensar que los psicofármacos están con nosotros desde siempre, no es así. En los tratamientos del campo de la salud mental existió una época pre-farmacológica en la que se utilizaron diversas prácticas; a la luz de los conocimientos actuales, los procedimientos que se empleaban podrían ser severamente criticados, aunque pueden ser entendibles en el contexto de la época.

La psicofarmacología, como disciplina científica independiente, tiene sus inicios en épocas muy recientes. Sus antecedentes y orígenes históricos se pierden en el tiempo. Al momento no hay acuerdo entre los especialistas en la materia respecto a qué acontecimiento, descubrimiento o autor marca el comienzo de esta joven ciencia.

Dentro de los abordajes de antaño para los trastornos mentales podemos mencionar a los baños de agua helada, al aumento excesivo de la temperatura corporal, al tratamiento de Sakel (que consistía en provocar hipoglucemias hasta llegar al coma hipoglucémico), a las lobotomías (extirpación parcial o total de un lóbulo del cerebro, generalmente del lóbulo frontal), a las leucotomías (secciones o cortes de la sustancia blanca del cerebro), y a las terapias electroconvulsivas (provocando convulsiones a través de aplicación de descargas eléctricas).

Todos estos abordajes, que podríamos catalogar de cruentos y agresivos, de algún modo intentaban dar respuesta a las *enfermedades mentales* desde una intervención biológica, realizando una intervención en el cerebro.

Fue en la década del '50 cuando la clorpromazina inauguró la era psicofarmacológica. Este psicofármaco, esencialmente un antihistamínico, fue diseñado como un anestésico pero por distintas razones fue administrado a enfermos psiquiátricos y los clínicos de la época constataron acciones terapéuticas sobre los trastornos mentales. Una verdadera serendipia.

En Febrero del año 1952 el médico cirujano Heny Laborit publicaba la primera comunicación del empleo de la clorpromazina como un nuevo estabilizador neurovegetativo. En el año 1957 se sintetizó por primera vez el haloperidol y desde allí se han generado diversos y variados psicofármacos cada vez más sofisticados y efectivos, tendientes a disminuir la producción de efectos adversos (Goodman, L. y Gilman, A. 2001).

Este marco histórico marca el inicio de la incesante búsqueda de métodos para controlar síntomas graves e incapacitantes en los enfermos mentales. Así la psicofarmacología daba sus primeros pasos.

Psicofarmacología: interacción sujeto-fármaco

La psicofarmacología es la disciplina que estudia los fármacos que ejercen su función en el sistema nervioso central induciendo cambios de conducta en quienes los reciben. Es una rama de la Farmacología, una ciencia básica que estudia las interacciones entre las drogas y los seres vivos o partes de los mismos (Goodman, L. y Gilman, A. 2001).

Al estudiar estas interacciones, ¿Cómo sabe un fármaco analgésico que me duele el codo que me lastimé intentando ordenar los juguetes de mi hijo? ¿Cómo sabe que es allí donde se me hinchó y enrojeció? Incluso más, la semana pasada me indicaron el mismo fármaco por un dolor de muelas. Serían entonces diferentes lugares de acción del fármaco. Estos lugares son zonas específicas a donde debe llegar el fármaco para ejercer su función. Si no llega a dicho lugar de nada sirve su recorrido previo, porque no podrá ejercer la función para la que fue diseñado. Ese lugar de acción es el punto de unión a nuestras células del organismo, pudiendo ser un receptor o una enzima. Precisamente para el caso del analgésico, es el lugar donde nos duele.

Surge así la necesidad de incorporar dos conceptos: farmacocinética y farmacodinamia.

La farmacocinética es la rama de la farmacología que dedica su estudio a los procesos a los que es sometido un fármaco a partir de su ingreso al organismo. Es decir, *todo aquello que el organismo le hace al fármaco*, desde su vía de administración (o lugar de ingreso) hasta su eliminación. Es un proceso que incluye a la absorción, la distribución, la metabolización y la eliminación. (En farmacología se utiliza el acrónimo ADME para señalar a los procesos de Absorción, Distribución, Metabolismo y Excreción de un fármaco a cargo del organismo) Veamos estos pasos (Carlson, N. 2006).

Absorción: consiste en la llegada del fármaco a la circulación sanguínea. Puede ingresar por diferentes vías de administración (oral, sublingual, intramuscular, endovenosa, inhalatoria, rectal) La vía más frecuente es la oral. Las formas que se inyectan en la sangre son más rápidas para ejercer en su acción, ¿a qué se debe?, a qué una molécula que ingresa a través de la vía oral debe atravesar diferentes barreras biológicas (estómago, hígado) para alcanzar el lugar de acción; en cambio, la forma endovenosa circula en sangre desde el momento de su ingreso. Es importante tener en cuenta que gran parte del fármaco que circula en la sangre lo hace unido a proteínas plasmáticas, es decir no circula en forma libre. Pero es el fármaco libre el que puede ingresar a los tejidos. Esta consideración resulta de sumo interés a la hora de la administración de un fármaco, ya que en los casos de los sujetos que tienen déficit proteico, tendrá menos proteínas para transportar el fármaco. Al porcentaje del fármaco que alcanza la circulación general se la denomina “biodisponibilidad” (fracción del fármaco biodisponible de la dosis administrada). Obviamente la biodisponibilidad de un fármaco administrado a través de la vía endovenosa será del 100%.

Distribución: es el proceso por el cual el fármaco se reparte en los diferentes tejidos corporales. Esta distribución no es uniforme. Los tejidos que tienen mayor irrigación sanguínea recibirán más pronto al fármaco.

Metabolismo: es la transformación que sufre el fármaco. El hígado es el principal lugar donde los fármacos son modificados, ya que esta glándula actúa como un verdadero filtro, a través del cual pasan todas las sustancias que ingresaron al organismo, a excepción de los fármacos que ingresando al organismo por vía endovenosa que se saltean el paso por el hígado y pasan directamente al lugar de acción. En el momento de la transformación, un porcentaje del fármaco genera metabolitos activos, con igual o mayor potencia de acción que la molécula del fármaco que le dio origen, pudiendo algunos ser tóxicos.

Eliminación: es el proceso por el cual la sustancia abandona el organismo. La principal vía de eliminación es la renal; también se elimina por vía fecal, por el sudor, las lágrimas, la saliva, la leche materna. La fracción libre es la que se elimina,

ya que mientras esté unido a proteínas no se podrá excretar. La capacidad de eliminación renal disminuye con la edad, y ante la presencia de afectaciones renales.

Estos diferentes pasos de transformación del fármaco a cargo del organismo del sujeto, debemos pensarlos como un proceso continuo. Al mismo tiempo que una parte del fármaco está circulando por el torrente sanguíneo, otra fracción se encuentra ingresando al tejido y otra eliminándose. Todo al mismo tiempo. Por lo tanto, si se deja de ingresarlo al organismo (se suspende el tratamiento) este proceso llega a su fin, pero si hacemos un tratamiento continuo (por ejemplo, administrando el fármaco cada 8 horas durante varios días) el proceso continua.

Asimismo, nótese la importancia de considerar estos procesos farmacocinéticos en cada sujeto en particular. La incorporación de un fármaco no sólo dependerá de la indicación precisa, sino también de otros aspectos, como la funcionalidad del hígado y del riñón, la dinámica de la irrigación sanguínea, la cantidad de proteínas circulando en sangre, y la absorción del tubo digestivo en el caso de la administración oral.

La farmacodinamia estudia los procesos mediante el cual el fármaco actúa y modifica estructuras biológicas, sería *todo aquello que el fármaco le hace al organismo*.

Comprende la unión a lugares específicos, los efectos post-receptores y las interacciones químicas entre ellos. Un fármaco nunca inventará una función nueva (no genera acciones de novo); siempre modificará funciones celulares pre existentes, estimulándolas o inhibiéndolas.

¿En qué lugar se une el fármaco? En receptores o en enzimas. Cuando de esa unión surge una respuesta se llama agonista; será agonista parcial si la respuesta es menor y cuando de esa unión no se desencadena una respuesta se llama antagonista (Goodman, L. y Gilman, A. 2001).

Los receptores son moléculas con una estructura química similar a la del fármaco, generalmente proteicas, y que se ubican en las células (en la membrana plasmática, en su interior o incluso en el núcleo). Cuando la molécula del fármaco se une al receptor, forman el complejo fármaco-receptor; y cuando para formarse requiere de dosis muy bajas del fármaco, se dice que éste tiene afinidad. Estas uniones químicas suelen ser reversibles y generan un cambio conformacional que a su vez induce una reacción, la cual determina el efecto farmacológico.

Las enzimas, catalizadores que aceleran las reacciones biológicas, constituyen otra variante de receptor que al modificarse ante la unión del fármaco, cambian su función original.

¿Qué hacen los fármacos? ¿Cuál es la respuesta que se espera de ellos? ¿Cuáles las que no quisiéramos que se produzcan? A continuación conceptualizamos los diferentes efectos:

Efecto primario: es el efecto buscado, deseado, es decir, el efecto terapéutico.

Efecto secundario: es el efecto adverso independiente de la acción del fármaco.

Efecto colateral: es el efecto adverso indeseado y dependiente directamente de la acción del fármaco.

Efecto tóxico: es un efecto indeseado por consecuencia de una dosis mayor de la habitual para dicho fármaco.

Farmacocinética de los Psicofármacos

Si bien en términos generales todos los psicofármacos cumplen con el proceso A.D.M.E., existen ciertas particularidades respecto a otros fármacos. Por ejemplo, en los psicofármacos la biodisponibilidad se define por la cantidad de sustancia que llega a la sinapsis, ya que constituye el lugar de acción propiamente dicho. El objetivo de la administración de un psicofármaco es que llegue a la sinapsis, al punto clave donde podemos manipular esa conexión entre neuronas, modificar su modo de comunicarse. La llegada de los psicofármacos a su lugar de acción depende de una estructura propia del sistema nervioso central: la barrera hematoencefálica. Esta estructura regula el intercambio entre el torrente sanguíneo y el tejido nervioso, tiene funciones metabólicas e inmunológicas, colabora en mantener la homeostasis del lugar, y permite el pasaje selectivo de moléculas, según su tamaño y solubilidad. En general, las moléculas hidrófilas o las unidas a proteínas plasmáticas no la atraviesan; en cambio, las lipofílicas sí logran pasar.

Farmacodinamia de los psicofármacos

Para analizar la farmacodinamia debemos ubicarnos en la sinapsis. En ese espacio sináptico, ubicado entre la membrana pre-sináptica y la membrana post-sináptica, donde se liberan los neurotransmisores, que fueron originados a partir de un precursor, por acción de una enzima, y luego almacenados en vesículas en la terminal pre-sináptica.

Cada uno de estos pasos puede de ser modificados por un psicofármaco, ya sea inhibiendo o estimulando la acción (Carlson, N. 2006).

Citemos algunos ejemplos:

Los antipsicóticos utilizados en el tratamiento de la esquizofrenia (haloperidol, clorpromazina, entre otros) ejercen su acción bloqueando un receptor dopaminérgico (antagonismo post-sináptico) con lo cual al disminuir la transmisión dopaminérgica, se atenúan los síntomas positivos (alucinaciones y delirios).

Los fármacos agonistas dopaminérgicos se utilizan para estimular la transmisión dopaminérgica en los pacientes que padecen la enfermedad de Parkinson, ya que tienen un agotamiento de dopamina en la vía nigroestriada,

¿Qué es el efecto placebo?

Este término nos remite a la acción de complacer, de beneficiar la relación del terapeuta con el paciente, Ya desde la antigüedad se promovían los tratamientos que asociaban una terapéutica física a un discurso persuasivo. Sin embargo, no sólo queda limitado a este vínculo, sino que es un concepto más amplio.

El efecto placebo (fisiológico o psicológico) es el resultante de la administración de un elemento inerte, sin capacidad de generar modificaciones biológicas. ¿Por qué generaríamos algún cambio en el individuo con un fármaco inerte?, la respuesta está en la contracara del psicofármaco. Del mismo modo que un psicofármaco, con una potencia y eficacia definida, puede no generar la respuesta esperada, una molécula inerte puede generar cambios. Esto sucede porque el fármaco no actúa sólo, siempre ejerce su función acompañado con el efecto de la palabra. No somos una transmisión sináptica aislada, ésta forma parte de nosotros mismos. Es un elemento de nuestra naturaleza interior.

La expectativa del sujeto sobre el medicamento y el modo en que se lo indican influye en el resultado final de la terapéutica. Por ello, la participación activa del psicólogo, como marco referencial, resulta esencial para el abordaje interdisciplinario del sujeto en el campo de la salud mental (Carlson, N. 2006).

Tipos de psicofármacos

Utilizaremos una clasificación acorde a las necesidades de nuestro abordaje psiconeurobiológico, señalando especialmente que todos los psicofármacos tienen sus indicaciones precisas, y que deben ser realizadas por profesionales especialistas y con experiencia en el manejo de la psicofarmacología. (Jorge, G 2005)

- Ansiolíticos
- Antidepresivos
- Antipsicóticos
- Estabilizantes del ánimo
- Psicoestimulantes

Los **Ansiolíticos** constituyen el grupo que cuenta con mayor difusión. Actualmente se reúnen bajo el nombre de benzodiazepinas; algunos ejemplos son el diazepam, el clonazepam, el bromazepam y el lorezepam. Inicialmente fueron llamados tranquilizantes menores. Su uso ha sido muy extendido al extremo del abuso irracional. Son fármacos que nos acompañan en el día a día, hasta se han hecho presentes en letras y títulos de temas musicales. Estos fármacos reemplazaron a los antiguos barbitúricos, tan eficaces como las benzodiazepinas pero altamente peligrosos en casos de sobredosis.

Las benzodiazepinas producen los siguientes efectos: ansiolíticos, sedativos, relajantes musculares, hipnóticos y anticonvulsivantes (Stahl, S 2009). Estos psicofármacos actúan ejerciendo su acción sobre el receptor GABA, que al producir el ingreso de cloro a la célula, la hiperpolariza y entonces la inhibe. Por tanto, son fármacos depresores del sistema nervioso central.

Dada la abundancia de receptores GABA en el sistema nervioso central, es difícil ubicar su lugar de acción exacto, aunque se supone que el efecto ansiolítico lo genera al actuar sobre neuronas del sistema límbico y del tronco cerebral, los efectos antiepilépticos sobre neuronas corticales y también del tallo cerebral, el efecto relajante muscular al actuar sobre la médula espinal, el efecto hipnótico sobre la formación reticular y el efecto amnésico, que algunas benzodiazepinas producen, por actuar sobre las neuronas del hipocampo.

Estos psicofármacos pueden ser administrados tanto por vía oral, intramuscular, endovenosa, sublingual y rectal (esta última utilizada para el tratamiento de sujetos con convulsiones de difícil control). Atraviesan rápidamente la barrera hematoencefálica y alcanzan al líquido cefalorraquídeo.

Los efectos adversos se relacionan principalmente con la sedación y la alteración en el funcionamiento general del individuo (por lo que deben utilizarse con precauciones si el sujeto utiliza maquinarias o conduce automóviles). Si bien son fármacos seguros, su combinación con alcohol puede ser letal, y el uso a largo plazo puede interferir con el funcionamiento cognitivo y con la memoria. En algunos casos puede generar reacciones paradójales (efecto justamente contrario al buscado, es decir, excitación, irritabilidad, insomnio), siendo más frecuente en niños, ancianos y personas con daño cerebral, aunque se desconoce el mecanismo fisiológico.

Los **antidepresivos** representan un grupo farmacológico cuya denominación ha subsistido en el tiempo, a pesar de que su uso ya no queda restringido al tratamiento de estados depresivos. Bajo este nombre se encuentran diferentes tipos de psicofármacos, que se definen por su mecanismo de acción.

Los primeros antidepresivos fueron los inhibidores de la enzima monoaminooxidasa (I.M.A.O.), actualmente en desuso por la gran cantidad de efectos adversos que poseen y las peligrosas interacciones con alimentos de uso común, lo cual hace muy difícil su aplicación. Le sucedieron los antidepresivos tricíclicos (A.T.C.) ampliamente utilizados en su momento, pero reemplazados poco a poco por los inhibidores selectivos de la recaptación de serotonina (I.R.S.S.) debido a que con éstos se han observado menos efectos adversos (Jorge, G 2005).

Actualmente los antidepresivos de uso más frecuentes son los I.R.S.S., los inhibidores selectivos de la recaptación de serotonina y noradrenalina (I.R.S.N.), los inhibidores selectivos de la recaptación de noradrenalina y dopamina, y los atípicos o nuevos.

Si bien es motivo de continuas revisiones, originariamente se pensó a la depresión como un trastorno basado en el déficit de monoaminas (como la serotonina y la noradrenalina, entre otros). Por eso, los fármacos que se utilizan procuran aumentar el tiempo de perma-

nencia de dichas moléculas en el espacio sináptico, ya sea inhibiendo su recaptación o demorando su destrucción. Hipótesis reduccionista que no llegó a explicar completamente el mecanismo de acción de este grupo farmacológico. Por un lado, existen sustancias psicoactivas (como la cocaína) que actúa inhibiendo la recaptación de aminas, sin tener efecto anti-depresivo; y por otro lado, muchas investigaciones actuales coinciden en que los fármacos antidepresivos producen cambios en la expresión genómica de las neuronas donde actúan, es decir, cambios a largo plazo.

Este grupo farmacológico también puede utilizarse en sujetos que expresan sintomatología compatible con Ataques de Pánico, Agorafobia, y Trastorno Obsesivo Compulsivo.

De los efectos adversos, algunos son frecuentes y de bajo riesgo, tal como la sequedad bucal, el aumento de peso o la sedación, y otros más severos como el síndrome serotoninérgico que ocasiona hipertermia, rigidez muscular, y que puede llevar al shock y muerte. Su frecuencia en su variante más grave, es realmente baja y se desencadena principalmente ante la asociación de varios fármacos que elevan este neurotransmisor en el organismo.

Los **Antipsicóticos** constituyen un importante grupo psicofarmacológico y de uso muy frecuente tanto en cuadros agudos como crónicos. A pesar de su denominación, no quedan reservados para su utilización en sujetos con padecimientos psicóticos sino que son de amplia utilización sintomática. Como fuera expresado el pionero de este grupo fue la clorpromazina, una serendipia de la psicofarmacología. Como característica general los antipsicóticos bloquean, en mayor o menor medida, a los receptores dopaminérgicos.

La hipótesis dopaminérgica de la esquizofrenia, es también reduccionista en varios aspectos, ya que no es razonable considerar a esta enfermedad como producto de un determinismo biológico. No obstante, resulta muy útil para analizarla en psicofarmacología.

Si bien la enfermedad se asocia a una disfunción en los circuitos dopaminérgicos, también involucra a otros sistemas moduladores difusos como el serotoninérgico y el noradrenergico. El exceso de dopamina en el sistema nervioso de los pacientes con esquizofrenia se ha corroborado desde los años '70.

Existen 4 vías dopaminérgicas que se vinculan con la esquizofrenia y por lo tanto en el mecanismo de acción de los antipsicóticos:

- la mesolímbica (proyecciones desde el área tegmental ventral al sistema límbico), cuyo aumento de actividad explicaría los síntomas positivos (alucinaciones y delirios),

- la nigroestriada (circuito desde la sustancia negra del mesencéfalo hacia el cuerpo estriado), cuyo bloqueo a consecuencia del uso de antipsicóticos, generaría trastornos motores en los pacientes esquizofrénicos,

- la mesocortical (que comunica al área tegmental ventral con la corteza cerebral frontal) sería la responsable de los síntomas negativos (abulia, anhedonia, hipoafectividad, entre otros) por su vinculación con el procesamiento cognitivo frontal, y

- la tuberoinfundibular (que vincula al hipotálamo con la hipófisis y controla la secreción de prolactina), cuyo bloqueo puede explicar la presencia de un efecto inde-

seado y molesto como la galactorrea (secreción láctea de la glándula mamaria), posible en los sujetos que utilizan antipsicóticos (Carlson, N. 2006).

Pero además, al bloquear en menor medida otros receptores, generan otros efectos adversos, tal como hipotensión, sequedad bucal, constipación, sedación, aumento de peso, alteraciones cardiovasculares, alteraciones sexuales.

Si bien existen diversos criterios para clasificar a los antipsicóticos haremos una simple distinción en 2 grandes grupos: antipsicóticos clásicos o típicos y antipsicóticos atípicos. Entre los primeros encontramos el haloperidol, la clorpromazina, la levomepromazina, la prometazina; y entre los segundos: la risperidona, la quetiapina, y clozapina. Los clásicos o típicos fueron los primeros en aparecer, con alta eficacia en reducir los síntomas positivos de la esquizofrenia. Los atípicos, además de continuar con este efecto sobre los síntomas positivos, aportaron una sutil mejoría de los síntomas negativos y menor perfil de efectos adversos. No obstante, los clásicos siguen vigentes por su efecto sedativo y rápida acción antipsicótica.

Las vías de administración de los antipsicóticos clásicos suelen ser oral e intramuscular. En la vía oral la incorporación con alimentos puede alterar su absorción. Existe una presentación de acción prolongada que se aplica por vía intramuscular, aproximadamente una vez por mes y generalmente reservada para pacientes que incumplen con el tratamiento. De este modo se garantiza una liberación diaria de la droga medianamente estable a lo largo de ese tiempo. Se debe tener la precaución que el paciente haya cumplido previamente una etapa de utilización oral, para comprobar la tolerancia del paciente a este fármaco, puesto que una vez aplicada la presentación de liberación prolongada no se puede eliminar de modo inmediato.

Si bien los efectos terapéuticos de los antipsicóticos atípicos se corresponden con una mejora en los síntomas positivos, también mejoran los negativos, los cognitivos y anímicos. Los efectos indeseados pueden surgir tanto de su acción directa como de la interacción con otros fármacos. Los más frecuentes son: sedación, aumento de peso, convulsiones e hipotiroidismo. Mención especial merece la agranulocitosis (disminución de un tipo de glóbulos blancos de la sangre); que en caso detectarse requiere la suspensión del tratamiento.

Los **Estabilizantes del ánimo** son un heterogéneo grupo de psicofármacos que, como su nombre lo indica, se utilizan para el tratamiento del ánimo, la timia, o el humor, Estos son: la depresión, la manía o el trastorno bipolar.

Estos fármacos pretenden equilibrar la esfera anímica cuando ésta se encuentra en un estado disfuncional, ya sea porque la misma se halla en aumento (hipomanía/manía) o en disminución (depresión). Entonces, tienden a mantener nuestra afectividad dentro de variaciones normales, previniendo la aparición de nuevos episodios maníacos, depresivos o mixtos.

Algunos ejemplos de este grupo farmacológico son: la carbamazepina, el litio, el ácido valproico, la lamotrigina y el topiramato. Varios integrantes de este grupo farmacológico

gico son antiepilépticos, y comparten como indicación terapéutica las crisis convulsivas (Jorge, G 2005).

El mecanismo de acción es variado y complejo, incluso aún no se ha terminado de conocer el modo por el cual logran su efecto terapéutico. No obstante, algunos mecanismos son: la inhibición de los canales de sodio y calcio voltaje dependientes, y la inhibición del metabolismo del GABA, aumentando sus niveles en el SNC. En general, tienden a estabilizar la membrana de la neurona disminuyendo su excitabilidad.

Los efectos adversos son muy variados, y los más relevantes son: náuseas y vómitos, toxicidad hepática, sedación, aumento de peso, temblores, y rash cutáneos.

Los **Psicoestimulantes** constituyen un grupo de psicofármacos que aumentan el estado de vigilia y alerta, tal como las anfetaminas y el metilfenidato. Dentro de los psicoestimulantes naturales podemos mencionar a la cafeína, la teína, y la mateína.

El metilfenidato, que actualmente tiene indicaciones precisas, aumenta la disponibilidad de noradrenalina y dopamina en el espacio sináptico. Parece actuar preferentemente en la corteza prefrontal, mejorando los síntomas atencionales que caracterizan al trastorno por déficit de atención con hiperactividad. En dosis más altas actuaría en la vía nigroestriatal para acotar la hiperactividad (Stahl, S.2009).

Consideraciones finales en psicofarmacología

La indicación de tratamiento psicofarmacológico, a cargo del médico especialista y con experiencia en psicofarmacología, resulta una herramienta eficaz ante la presencia de un diagnóstico oportuno y luego de una exhaustiva evaluación clínica (Jorge, G 2005).

Las principales indicaciones de los psicofármacos en la práctica clínica son:

- *psicosis descompensada,
- *adicciones y toxicomanías
- *ansiedad excesiva
- *hipobulia/abulia que bloquea el desempeño diario del individuo
- *insomnio refractario.

Introducción a la Neuropsicología

Para una primera aproximación conceptual podemos decir que la Neuropsicología es una disciplina que estudia la relación del cerebro con la conducta. Se trata de una disciplina clínica que aborda el estudio de un sujeto-paciente que tiene una lesión estructural (neuro-anatómica) del cerebro, que se expresa en alteraciones de la función (neurofisiología). En su estudio convergen variadas disciplinas de la Neurociencia: Neurología, Lingüística, Ingeniería en Sistemas, Antropología, y por supuesto, Psicología.

El campo de acción de la Neuropsicología fue durante años propiedad de los médicos neurólogos; no obstante, la especial capacitación en la realización de testificaciones clínicas como así también su mejor preparación en la biología de la mente, ubica al psicólogo como el profesional más acorde para abordar esta disciplina.

De la mano de la Psicología, aunque sin dejar de ser un campo interdisciplinario, la Neuropsicología ha crecido y se ha desarrollado progresivamente en los últimos años.

La Neuropsicología aborda los casos en los que los sujetos presentan afasias, apraxias, agnosias, amnesias, alteraciones en las funciones ejecutivas, y en las funciones atencionales. Interviene tanto en el proceso diagnóstico como en el terapéutico. Las evaluaciones neuropsicológicas concluyen en el diagnóstico; en tanto, el tratamiento puede requerir la intervención de diferentes abordajes tal como la terapia psicofarmacológica y/o terapia neuropsicológica y/o terapia psicoanalítica.

La importancia de esta disciplina, su rápido crecimiento y su proyección futura puede evidenciarse en la forma que se ha desarrollado, al punto que actualmente asistimos a ramas o subespecialidades que comenzaron a desprenderse, tal como la neurolingüística.

La denominación de esta disciplina permite ubicarla en el límite entre la neurología y la psicología, siendo entonces parte de la neurociencia y afín a la Psiconeurobiología. No obstante, la separación absoluta de la Neurología y la Neuropsicología, resulta artificial ya que ambas convergen en el estudio de las bases neurobiológicas de los trastornos del sistema nervioso con manifestaciones de conducta. En este escenario también interviene la Psiquiatría, participando en el análisis de las manifestaciones psiquiátricas de las afecciones neurológicas, y de las bases neurobiológicas de los trastornos psiquiátricos. Y así, hoy día emerge la neuropsiquiatría, como disciplina que se posiciona entre la Neurología y la Psiquiatría, llamada también neurología de la conducta o psiquiatría biológica respectivamente desde dichas disciplinas.

La neuropsicología se basa en “el análisis psicológico de los pacientes con lesiones cerebrales focales” y “estudia la organización cerebral de las formas complejas de la actividad psíquica” (Luria, A.R 1979). Es “una disciplina surgida como resultado de la maduración de varias ciencias pero, en particular, de la neurología de la corteza cerebral y regiones próximas, y de algunas áreas psicológicas (Azcoaga, J. 1983).

La neuropsicología es una manera de entender como *la neurofisiología de la neuroanatomía* interviene en el comportamiento mental. Es una disciplina con amplia proyección clínica, que basándose en casos clínicos y en investigaciones humanas ha crecido y sigue creciendo vertiginosamente, siendo de suma utilidad para resolver innumerables alteraciones de la relación cerebro/funciones psicológicas complejas.

Evaluación Neuropsicológica

La evaluación neuropsicológica constituye el día a día del trabajo del neuropsicólogo en el campo de la salud mental; evaluación que según el caso en particular puede realizarse en una, dos o más entrevistas.

Inicialmente y luego de haber analizado el caso en particular, el neuropsicólogo hace una selección de pruebas que considera útiles en el sujeto que se dispone a evaluar.

Para dar un ejemplo y acorde al objetivo de este texto, tomaremos un caso clínico donde el sujeto realizó un hecho inédito y violento, cometido en el marco de un alto contenido emocional. Concretamente se trata de un sujeto que sin antecedentes, y ante la sorpresa de todos, cometió un homicidio. El neurólogo oportunamente informó que luego de la evaluación médica neurológica y del examen electroencefalográfico, había constatado evidencias de una disfunción cerebral en regiones cerebrales anteriores y de localización frontal.

En ese contexto, el neuropsicólogo decidió realizar las siguientes pruebas que a continuación se reseñan brevemente, pero sin desarrollar la metodología de cada una de ellas, ya que excede al objetivo de esta obra.

WAIS (Escala de Inteligencia para Adultos de Wechsler) es una prueba de Screening de la actividad cognitiva global de acuerdo a la edad del sujeto, permitiendo establecer su perfil cognitivo y la capacidad del procesamiento mental.

FLUENCIA: luego de confirmar la ausencia de trastornos sensoriomotores, estas pruebas evalúan la fluidez, la rapidez y el control de las habilidades visuales y verbales (fluidez figural, categorial y fonológica, respectivamente). En la realización de estas pruebas pueden ponerse de manifiesto las perseveraciones.

RAVLT (test de aprendizaje auditivo-verbal de Rey): con este test se explora la memoria episódica verbal de largo plazo; evaluándose procesos mnésicos de codificación, almacenamiento, recuperación y reconocimiento de la información de estirpe auditiva.

RCFT (Test de la Figura Compleja de Rey): prueba que evalúa la memoria visual de largo plazo, que evalúa los mismos procesos que el RAVLT pero de naturaleza visual.

STROOP: test que explora la capacidad de flexibilidad cognitiva y la resistencia a la interferencia procedente de estímulos externos; es una prueba muy útil para establecer un índice de la capacidad de procesamiento de informaciones complejas.

TMT: es una test que explora habilidades de atención ya que implica procesar información de dos o más fuentes al mismo tiempo

WCST (Test de clasificación de tarjetas de Wisconsin): es una prueba específica para trastornos disejecutivos. Al clasificar tarjetas se pueden establecer índices de flexibilidad/rigidez en la actividad cognitiva, como así también la capacidad de programar, planificar y secuenciar acciones en vista a un objetivo; como así también la modificación del curso de acción entre otras.

Continuando con el ejemplo planteado, y donde el médico neurólogo dio cuenta que en el sujeto existían evidencias de disfunción cerebral en regiones anteriores, de probable loca-

lización frontal; el neuropsicólogo clínico, luego del análisis de las pruebas que fueron aplicadas, determinó que existía un cierto grado de vulnerabilidad en las funciones atencionales complejas, en las funciones ejecutivas y en la memoria de trabajo.

A través de la interpretación de los resultados obtenidos el neuropsicólogo concluyó que el sujeto presentaba. a) un síndrome atencional de característica parcial, centralizado en la actividad atencional de alto nivel que depende de procesos supramodales, b) un síndrome disejecutivo también parcial, donde su vulnerabilidad afectaba fundamentalmente a las habilidades de planificación, que se traducían en comportamientos cognitivos perseverativos, inflexibilidad conceptual y enlentecimiento; no obstante dicha vulnerabilidad no se hacía extensiva a la totalidad de situaciones a resolver, sino a aquellas en que la actividad anticipativa jugaba un rol central; y c) la memoria de trabajo, era paralela y congruentemente la única deficiencia registrada en los sistemas de memoria.

Por lo tanto, a nivel neural estos patrones deficitarios eran compatibles con trastornos disfuncionales en las funciones ejecutivas, en la memoria de trabajo, y en la actividad atencional; y en los tres casos la corteza prefrontal constituía el epicentro común, en continua comunicación con la corteza parietal posterior.

Estas disfunciones neuropsicológicas constatadas, se correspondieron con los hallazgos evidenciados por el médico neurólogo, y eran correlacionables con los circuitos neuroanatómicos y neurofisiológicos que surgían estar afectados.

Con el ejemplo de evaluación neuropsicológica que fuera expuesto resulta de interés señalar y subrayar la importancia de la neuropsicología en el análisis clínico. En tiempos donde actualmente, en muchos círculos profesionales, se prioriza la importancia de la obtención de imágenes (tomografías y resonancias magnéticas de encéfalo) en búsqueda de disfunciones cerebrales *invisibles*, el ejemplo que fuera expuesto permite señalar y subrayar la importancia de la evaluación neuropsicológica en el análisis de sujetos que presentan disfunciones cerebrales y que no se expresan en las imágenes. A veces la imagen brinda una respuesta. Otras veces no.

Un sujeto es más que una imagen. La neuropsicología permite detectar disfunciones mucho antes que la imagen evidencie una alteración neuroanatómica. Por eso, la normalidad de una imagen no implica normalidad del sujeto. Tal como los casos donde la neuropsicología permite detectar indicadores de fallas mnésicas o deterioro cognitivo en adultos mayores, en los que las imágenes son normales y que se trata del comienzo precoz y sutil de una afección neurodegenerativa como la Enfermedad de Alzheimer.

Al llegar al final del Capítulo se recomienda leer la Introducción del Libro.

Síntesis conceptual

- 1) Elabore una definición propia de la corteza prefrontal.
- 2) Construya un resumen de hasta 200 palabras correspondientes al tema El pensamiento y la corteza prefrontal.

- 3) Realice un cuadro sinóptico de las bases neuronanatómicas de las operaciones cognitivas.
- 4) Sobre un esquema de una sinapsis esquematice diferentes mecanismos de acción de los psicofármacos.
- 5) Señale las diferencias entre la Neuropsicología, la Neuropsiquiatría y la Neurología.
- 6) Explique el concepto de neuronas espejo y sus localizaciones cerebrales.
- 7) Confeccione un gráfico que muestre las aferencias en la corteza prefrontal para la toma de decisiones.
- 8) Enumere características de la corteza pefrontal.
- 9) Explique la importancia de la psicofarmacología para el psicólogo clínico.
- 10) ¿Por qué los sujetos con esquizofrenia se benefician con tratamiento psicofarmacológico?

Referencias

- Azcoaga, J y col (1983). Bosquejo histórico de la Neuropsicología del Adulto. En *Las funciones cerebrales superiores y sus alteraciones en el niño y el adulto*. (pp.15-16) Paidós. Barcelona
- Ansermet, F y Magistretti,P (2006). La pareja en el semáforo. Incidentes de la realidad interna. En *A cada cual su cerebro. Plasticidad neuronal e inconsciente*. (pp.183-193) Katz.
- Brusco, Luis, I (2018). Metacognición. En *Salud Mental y Cerebro*. (p.59). Ed. Akadia.
- Carlson, N. (2006) Psicofarmacología. En Carlson *Fisiología de la Conducta* (pp. 108-119) Ed. Pearson.
- Carmona Cañabate, S y Moreno Alcázar, A (2014) Control ejecutivo, toma de decisiones, razonamiento y resolución de problemas. En Redolar, D. *Neurociencia cognitiva*. (pp. 735-744). Ed. Panamericana.
- Carmona Cañabate, S (2014) Cognición Social. En Redolar, D. *Neurociencia cognitiva*. (pp 694-706). Ed. Panamericana.
- Damasio, A (2006) La hipótesis del marcador somático. En *El error de Descartes*. (pp. 204-219) Ed. Drakontos.
- Delgado Losada, María L.(2015). Pensamiento. En *Fundamentos de Psicología*. (pp. 406-432) Ed.Panamericana.
- García Molina, A. (2015) ¿Es la corteza prefrontal el centro del universo? En *Revista de Neurología* (61) (pp. 372-376)
- Goodman, Louis y Gilman, Alfred (2001) Principios generales. En *Las bases farmacológicas de la terapéutica*. (pp.1-156) Nueva York: McGraw-Hill.
- Estevez-Gonzalez et al (2000) Los lóbulos frontales: el cerebro ejecutivo. En *Revista de Neurología* (31) (pp. 566-577).
- Fitzgerald, T et al. (2012). Núcleos basales. En *Neuroanatomía clínica y neurociencia*. (pp. 342-344) Elsevier.

- Imbriano, A (1983). Prefacio. En *El lóbulo prefrontal y el comportamiento humano*. JIMS.
- Jorge, Graciela (2005). Psicofármacos. En *Psicofarmacología para psicólogos y psicoanalistas*. (pp 55-57) Buenos Aires: Letra Viva.
- Jorge, Graciela (2005). Antidepresivos. En *Psicofarmacología para psicólogos y psicoanalistas*. (pp.67-75). Buenos Aires: Letra Viva.
- Jorge, Graciela (2005). Uso de Psicofármacos en tratamientos psicoanalíticos: cuando es sostén, cuando es obstáculo. En *Psicofarmacología para psicólogos y psicoanalistas*. (pp.109-114). Buenos Aires: Letra Viva.
- Jorge, Graciela (2005). Psicofármacos, Psicoterapia: ...la eficacia de lo imperfecto. En *Psicofarmacología para psicólogos y psicoanalistas*. (pp.128-129). Buenos Aires: Letra Viva.
- Luria, A.R. (1979) La neuropsicología y su importancia para la psicología y la clínica.. En *El cerebro humano y los procesos psíquicos*.(pp.35-38) Fontanella.
- Lledo, P.M (2018). Humano, muy humano... En *El cerebro del siglo XXI*. (p.207). Ed. El Ateneo
- Paolini, N. (2011) Proceso de adopción de decisiones. En *El Proceso Administrativo. El "quid" de la Administración*. (pp. 41) Ed. El Haber
- Rosler, R (2015) Fundamentando la neurobiología. En Nazara, C y colab *Cruces entre Psicoanálisis y otras Ciencias*. (p. 60) Lugar
- Saiz, C. (2002). Enseñar o aprender a pensar. *Revista Escritos de Psicología*, 6, 53-72.
- Stahl, Stephen (2009) En *Psicofarmacología esencial. Guía del prescriptor*. (pp. 301-305) Inglaterra: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cambridge.
- Stahl, Stephen (2009) En *Psicofarmacología esencial. Guía del prescriptor*. (pp. 329-333) Inglaterra: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cambridge.
- Tamaroff-Allegri (1995). Organización Funcional del Sistema Nervioso. En *Introducción a la Neuropsicología Clínica*.(pp.39-42) Ed. Libros de la Cuádriga.
- Tovar,J-Ostrosky,F.(2013). Neurociencia y Moralidad. En *Mentes criminales ¿eligen mal?* (p.49). Ed. Manual Moderno.
- Trujillo, A.(2010). El hombre un ser social. *Revista Unimar* (56), pp 47-51.
- Young, P (1998). Ganglios Basales: alteraciones de los movimientos. En *Neuroanatomía clínica funcional*. (pp 100-101). Ed. Masson

CAPITULO 4

Regulación del comportamiento desde el tronco encefálico

Augusto Leonardo Luisi

Introducción

Sin dejar de reconocer las múltiples variables que operan en el comportamiento humano, sean culturales, sociales, medio ambientales; en nuestra asignatura nos corresponde analizar y revisar aquellos aspectos vinculados a la actividad intrínseca del cerebro junto a su modulación, que en gran parte proviene desde el tronco encefálico.

Comenzaremos recordando que en el tronco encefálico existen grupos de cuerpos neuronales que forman núcleos específicos, desde donde los axones se proyectan a través de complejas redes sinápticas para interactuar con neuronas corticales. Así, desde las profundidades encefálicas hacia la superficie del cerebro, el procesamiento de la información queda asegurado.

Pero ¿qué es la formación reticular? y en ¿qué consisten los sistemas moduladores difusos? En Psiconeurobiología son conceptos necesarios para poder continuar con la comprensión de la regulación del comportamiento humano.

La Formación Reticular constituye una intrincada y compleja red polisináptica (de forma reticular), conformada por núcleos ubicados en el tronco encefálico que se comunican entre sí y se proyectan para conectarse con otras estructuras del sistema nervioso. Las conexiones hacia el tálamo se denominan retículo-talámicas, y hacia la médula espinal, retículo-espinales. En el primer caso, intervienen en la regulación del estado de alerta, verdadera puerta de entrada al procesamiento encefálico; y en el segundo, en la modulación de los movimientos corporales. Así, en un momento del sueño la formación reticular nos mantiene dormidos con sus conexiones tálamocorticales, y al mismo tiempo por sus proyecciones hacia la médula espinal nos mantiene quietos.

También, y como la formación reticular recibe aferencias sensitivas, modula la sensibilidad dolorosa; en tanto, por sus conexiones con centros autonómicos, regula las funciones viscerales. Esto explica los cambios de la presión arterial, del ritmo cardíaco y de la respiración del sujeto mientras está durmiendo.

Evolutivamente, la formación reticular es una red filogenéticamente muy antigua. Ya se halla presente en el encéfalo reptiliano de Mc Lean.

Y ¿qué decir de los sistemas moduladores difusos?

Que son proyecciones originadas predominantemente en los núcleos del tronco encefálico y dirigidas hacia la corteza cerebral,

Que las neuronas de esos núcleos liberan diferentes péptidos,

Que las células de la corteza que reciben las conexiones sinápticas pueden ser excitadoras o inhibitorias, contando con varios receptores por cada péptido específico,

Que el conocimiento de estos sistemas conducen a una mejor comprensión del aspecto biológico de la actividad mental, aunque ciertamente de modo parcial,

Que constituye el basamento donde se construye la psicofarmacología actual, y donde descansan las hipótesis biológicas de algunas enfermedades que cursan con trastornos mentales, como la esquizofrenia, la enfermedad de Parkinson y la enfermedad de Alzheimer (Bear, M. 1998).

Cabe recordar que los sujetos que padecen la enfermedad de Parkinson, además de las alteraciones del movimiento como los temblores, la lentitud y las rigideces, también presentan trastornos de la actividad mental.

Varios son los sistemas moduladores difusos. Sólo haremos mención de los principales sistemas: 1) el serotoninérgico, 2) el dopaminérgico, 3) el noradrenérgico y 4) el colinérgico.

El Sistema Serotoninérgico se caracteriza por presentar la más amplia distribución en el sistema nervioso central. Tiene su centro de producción de serotonina en los Núcleos del Rafe, núcleos del tronco encefálico alineados en la línea media, desde donde se distribuyen hacia casi toda la sustancia gris encefálica. Este sistema está vinculado con el componente biológico de la conducta ansiosa, depresiva e incluso con la ira y la agresividad.

El Sistema Dopaminérgico, tiene su base de operaciones en el mesencéfalo, específicamente en dos regiones diferentes, en la sustancia negra o locus niger y en el área tegmental ventral. Si bien ambas regiones producen dopamina, la sustancia negra se proyecta al cuerpo estriado, y el área tegmental ventral lo hace especialmente al núcleo accumbens y a la corteza prefrontal. Así quedan formados los tres circuitos más relevantes: el circuito nigroestriado, el mesolímbico y el mesocortical, ya que en relación al psiquismo estos circuitos participan activamente en la motivación, en la recompensa y en el comportamiento placentero. Se encuentran disfunciones en sujetos que cursan esquizofrenia, la enfermedad de Parkinson, o tienen un comportamiento adictivo.

El sistema noradrenérgico asienta en un circuito originado en el locus coeruleus o mancha azul, otro núcleo del tronco encefálico. Con apenas 15000 neuronas tiene una extensa distribución, ya que cada una de ellas se conecta con más de 200.000 células. Es un sistema imprescindible para regular nuestra atención y vigilancia, y muy activa para detectar estímulos nuevos o inesperados. Es un sistema que nos mantiene en guardia, expectante a los estímulos del mundo exterior que van cambiando a cada momento. Su déficit puede resultar peligroso, ya que nos puede conducir a un enturbiamiento del estado de alerta.

El sistema colinérgico utiliza a la acetilcolina como neurotransmisor. A diferencia de los anteriores tiene dos orígenes. Uno proviene del cerebro, el otro del tronco encefálico. Respecti-

vamente son: 1) el sistema prosencefálico (constituido esencialmente por núcleos septales y núcleos basales, de los cuales, los primeros conectan al área septal con el hipocampo, y los segundos al núcleo de Meynert con la neocorteza), y 2) un sistema pontomesencefálico (constituido por núcleos propios dispersos en la protuberancia y en el mesencéfalo). Este sistema interviene en los procesos de memoria y aprendizaje. La disfunción de los circuitos colinérgicos claramente se pone de manifiesto en la enfermedad de Alzheimer (Bear, Mark. 1998).

Los conceptos de Formación Reticular y de Sistemas Moduladores Difusos se superponen, ya que conexiones de estos últimos participan de la primera. La separación artificial se presenta a los fines pedagógicos y didácticos, no obstante debemos pensarlos integrados, y así reflexionar sobre la complejidad del sistema nervioso.

Los núcleos intralaminares del Tálamo

El tálamo se comporta como la puerta de entrada y la antesala de la conciencia. Todo procesamiento cognitivo y emocional se tramita en este núcleo antes de arribar a la corteza cerebral y hacerse consciente. Con las proyecciones de sus axones establece redes que constituyen el verdadero sustrato psicológico-biológico que activa la conciencia. Por lo tanto, es imprescindible para la puesta en marcha de diferentes funciones cognitivas, como la atención, la memoria y el aprendizaje.

Cuando subdividimos el tálamo en varios núcleos, aquellos que se ubican en el centro y bien profundos se llaman núcleos intralaminares.

Estos núcleos, especialmente los posteriores, participan: 1) en el arousal cortical, generado mediante el sistema reticular activador ascendente (S.A.R.A.) y 2) en el sistema estrío-tálamo-cortical conformado por la conexión entre los ganglios basales (telencefálicos y diencefálicos) y la corteza cerebral.

En ambos casos se forman los circuitos tálamo-corticales y cortico-talámicos, determinando una unidad neurofisiológica que permite vincular diferentes estados de conciencia con diferentes funciones cognitivas. Por lo tanto, el tálamo no es una simple estación de relevo de información entre los circuitos ascendentes y descendentes, hacia y desde la corteza, ya que participa en el procesamiento general de la información. Tiene, por tanto, influencia en las respuestas de la conciencia y en las funciones corticales superiores (como la atención, la memoria y el aprendizaje).

El fundamento neurofisiológico se apoya en la particular capacidad de las neuronas de los núcleos intralaminares del tálamo para disparar a altas frecuencias, facilitando la respuesta de las neuronas piramidales corticales. Se permite así integrar la información de variadas regiones de la corteza cerebral.

Conocer las conexiones intralaminares nos permite entender mejor el procesamiento cerebral de la conciencia. Analizaremos entonces la neurofisiología de la neuroanatomía.

1) ¿qué es el arousal? Es la activación de la corteza cerebral, su *encendido*, una verdadera desincronización de su actividad intrínseca, incrementando además el funcionamiento vegetativo y muscular. Responde a situaciones internas o externas al sujeto, interrelacionando aspectos corticales, somáticos y vegetativos. Es el punto donde la neuroanatomía cortical se sitúa controlando a las dos funciones básicas del sistema nervioso que se expresan a través del sistema nervioso somático o de la vida de relación y el sistema nervioso autónomo o de la vida vegetativa.

De este modo, cuando los arousals se producen reiteradamente en una noche mientras dormimos, el sueño se va fragmentado y es posible que el sujeto tenga somnolencia durante el día. Asimismo, si durante el día el sujeto experimenta e incorpora emociones que conducen a un estado de alerta emocional, los mismos pueden expresarse a través de un exceso de arousals que llevarán a una dificultad para conciliar el sueño y el consecuente insomnio. Por otra parte, en la infancia, una severa disminución del arousal nocturno impediría una adecuada respuesta adaptativa ante una apnea obstructiva, pudiendo así provocar la muerte súbita (Espinar-Sierra, J.1998).

En conclusión, estos núcleos alertando a la corteza mediante su desincronización, activan a los sistemas motores y sensoriales; es decir, encienden a la sensoriomotricidad del pensamiento, participando además en las oscilaciones autonómicas (simpáticas y parasimpáticas).

2) ¿qué es el sistema estrío-tálamo-cortical? Para comprender mejor este sistema debemos destacar las aferencias y eferencias de estos núcleos intralaminares.

Entre las aferencias se destacan a los sistemas moduladores difusos y entre las eferencias aquellas que se proyectan preferentemente a la corteza prefrontal basal y medial, a la cingular, a la parietal, a la temporal, a la occipital y a la insular. De todas estas conexiones se desprende su participación en los procesos de *las memorias*, tanto en la implícita o no consciente, como en la explícita o consciente, y también en la memoria de trabajo.

¿Qué aportes hacen estos conocimientos al terreno clínico? La participación de estos núcleos, tanto en la activación de la conciencia como en el procesamiento de funciones psicológicas complejas, ha quedado demostrada con la pérdida de neuronas intralaminares en algunos sujetos que padecen la enfermedad de Parkinson o la enfermedad de Alzheimer. Dichos sujetos presentaban alteraciones de la conciencia, junto a trastornos atencionales, de memoria y de aprendizaje (Quiroz-Padilla y M. Martí-Nicolovius, 2010)

La conciencia

En nuestra disciplina ya hemos tomado el concepto de conciencia como aquel estado que permite darnos cuenta de nosotros mismos y del medio que nos rodea. **Es un verdadero darnos cuenta.**

Presenta dos componentes en permanente interacción:

el contenido que se halla representado por las funciones cerebrales superiores,

la reactividad que equivale al reaccionar ante estímulos.

La neuroanatomía del contenido es corticosubcortical y la neuroanatomía de la reactividad es mesencéfalo pontina.

El contenido es aquella información que tenemos depositada en nuestras redes neurales, como así también la que se tramita en el momento presente y la que usamos para proyectarnos en nuestros planes futuros; la reactividad es la capacidad que permite su encendido para poder manipular la información representada en el contenido.

Durante el día estamos despiertos, es decir en estado vigil; no obstante con oscilaciones fisiológicas que nos colocan en distintos estados de atención. Cuando dejamos de estar despiertos pasamos a otro estado, también fisiológico: el sueño.

Por tanto, en la vida diaria nuestro estado de conciencia oscila entre el estado de vigilia y su contracara el estado de sueño. Entre ambos hay variaciones del nivel de atención, la cual no se mantiene uniforme. Claramente podemos experimentar en muchos momentos de nuestra vida, cómo la vigilia fluctúa pasando de momentos en que estamos muy atentos y alertas a otros en los que apenas nos damos cuenta de lo que sucede a nuestro alrededor. A veces estamos más activos, atentos y a veces no tan atentos. ¿La atención en clase es siempre la misma? ¿No desciende acaso la atención mientras leemos o estudiamos?

El estado de vigilia o alerta se encuentra en la base de todo procesamiento de la información que realiza el encéfalo, siendo importante tanto para realizar una evaluación neuropsicológica como para hacer una valoración de las funciones mentales de un sujeto. Sin embargo, estar en estado de vigilia o alerta no siempre implica estar consciente, e inversamente en ausencia de vigilia o alerta, tal como ocurre en la actividad onírica, el sujeto estará consciente de su procesamiento mental interno. Entonces, la sensopercepción requiere de la corteza cerebral para una adecuada percepción que permita la realización de actos; pero previamente es necesario el estado de alerta o vigilia.

¿Y el sueño? Como es de suponer en la neurofisiología del encéfalo, no equivale a pasividad. Durante el sueño hay una constante actividad encefálica. Nótese que no decimos actividad cerebral. Interesa recordar que el encéfalo está integrado por el cerebro y el tronco cerebral, integración que permite conformar una unidad funcional. Durante el sueño, esa unidad también se expresa con una conducta. Se producen cambios bioeléctricos, autonómicos y del comportamiento.

Hasta aquí hemos hecho un recorrido desde la neurofisiología, analizando las modificaciones funcionales de nuestro estado de conciencia en situación normal.

Haremos ahora una breve descripción en situaciones patológicas, con el fin de poder entender mejor el concepto de conciencia, y no para profundizar en detalles que exceden a los objetivos de este texto.

En un extremo nos encontramos con la *pérdida de conciencia* al cual se lo denomina estado de coma, verdadera contracara de la conciencia vigil. Existen además estados intermedios patológicos que agrupados con el nombre de estados precomatosos son: la obnubilación, la confusión y el estupor.

En la obnubilación se conserva la lucidez, es un estado donde el sujeto tiene la posibilidad de discernir su ubicación témporo-espacial; y en los otros estados, tanto en la confusión como en el estado estuporoso, pierden la condición de lucidez. El estado estuporoso es el de mayor deterioro de la conciencia previo al coma, en el cual el sujeto sólo puede lograr discretas respuestas frente a la aplicación de un estímulo doloroso.

Entonces, los estados opuestos al alerta o vigilia, son el sueño (mecanismo fisiológico) y el estado de coma (situación patológica). En ambos existe actividad en el encéfalo, inducida activamente a través de complejos mecanismos, que en el sueño permiten el dormir y el despertar, pero en el coma no resulta posible ese despertar. Haciendo un paralelismo entre el sueño y el coma, ambos comparten aspectos neuroanatómicos y neurofisiológicos, uno fisiológico y el otro patológico.

¿Es definitivo el estado de coma? No. Es un estado temporario. Luego de un tiempo presenta varias posibilidades evolutivas:

Recuperación, con retorno a la normalidad o portando diferentes secuelas, desde las más leves pasando por las moderadas hasta las más graves secuelas del estado de conciencia, como el caso del estado vegetativo,

Muerte del encéfalo, y por lo tanto del sujeto; porque no existe posibilidad de vida sin un encéfalo que funcione, que cumpla su rol de relacionarnos con el medio (sistema nervioso somático) y mantener nuestro funcionamiento interno visceral (sistema nervioso autónomo). La muerte del encéfalo es el fin de la vida. Es un *no retorno*. Es la muerte misma del sujeto. Si bien, a través de la moderna tecnología y con los avances farmacológicos, la medicina puede prolongar la sobrevivencia de los órganos del sujeto cuando éste ya ha fallecido, sólo podrá mantener esa vitalidad por espacio de algunas horas. Luego, es imposible reemplazar al encéfalo.

El desconcierto y la confusión que a veces se difunden por medios de comunicación suelen hacer referencia a parciales mejorías evolutivas de pacientes con severas secuelas del estado de conciencia. Es el caso del sujeto en estado vegetativo, estado en el que teniendo una pérdida del contenido de conciencia, conserva su reactividad. Es aquella persona que se despierta, se duerme, tiene movimientos sin propósito, conserva sus funciones viscerales pero no se conecta con el medio ambiente. No hay función de vida de relación, sólo conserva funciones de vida automática o vegetativa. Está vivo, y puede permanecer por años en ese grave estado secuelar. Otro estado, en el que existe un deterioro severísimo del contenido de la conciencia se denomina Estado de Conciencia Mínimo. (Previgliano, I.1995))

Otra confusa apreciación la constituye el relato de aquellos sujetos que manifiestan una experiencia cercana a la muerte. La literatura y el cine han narrado o mostrado imágenes de sujetos próximos a la muerte que sin llegar a alcanzarla vuelven a la vida, aunque en realidad no pueden regresar desde nunca se fueron. No estuvieron muertos. No llegaron al punto de no retorno. El concepto de *experiencia cercana a la muerte* comenzó a utilizarse en el año 1975 en el libro *Life after life* del Dr. Moody. Es una vivencia que muchos sujetos han relatado y donde asocian una sensación de calma y serenidad, en presencia de una profunda ilu-

minación dentro de un espacio similar a un túnel, y dónde en algunos casos se encuentran con seres queridos.

¿Qué aporta la psiconeurobiología al conocimiento de este estado tan particular? El sujeto no está despierto, tampoco en el sueño. Queda atrapado en un estado intermedio de conciencia atravesando un túnel, observando imágenes y con sensación de flotar. Se ha postulado que en severas disminuciones del flujo sanguíneo encefálico, el sujeto puede quedar suspendido en un estado entre la vigilia y una etapa del sueño. (Experiencia muy similar a la de los sueños lúcidos, en los que el sujeto sabe que está soñando pero se le dificulta la separación entre sueño y realidad). En esos momentos la corteza prefrontal dorsolateral presenta una marcada disminución del flujo sanguíneo, y al decaer notoriamente su actividad no resulta posible mantener la función de control ejecutivo sobre el resto del encéfalo. Así aparecen las representaciones extrañas con hechos insólitos que suelen sorprender. En tanto, el descenso de la irrigación de la retina desde la periferia hacia el centro produce en el sujeto la sensación de una luz al final de un túnel ya que conserva sólo la visión central. Y como al mismo tiempo se desactiva la corteza tédporoparietal (normalmente encargada de ubicar nuestro cuerpo en el espacio) comienza a sentirse una extraña sensación de liviandad, levitación y hasta de salirse de su propio cuerpo, comparable a la clásica sensación de volar. (Alonso, J. 2011).

Bases Neurales de la Atención

La atención es la puerta de entrada al procesamiento de la información; sin ella o con alteraciones atencionales, sería imposible considerar al resto de las funciones psicológicas complejas. *Prestar atención* constituye el proceso esencial y previo a toda percepción o acción, antecede a la sensopercepción con intención. Para valorar una decisión de la sensopercepción resulta necesaria la consideración de la memoria y la emoción; no obstante, previamente debe intervenir la atención.

Para su análisis debe tenerse en cuenta:

- que existe un sistema atencional en el cerebro que está separado de otros sistemas de procesamiento de la información,
- que dicho sistema tiene redes anatómicas, que no funcionan aisladamente sino que se integran en el funcionamiento del encéfalo como un todo, y
- que cada área involucrada tiene diferente función.

Siguiendo la descripción del sistema multicomponente de la atención, Posner estableció tres redes neuroanatómicas y neurofisiológicas:

1/ La red de alerta: entendiendo al alerta como el proceso de despertar, que posibilita responder a estímulos del mundo exterior, y fluctúa con oscilaciones rápidas y lentas.

Su sustrato neurobiológico es la formación reticular, y la noradrenalina su neurotransmisor principal.

2/ La red de orientación: permite procesar sucesivamente *la salida de la atención de un foco, la eliminación de los distractores y el cambio de atención*, controlados respectivamente por el lóbulo parietal posterior, el pulvinar talámico y el colículo superior. Es una red proyectada sobre la región posterior del encéfalo.

3/ La red ejecutiva: es el componente efector que termina por ejecutar la atención. Representa la parte activa del prestar atención. Se relaciona con la corteza cingular anterior y su principal neurotransmisor es la dopamina.

La atención es una función de ambos hemisferios cerebrales, no obstante cada uno participa con características propias, el derecho hace un procesamiento holístico y el izquierdo analítico y secuencial. En la modulación, en el derecho predominan los circuitos noradrenérgicos y en el izquierdo los dopaminérgicos. Además, existe una dominancia del hemisferio derecho puesto que, si bien cada hemisferio controla su propia activación, el derecho activa más al izquierdo que éste al derecho (Estevez-Gonzalez y colab. 1996).

Entre las afecciones de la atención merece destacarse aquellos trastornos evolutivos del desarrollo como los trastornos de atención con hiperactividad y los adquiridos como los trastornos de heminegligencia.

La conciencia es un proceso separado de la atención

La atención es un requisito necesario para acceder a la conciencia. Para que un hecho sea consciente requiere de atención.

La experiencia consciente comprende el darse cuenta del medio a través de los sentidos y el darse cuenta de sí mismo mediante el lenguaje interno del pensamiento y la imaginación mental. Ambos dependen de un darse cuenta y de la capacidad de reportarla. Pero también existen estados no conscientes, donde el sujeto no puede ser capaz de reportar la presencia de un estímulo, no obstante es percibido por los sentidos y por el encéfalo, asociándose a respuestas psicofisiológicas o conductuales, que evidencian que el estímulo no consciente fue procesado. En estos casos, el estímulo puede ser poco intenso y no pasar más allá del umbral sensorial para seguir su procesamiento, o tener escasa duración en el tiempo que impiden su llegada al procesamiento consciente, quedando en sectores encefálicos no conscientes debido a la falta de amplificación atencional. Entonces, si se los atiende pueden ser accesibles, pero en el caso de distracción o inatención no puede accederse.

Sabemos que gran parte de nuestros procesos mentales tramitan información no consciente, y el *darnos cuenta o ser conscientes* de un hecho y poder expresarlo implica una modificación en el procesamiento de la información. En este caso para poder transformar una información no consciente en una experiencia consciente se involucran los sistemas frontoparietales, verdaderos analizadores que cumplen funciones de filtros, y que a continuación consideramos:

el frontoparietal externo o lateral (entre la corteza prefrontal dorsolateral y la corteza parietal superior); involucra la realización de movimientos proposicionales ya que re-

gula la atención y coordinación visual, manual y espacial, interviniendo además la memoria de trabajo capaz de manejar la información durante un breve espacio de tiempo. Es el sistema que tramita la cognición de los estímulos del medio ambiente.

el frontoparietal interno o medial (entre la corteza prefrontal ventromedial y la corteza cingular posterior): se trata de un caso de una conectividad funcional, donde la mayor actividad se produce en reposo, e inversamente se desactiva durante la realización de una tarea dirigida hacia un propósito. Es el sistema que tramita la información interna, es autorreferencial en relación a la proyección del pasado y del futuro del sujeto, pero también interviene en la consideración del estado mental de los otros (Carmona Cañabate, S. Moreno Alcazar, A.2014).

el frontoparietal intermedio (entre la corteza cingular anterior y la corteza insular anterior): se encarga de controlar y equilibrar la información más trascendente, tanto del sistema externo como el interno a cargo de los precedentes.

Integrando los circuitos frontoparietales a los ganglios subcorticales nos permite comprender que los actos voluntarios y deliberados si bien comienzan en forma no consciente, llegan a hacerse conscientes a partir de que la corteza prefrontal permite ese darse cuenta. Mientras tanto, las proyecciones hacia la corteza parietal medial posterior y corteza prefrontal medial y cingular anterior determinan: el encendido, la modulación de las respuestas conductuales y el apagado de la conciencia.

Si vinculamos las bases neuronales de la atención con las del pensamiento sensoriomotor podemos observar cómo los estímulos externos del medio ambiente son recogidos en la sensoripercepción, pero requieren de la atención para hacerse conscientes. De igual modo, el inicio de una acción voluntaria requiere de una experiencia subjetiva que sea capaz de considerar la provocación de una respuesta en el medio. Para ello, si bien interviene la corteza prefrontal, ésta debe recoger aferencias de la corteza parietal que permitan corregir y monitorear la acción, y también aferencias subcorticales talámicas que aseguren un adecuado nivel atencional.

Bases Neurales del Sueño

Si bien el sueño es una función del cerebro, su estudio merece abordarse en forma interdisciplinaria. Participa la neurofisiología, la psicología y la antropología, entre otras disciplinas. La antropología ha podido determinar la diversidad de interpretaciones que se han ofrecido a los sueños a lo largo de la historia y a través de muchas culturas, especialmente las no occidentales. Durante el sueño el cerebro no está durmiendo, por el contrario, presenta una actividad cualitativamente distinta a la de la vigilia. Los estados de conciencia del individuo en la vigilia y en el sueño, son diferentes y cada día se conoce mejor su neurofisiología y neuroquímica. El sueño tiene una estructura o arquitectura definida, que oscila entre etapas No MOR y MOR (MOR: Movimientos Oculares Rápidos), ésta última más estrechamente relacionada con los sueños.

A pesar de las posturas reduccionistas cognitivistas o neurofilosóficas, el estudio de los estados de conciencia-cerebrales han sido y deberían seguir siendo una labor interdisciplinaria. La ciencia se ha acercado a su contenido con metodologías innovadoras como el análisis formal, el cual se basa en un estudio estadístico de ciertas características (sensoriales, motores, orientación, memoria, argumento, emociones) que presentan los sueños de muchos sujetos y que han sido recogidos en situaciones de estudio.

En Psiconeurobiología resulta fundamental abordar tres aspectos esenciales que permiten comprender y analizar la actividad encefálica en este momento tan importante de nuestra vida.

¿Para qué dormimos? ¿Cómo hacemos para dormir? ¿Qué sucede cuando estamos durmiendo? Preguntas que podríamos responder si conocemos las funciones del sueño, los mecanismos encefálicos que lo regulan y las etapas que transita un sujeto mientras duerme.

Muchas veces en situaciones especiales de nuestra vida nos hemos preguntado ¿sueño o realidad? La edificación de esa realidad que nuestro cerebro construye se inicia en el proceso perceptivo, a través de un sentido o de varios asociados, y culmina con los recortes y agregados que el mismo cerebro va realizando acorde a las funciones que le permita su estructura.

Y así transcurre la vida. “¿Qué es la vida? Un frenesí. ¿Qué es la vida? Una ilusión, una sombra, una ficción; y el mayor bien es pequeño; que toda la vida es sueño, y los sueños, sueños son” (Calderón de la Barca, siglo XVII).

Como fue expresado, el sueño tiene dos etapas, según existan o no movimientos oculares rápidos, que se denominan MOR y no MOR, o REM y no REM, según su abreviatura en inglés (rapid eye movement). Cada etapa presenta características tan diferentes que permiten analizar la neurofisiología del encéfalo en tres estados diferentes a lo largo del día: el de la vigilia, el del sueño REM y el del sueño no REM.

¿Qué sucede cuándo no estamos durmiendo? ¿qué ocurre en los momentos que permanecemos despiertos, con los ojos cerrados y representándonos imágenes? Momentos en que no estamos soñando. Estamos imaginando.

Existe una similitud neurofisiológica, que responde a nuestra neuroanatomía, entre el procesamiento onírico y la imaginación. Similitud que se comparte también con la percepción de las imágenes del medio. En los tres procesos utilizamos las mismas bases neurales.

Las tres actividades tienen en común al procesamiento visual, principal sentido del encéfalo humano. Ya vimos, en el Capítulo 1, cuando Aristóteles nos advertía que era el más importante de los sentidos, luego la ciencia fue demostrando los motivos por los que Juan Cuatrecasas expresaba el concepto de encéfalo óptico. La mayoría de las células y conexiones encefálicas lo justifican. Por eso imaginamos y soñamos con un contenido prioritariamente visual, el mismo que también utilizamos predominantemente para comprender la realidad.

Esa similitud neurofisiológica responde a nuestra neuroanatomía, donde se apoya el procesamiento onírico, la imaginación y la percepción.

A continuación analizaremos brevemente los tres aspectos esenciales del sueño.

Funciones del sueño

Mucho se ha escrito en relación a la importancia del sueño para nuestra vida. Incluso nosotros mismos sabemos por propia experiencia lo que nos sucede cuando, por el motivo que sea, nos privamos de horas tan importantes para nuestra neurofisiología.

En forma general las funciones del sueño son:

- Disminuir el metabolismo para la reparación y el descanso del cerebro,
- Desarrollar el crecimiento del cerebro, y
- Consolidar el aprendizaje.

La disminución del metabolismo del cerebro durante el sueño se produce durante el sueño no REM y en forma regional, de modo que las regiones que fueron más activas durante el día necesitan descansar más durante el sueño, hecho que puede comprobarse a través del registro de la actividad bioeléctrica cerebral (registro electroencefalográfico). Si bien a través de este registro puede evidenciarse la presencia de ritmos lentos (de descanso) durante el sueño, estos serán más lentos en las regiones cerebrales que estuvieron más activas durante la vigilia.

Respecto a la importancia del sueño en el crecimiento y desarrollo cerebral merece destacarse la cantidad de horas de sueño de un recién nacido respecto a la de un adulto, especialmente la del sueño REM que siendo muy abundante en el neonato disminuye paulatinamente de duración a medida que aumenta la edad cronológica del sujeto.

En relación al aprendizaje interesa destacar la relación existente entre el sueño y la memoria. Hace muchos años ya se demostraba que los estudiantes aprendían mejor si entre el aprendizaje y el recuerdo pasaban horas de sueño, por eso siempre se obtendrán mejores resultados si el sujeto transcurre horas de sueño entre el aprendizaje y el recuerdo que si se permanece en vigilia. (Carlson, N. 2012)

Así como existen diferentes períodos durante el sueño, también existen diferentes tipos de memoria. No hay un sueño único, como tampoco una única memoria. Por eso, si bien no resulta sencillo relacionar en forma categórica al aprendizaje con el sueño REM o con el no REM, muchos autores se inclinan por relacionar la importancia del sueño REM con la memoria procedimental y el no REM con la declarativa.

Cruzando aspectos neuroanatómicos y neurofisiológicos resulta posible resumir las similitudes y diferencias del sueño REM y no REM:

En el sueño REM se activan estructuras relacionadas con la memoria emocional, tal como la corteza cingular anterior y el complejo amigdalino. Probablemente sea el motivo por el cual durante el sueño se activan contenidos oníricos con alta carga emocional, y también el hecho que los sueños suelen estar asociados a estados emocionales,

También es el sueño REM el que se lo suele asociar con la memoria procedimental, al punto tal que los sujetos que realizan un aprendizaje motor tienen mejores respuestas luego de un período de sueño que aquellos que permanecen en vigilia; y si consi-

deramos a los que durmieron, habrán aprendido mejor quienes tuvieron mayor tiempo de sueño REM,

Al comienzo del sueño el sujeto ingresa en la etapa no REM, siendo muy destacada su etapa de sueño profundo que corresponde a la etapa III-IV. Esta etapa coincide con los niveles más bajos de cortisol en sangre, hormona que interfiere con la consolidación de la memoria declarativa. En términos neuroanatómicos, interfiere en la comunicación del hipocampo con sus eferencias a toda la neocorteza. Su disminución mejora la consolidación. En este sentido merece diferenciarse el concepto de consolidación sináptica del de la consolidación de la memoria. La consolidación sináptica requiere del mecanismo de potenciación a largo plazo, y se producen en el sueño REM; en cambio la consolidación entendida como la distribución en las diferentes regiones corticales cerebrales se realizan preferentemente en el sueño no REM, momento en el cual el hipocampo se encuentra especialmente preparado para poner en acción a sus proyecciones eferentes.

En conclusión, el sueño es para descansar, para crecer y para consolidar nuestro aprendizaje. Por eso, si bien podría considerarse que el sueño tiene un componente adaptativo y expresado a través del aprendizaje, se trata de un estado imprescindible para la vida. Si no se duerme, la vida sería imposible. *Hay que restaurar el equilibrio y consolidar lo aprendido*, algo así como parar y avanzar. (Tirapu-Ustarroz, J 2012)

Mecanismos del sueño

Nos vamos a dormir

¿Por qué habitualmente dormimos a la misma hora todos los días? ¿Tiene el sueño un ritmo a cumplir? Efectivamente, el ritmo circadiano; controlado por el encéfalo a través del núcleo supraquiasmático (N.S.Q.) del hipotálamo. Diariamente este núcleo es sincronizado a través de la iluminación externa, de los cambios de temperatura y de los ruidos extremos. Estos estímulos actúan directamente sobre el hipotálamo. Por ejemplo, la exposición de un sujeto después de medianoche a una fuente de luz logra atrasar el sueño, pero si se lo expone antes del amanecer el sueño se adelantará. Por ese mismo motivo, la luz artificial retrasa el sueño y la oscuridad lo prolonga.

¿Cómo actúa este núcleo denominado reloj biológico?

Las células del N.S.Q. reciben aferencias visuales desde las células ganglionares de la retina a través de la vía retinohipotalámica directa, en tanto desde cuerpo geniculado lateral del tálamo por medio de la vía geniculohipotalámica indirecta, le llegan proyecciones que ejercen el rol de reiniciadores del reloj. Esta reiniciación se debe a la intervención de las vías ópticas reflejas (controlan la entrada de luz a través de la contracción y dilatación pupilar) que forman parte de la vía indirecta.

Las neuronas del N.S.Q. proyectan sus eferencias a otros núcleos hipotalámicos, como el área preóptica ventrolateral (A.V.P.L.) que controla el mecanismo del sueño, y hacia núcleos anteriores del hipotálamo que controlan la temperatura corporal.

Por lo tanto, el núcleo supraquiasmático regula el ritmo circadiano vigilia/sueño a través de sus conexiones con centros activadores e inhibidores determinando la transición de la vigilia al sueño (Carlson, N. 2012).

Entramos en el sueño

Cuando comenzamos este proceso ingresamos a la etapa no REM. El área preóptica ventrolateral (APVL), está poblada de neuronas inhibitorias que segregan GABA y proyectan sus axones a los tubérculos mamilares hipotalámicos, a la protuberancia dorsal, a los núcleos del rafe y al locus coeruleus. Estas estructuras están encargadas de activar la corteza y el comportamiento. Al recibir la inhibición de las regiones hipotalámicas activan una inhibición recíproca, que impide que las neuronas de ambas regiones se hallen activas al mismo tiempo. De este modo el sujeto pueda estar dormido o despierto, pero no en los dos estados al mismo tiempo.

Existen además otras sustancias capaces de provocar modificaciones en este complejo mecanismo; la cafeína actúa inhibiendo el centro del APVL, y la orexina (como ocurre también en la motivación del sujeto) activan los centros de activación de la corteza. (Carlson, N. 2012)

A punto de despertar

Durante el sueño hay momentos en los que casi nos despertamos, pero seguimos durmiendo. Son momentos en que transcurrimos en el sueño REM. El primer signo de un episodio REM es la aparición de las ondas PGO; cuya denominación proviene de las iniciales de los centros donde se originan. (P: Protuberancia, G: Genuculado, O: Occipital).

Las neuronas Protuberanciales corresponden a un área específica llamada peribraquial. Estas células segregan acetilcolina, y normalmente se hallan inhibidas en la vigilia y en el sueño de ondas lentas por las neuronas serotoninérgicas (núcleos del rafe) y noradrenérgicas (locus coeruleus). Desde el área peribraquial las neuronas proyectan sus axones hacia la formación reticular pontica y de ahí hacia diferentes regiones encefálicas: 1) al núcleo Genuculado lateral del tálamo, segundo centro que interviene en la génesis de las ondas PGO, 2) al núcleo preóptico para determinar respuestas genitales en el sujeto durmiente, 3) al mesencéfalo para provocar los movimientos oculares rápidos, y 4) a los núcleos motores del tronco encefálico y de la médula espinal para producir parálisis muscular (Carlson, N. 2012).

Y por fin nos despertamos

“Tras el vivir y el soñar, está lo que más importa: el despertar”, decía el poeta español Antonio Machado.

Para considerar el despertar interesa puntualizar que la corteza cerebral se activa neurofisiológicamente desde el sistema reticular del tronco encefálico; pero también desde otras regiones: el cerebro basal anterior (circuitos colinérgicos del núcleo basal de Meynert y del área

septal) y el hipotálamo posterior (circuitos histaminérgicos e hipocretinérgicos). Por ello, existen 3 etapas que deben considerarse para la reacción del despertar. La reactividad dirigida por la formación reticular, su regulación afectiva y atencional coordinada por el cerebro basal anterior y el hipotálamo posterior, y la etapa cerebral, constituida por los hemisferios cerebrales, incluyendo a los ganglios basales. Esta última etapa vincula a la percepción (aferencia), a la orientación con respecto a sí y al medio en el que se halla el sujeto, a la motricidad (eferencia) y a la actividad psicológica compleja determinada por la elaboración y planeamiento de la conducta (Torterolo, P y Vanini, G, 2010).

Etapas del sueño: REM y no REM

Mucho se ha avanzado en el conocimiento de este estado con intensa actividad cerebral llamado sueño; donde se suceden modificaciones autonómicas, bioeléctricas y comportamentales. Dicha actividad puede diferenciarse en dos etapas: el sueño no REM y el REM. Y, como fuera expresado, si agregamos la actividad del cerebro durante la vigilia, es posible establecer 3 etapas diferentes de actividad cerebral en condiciones fisiológicas, y que pueden reflejarse en una neuroanatomía y en una neurofisiología diferente.

Para reconocer las etapas del sueño en un sujeto durmiendo se utilizan métodos de registro de las ondas cerebrales (electroencefalograma) conjuntamente con la valoración de los músculos (electromiograma), del movimiento ocular (electrooculograma) y de las funciones autonómicas. El conjunto de estas mediciones se denomina polisomnograma.

En el electroencefalograma la actividad bioeléctrica cerebral se grafica con oscilaciones sinusoidales denominadas ondas cerebrales, sobre las que se puede medir la amplitud y la frecuencia de oscilación. Precisamente la frecuencia, medida en ciclos por segundo o Hertz (Hz), establece la denominación de las ondas. Las rápidas son las ondas alfa (entre 8 y 13 ciclos por segundo) y las ondas beta (superior a 13). Las lentas son las ondas theta (entre 4 y 7 Hz) y las delta (menores a 4 Hz). En un registro electroencefalográfico fisiológico de un adulto en el estado de vigilia, se advierten ondas alfa en regiones occipitales y beta en áreas frontales. En el sueño se produce una paulatina lentificación de las ondas, quedando conformado por ondas lentas, theta y delta. No obstante, en un momento del sueño sucede un hecho paradójico: se observan ondas rápidas muy similares al estado de vigilia. Por lo tanto, a lo largo del sueño se alternan ondas lentas y rápidas.

A continuación se considerarán los aspectos básicos de las etapas No REM y REM.

Etapas No REM

El sueño No REM presenta cuatro fases (I, II, III y IV), las cuales se diferencian claramente en el registro que se le realiza al durmiente. Cada fase tiene una característica gráfica diferente, detalles que exceden al objetivo de este libro. No obstante, merece destacarse que a medida que avanza el sueño desde la fase I a la IV, se produce progresivamente un enlentecimiento

del ritmo, es decir una lentificación de las ondas cerebrales, llegando a ser más lentas en la última fase (fase IV).

Entre las principales características de cada fase podemos mencionar:

Fase I: es un sueño liviano, donde resulta muy fácil despertar al sujeto, quien es capaz de percibir la mayoría de los estímulos externos, incluso puede dar alguna respuesta; es la fase en la que disminuye el tono muscular y comienzan a enlentecerse las ondas cerebrales. No es una fase reparadora.

Fase II: en esta fase el tálamo impide la entrada de estímulos, por lo tanto permite la desconexión con el exterior, y disminuye más aún el tono muscular. Es una fase donde el efecto reparador sólo es parcial.

Tanto la Fase I como la Fase II, son eliminadas en el Sueño No REM cuando el sujeto pasa mucho tiempo sin dormir; en estos casos, el cerebro sólo *utiliza* las etapas III y IV, las cuales son consideradas imprescindibles y constituyen el momento donde las ondas cerebrales son muy lentas, más aún en la Fase IV.

En estas etapas se bloquea aún más la entrada de estímulos externos y desciende más todavía el tono muscular. Si se despierta al durmiente en estos momentos, se sentirá muy desorientado y confuso; sobre todo cuando se lo despierta en la fase IV del primer ciclo de sueño.

En la Fase IV pueden producirse algunos ensueños, no obstante en forma inespecífica y rudimentaria, no se forman historias y sólo pueden aparecer figuras o imágenes.

En general, el sueño lento, se caracteriza por la presencia de las ondas delta que se generan desde la corteza, y por los husos de sueño que se generan desde el tálamo.

Etapas REM

El sueño REM se caracteriza por la presentación de un registro electroencefalográfico desincronizado, similar al estado de vigilia del sujeto. Por este motivo, al sueño REM se lo denomina también como sueño paradójico ya que es una verdadera paradoja observar un registro en el que el sujeto está durmiendo pero electroencefalográficamente se lo puede considerar despierto. En esta fase, el sujeto: 1) carece de tono muscular por lo que es imposible la movilización, 2) presenta de movimientos oculares rápidos, 3) presenta erecciones del pene o secreciones vaginales, y 4) percibe el contenido onírico propio de los ensueños.

Organización del sueño

En la construcción de la arquitectura de un sueño normal se alternan las etapas No REM-REM. Ambas etapas constituyen un ciclo, que dura aproximadamente 60-90 minutos. Durante un período de sueño nocturno se observan de cuatro a seis ciclos No REM-REM. En los primeros dos ciclos predomina el sueño no REM, pero en los ciclos posteriores esta etapa disminuye, a la vez que aumenta la cantidad de sueño REM. La proporción de sueño REM aumenta desde el primero al último ciclo, y hacia el final de la noche la fase REM más larga puede durar hasta una hora. Por tanto, el primer tercio de un episodio normal de sueño nocturno de 7-8 horas está dominado por el sueño No REM, y el último tercio por el sueño REM.

Existe una secuencia establecida que transcurre desde la vigilia hasta el inicio del sueño, comenzando en la fase I de la etapa No REM, siguiendo con las fases sucesivas, después con el sueño REM, y luego retomando la etapa No REM para continuar así sucesivamente. En el primer ciclo el no REM es más profundo, siendo sucesivamente más superficial a medida que avanza durante la noche hasta el último ciclo, donde su profundidad es significativamente menor respecto al del primer ciclo. En tanto, la fase IV del primer ciclo es la de mayor profundidad, y por lo tanto, en la que el durmiente tiene mayores dificultades para despertar, es decir, está profundamente dormido.

Vigilia-No REM-REM

Analizando cada uno de los tres estados fisiológicos que transitamos en la vida (vigilia, sueño No REM y sueño REM) es posible establecer convergencias y divergencias que evidencian la presencia de una importante actividad diferencial:

En la Vigilia se perciben estímulos del medio ambiente; en el sueño REM y no REM sólo se tramitan estímulos emitidos desde el interior del encéfalo,

En la Vigilia y en el sueño REM existe una actividad bioeléctrica con ritmos de frecuencia rápido, por tal motivo, durante el sueño REM el durmiente tiene una actividad bioeléctrica tan similar a cuando está despierto que se lo ha denominado “sueño paradójico”, considerando paradójico que un sujeto durmiendo tenga esa actividad cerebral,

En la Vigilia el sistema modulador difuso predominante es el noradrenérgico, aunque en menor medida también se despliega durante el sueño no REM; en cambio, el sistema colinérgico marca un claro predominio durante el sueño REM.

En conclusión, se subrayan las similitudes existentes entre la Vigilia y el sueño REM, entre la Vigilia y el sueño no REM, entre el sueño REM y el no REM. Son similitudes que a la vez permite diferenciar al sueño no REM, del sueño REM y de la vigilia (Carlson, N. 2012).

Bases neurales del contenido onírico

“El sueño es un arte poético involuntario” frase atribuida a Immanuel Kant que nos lleva a pensar que no se puede negar que nuestros sueños tienen ese costado artístico próximo al surrealismo. Ese automatismo psíquico puro, claramente libre de las ataduras de la voluntad. En ese contenido onírico se mezclan caprichosamente recortes de imágenes de lo vivido, que si bien pueden relacionarse con las actividades realizadas en los estados de vigilia, no sólo con aquellos ocurridos ese mismo día. Para recordarlos y poder narrarlos con mayor claridad el sujeto debe despertarse en la etapa REM. No obstante, muchas partes del sueño no pueden recordarse y resulta difícil hilvanar todo el contenido, tal como afirmara Edgar Allan Poe “los que sueñan de día son conscientes de muchas cosas que escapan a los que sueñan sólo de noche”.

Si nos remontamos en la historia, en la Antigua Grecia Aristóteles diferenciaba el soñar del dormir, como así también la importante función reconstituyente que aporta el sueño, y la existencia de similitudes de los ensueños con la imaginación, puesto que en ambos no hay percepción del mundo exterior, sólo afloran imágenes producto de residuos de percepciones. Si bien Aristóteles ya establecía las diferencias entre el dormir y el soñar, Aserinsky y Kleitman fueron quienes demostraron las diferencias neurofisiológicas. Al soñar, se representan imágenes sensoriales y motoras, acompañadas a estados emocionales, las cuales pueden incluso determinar el despertar del sujeto.

Si bien ya en el Libro del Génesis José interpretaba los sueños de un durmiente, fue Sigmund Freud quien hizo el mayor aporte a la interpretación de los sueños, observando de cerca y sin dejar de considerar el lento avance de las ciencias biológicas. A muchos años de su muerte, sus observaciones mantienen plena vigencia ya que todavía no son del todo conocidos todos los recovecos del cerebro. Aún falta mucho por recorrer en el arduo y sinuoso camino de la psiconeurobiología.

Sin dudas, el relato más impactante del recuerdo del contenido onírico fue el expresado por Otto Lewi, notable investigador y Premio Nobel en el año 1935. Lewi estaba convencido de la existencia de la transmisión sináptica, motivo por el cual muchos autores lo consideran el padre de la Neurociencia. Cuenta la historia, que no podía encontrar el experimento capaz de demostrar su hipótesis, hasta que pudo lograrlo al despertar de un sueño. En ese sueño sumergía dos corazones de rana en solución fisiológica, les aplicaba un estímulo a un nervio de un corazón y se producía su enlentecimiento; pero sorprendentemente, lo mismo sucedía en el otro. Entonces propuso que al estimular al primero, se liberaba una sustancia que a través de la solución fisiológica llegaba hacia el otro corazón y producía el mismo resultado. Años más tarde esa sustancia era la acetilcolina.

Volviendo a sus bases neurales, y teniendo en cuenta que existe una estrecha relación entre el procesamiento cognitivo y emocional que tramita nuestro encéfalo tanto durante la vigilia como en el sueño, es razonable que dicho procesamiento se traduzca en la expresión de nuestro contenido onírico, el cual encierra un rol adaptativo. Esta adaptación surge de la utilización de los estímulos provenientes del medio ambiente en momentos de vigilia, tanto cognitivo como emocional. Por lo tanto, los ensueños intervienen en el desarrollo cognitivo-emocional del sujeto.

Conviene recordar la distinción entre ensueño, o sueños (tipo de actividad mental que se produce durante el sueño), y sueño REM (estado cerebral asociado más estrechamente con el ensueño) (...) los ensueños se han definido de diversos modos, entre ellos: actividad mental que ocurre durante el sueño, experiencia subjetiva de un estado cerebral con semejanzas y diferencias fenomenológicas respecto a la conciencia de vigilia, asociada con un estado cerebral distintivo, estado de conciencia caracterizado por experiencias sensoriales, cognitivas y emocionales generadas internamente que ocurre durante el sueño, experiencia humana universal que tiene lugar durante el sueño, en la que suceden una

serie de acontecimientos ficticios organizados como historia, acompañados de alucinaciones, principalmente visuales, estado de conciencia caracterizado por un reducido control sobre su contenido, imágenes visuales y activación de memoria, mediado por incentivos motivacionales e importancia emocional (...) (Medrano-Martinez, P. 2014).

Como fuera expresado, tanto en la representación de nuestros sueños como de nuestra imaginación, predomina el componente visual.

¿Cómo se suceden las imágenes que advertimos en nuestros ensueños?

En el transcurso de nuestros ensueños existe un aumento del flujo sanguíneo regional en el lóbulo parietal posterior que se asocia a una franca disminución de la circulación sanguínea en la región orbitofrontal. Teniendo en cuenta la relación entre la neuroanatomía y la neurofisiología de estas regiones, el incremento de la actividad en un centro especializado en integrar distintos estímulos aferentes, donde predominan los visuales y asociado a una disminución de actividad en regiones inhibitorias del comportamiento, se produce una liberación desordenada de las diferentes imágenes que el sujeto pone en escena en los ensueños.

Pero ¿desde dónde proviene la activación de los centros sensoriales? El sujeto no puede ser estimulado por estímulos del medio. Tiene los ojos cerrados. Se encuentra durmiendo y transitando en el sueño REM, momento en el que se generan las ondas PGO a partir de la puesta en marcha de la estimulación de la protuberancia que activa al cuerpo geniculado medial del tálamo y éste al lóbulo occipital.

En 1961, descubrí por mí mismo el sueño REM. Lo vi. Vi las ondas cerebrales aplanándose. Vi los ojos danzantes. Y oí como el individuo sometido a la experiencia describía con todo lujo de detalles su sueño cuando se despertó. Para mí, esta noche fue el equivalente científico a una experiencia de conversión religiosa, porque el sueño REM era el problema científico que había estado examinando. A pesar que al día siguiente estaba grogui y necesitado de sueño, regresé cantando a mi casa porque sabía que, descubriendo los mecanismos del REM podría comprender como y por qué el cerebro sueña(...) me parecía una forma maravillosa de estudiar la base fisiológica de nuestra locura diaria...el descubrimiento del mecanismo químico de la generación del sueño REM requirió algo más de tiempo...los conocimientos de que el equilibrio neuromodulador del cerebro se modificaba desde un dominio aminérgico en la vigilia hasta un dominio colinérgico en el sueño REM también nos proporcionó el valor suficiente para proponer en nuestros dos artículos de 1977 que describían nuestra teoría de los sueños de activación-síntesis, que todas las características cognitivas distintivas de los sueños estaban determinadas eléctrica y químicamente...estos artículos herejes propiciaron mayor número de cartas al director de lo que la revista American Journal of Psychiatry había recibido jamás. Natural y comprensiblemente, la mayor parte de cartas nos tachaban de materialistas insensibles e ignorantes filisteos. Por ejemplo, proponíamos que la amnesia de los sueños podría atribuirse a la desmodulación aminérgica del

prosencefalo (antes que a la represión freudiana), mientras que las imágenes extrañas podrían atribuirse a la autoestimulación del cerebro por el sistema colinérgico desinhibido (más que a la ocultación freudiana de los deseos inconscientes inaceptables). Desarrollando la base de esta hipótesis de activación-síntesis, recientemente hemos documentado y analizado muchas otras características emocionales y cognitivas de los sueños en términos de la neurofisiología subyacente (Allan Hobson, J. 1998).

Comparemos ahora el procesamiento generador de imágenes desde el interior (tronco encefálico-tálamo-lóbulo occipital) de un sujeto con los ojos cerrados y durmiendo, con el procesamiento de un sujeto despierto mientras está observando un objeto. En el caso del sujeto despierto y con los ojos abiertos, los estímulos son recepcionados en la retina del ojo, conducidos por los nervios ópticos, pasando luego a los núcleos geniculados mediales del tálamo y terminando en la corteza del lóbulo occipital.

En definitiva, tanto en la representación de una imagen vista como en otra que es soñada, se utiliza la conexión desde el cuerpo geniculado medial del tálamo hacia el lóbulo occipital; y como en este último intervienen los márgenes de la cisura calcarina, a esta conexión se la denomina *geniculo-calcarina*. (La cisura calcarina es una hendidura que sobre la cara medial del cerebro permite separar al lóbulo temporal del occipital).

Entonces, tanto la percepción de una manzana como soñar con ella requieren a la conexión geniculo calcarina para hacerse conciente.

¿Existe otro procesamiento de la información que utiliza este mismo haz geniculo calcarino?

Bases neurales de la imaginación

¿Qué es la imaginación? Una posibilidad de formar una imagen en nuestro cerebro de algo que no es percibido, incluso imágenes de algo que nunca lo fue. Por eso, es también un proceso creativo.

Desde un punto de vista psiconeurobiológico podemos asumir que es un proceso generado intrínsecamente, tal como ocurre en la formación de imágenes oníricas.

La imaginación es un hecho consciente, por tanto desde nuestra disciplina la vinculamos a la corteza cerebral, y como requiere de la memoria declarativa, de la memoria de trabajo y de la voluntad, las áreas corticales relacionadas con estos procesos serían los puntos de partida de nuestra imaginación. Desde allí hacia el cuerpo geniculado medial del tálamo para confluir en la conexión genículo calcarina.

En conclusión, desde la corteza (imaginación) desde la retina (percepción) o desde el tronco encefálico (ensoñación) la activación de la conexión genículo-calcarina terminaría por representar las imágenes, creadas, vistas o soñadas.

En algún modo resulta interesante plantear un paralelismo entre el sueño y la imaginación, ya que además de existir en ambos una desconexión con el medio ambiente, existen bruscos

cambios en su transcurrir, donde se observan lugares y personas muchas veces insólitas; además, una vez concluido el procesamiento imaginativo u onírico, existe una evocación parcial de los hechos.

Desde el punto de vista neuroanatómico ambos transitan un lugar común: el cuerpo geniculado medial. Pero arriban al mismo lugar proyectándose desde diferentes regiones, desde la corteza en la imaginación y desde el tronco encefálico en la ensoñación.

No obstante, resulta muy arriesgado vincular tan estrechamente al sueño REM con la actividad del tronco cerebral; ya que si bien resultaría importante la activación troncal no sería lo suficiente, puesto que también se activan áreas corticales, ganglios basales y regiones límbicas, a la vez que se desactiva la corteza prefrontal dorsolateral. Más aún, resulta de interés destacar que provocando lesiones en la corteza prefrontal ventromedial se impide la aparición de un contenido onírico en presencia del sueño REM, y si se lesionan regiones del tronco donde se activa el sueño REM, tal como la protuberancia, igualmente es posible que el sujeto relate un proceso onírico. Una vez más, la activación emocional, mnésica y motivacional serían los factores determinantes en la representación de nuestros sueños. (Tirapu-Ustarroz, J 2012)

Modelos de afecciones Psiconeurobiológicas

Haremos referencia a tres afecciones que tomamos como modelos de disfunción psiconeurobiológica para analizar ejemplos de los temas abordados. Ellas son: la narcolepsia, la esquizofrenia y la enfermedad de Parkinson.

La narcolepsia es una afección que se caracteriza por episodios en los que el sujeto tiene una necesidad imperiosa de dormir, y en la que se reconoce una disfunción del mecanismo que regula nuestro sueño, de modo tal que el sueño REM aparece en estados de vigilia en forma brusca y repentina. Como hemos considerado oportunamente, la aparición de una enfermedad resulta de la combinación de factores, y en este caso si bien existen factores ambientales no del todo conocidos y que desencadenan los cuadros de narcolepsia, desde nuestra asignatura analizaremos los factores biológicos. En este sentido se ha descubierto la alteración de las neuronas hipocretinérgicas o de sus receptores. Sea uno u otro el lugar donde existe la alteración, es en definitiva el sistema hipocretinérgico el que al estar dañado, produce la desactivación de la corteza para mantener el estado de vigilia.

La esquizofrenia, ya mencionada en el Capítulo 3, es una grave afección en la que se produce una escisión entre el pensamiento y el sentimiento. Presenta síntomas caracterizados por su presencia o síntomas positivos (desorganización del pensamiento, delirios y alucinaciones) y los que se caracterizan por su ausencia o síntomas negativos (falta de iniciativa, de sentir placer, aislamiento).

Subyacente a los síntomas positivos se encuentran alteraciones en los sistemas moduladores dopaminérgicos, postulándose que la hiperactividad de los circuitos mesolímbicos desencadenarían alucinaciones, delirios y desorganización del pensamiento; en tanto, los síntomas

negativos estarían relacionados a fenómenos degenerativos cerebrales, más concretamente a la corteza prefrontal en su región dorsolateral. Los mecanismos expuestos constituyen la hipótesis dopaminérgica de la esquizofrenia, aporte valioso surgido desde la Psiconeurobiología. No obstante, merece destacarse la importancia de considerar otros aspectos que participan en la presentación de esta enfermedad, como todos aquellos medioambientales que son abordados desde otras disciplinas.

La enfermedad de Parkinson, como fuera expresado en el Capítulo 2 y en el Capítulo 3, es una afección neurodegenerativa que afecta los circuitos dopaminérgicos en forma integral, determinando entonces alteraciones motoras, emocionales y cognitivas, acorde a la disfunción respectiva de los circuitos nigroestriatal, mesolímbico y mesocortical.

Sueño, genoma y medio ambiente

La regulación de los estados de vigilia/sueño dependen de mecanismos que involucran a diversos neurotransmisores, que son expresión de diferentes genes, los que a su vez responden a los estímulos del medio. Por lo tanto, la neurotransmisión entre neuronas constituye el sustrato biológico de las conductas que nos permiten adaptarnos al medio. Si estos sistemas neuronales se alteran, las conductas se alterarán.

El genoma es un factor interviniente en la expresión del sueño, ya que determina la producción de neurotransmisores que controlan a los mecanismos del sueño. Existen dos hechos significativos que lo evidencian. Por un lado, al hacer una mirada evolutiva, las ratas duermen la mitad del día y tienen aproximadamente 4 horas de sueño REM; en tanto, los caballos, con diferente estructura genética, duermen 3 horas y solo media hora de sueño REM. Por otro lado, si bien el sueño es un comportamiento no aprendido, genéticamente determinado, lo que si se aprende son las formas y el momento de expresarlos, como una manera de adaptación para la supervivencia. Tal como ocurre en los casos en los que estamos obligados a mantenernos despiertos para cumplimentar una tarea o asistir a una reunión.

Hace mucho tiempo que la cultura fue introduciéndose en nuestro hipotálamo para modificar la natural forma de dormir, de modo que esa cultura se fue posicionando en contra de los designios de la naturaleza, la misma que hace miles de años dispuso un sistema nervioso. El mismo de hoy y que necesita cambiar para seguir siendo el mismo.

Dos hechos nos lo demuestran: 1) el caso Wehr. Se trata de un experimento realizado por este médico psiquiatra que a fines del siglo pasado hizo la prueba de dejar durante un mes, y por espacio de varias horas por día, a varios sujetos en un ambiente oscuro. Al finalizar observó como el sueño se fue modificando hasta que al terminar el estudio estos sujetos tenían el sueño fragmentado de modo tal que dormían unas horas, luego se despertaban, permanecían por espacio de horas en ese estado y finalmente volvían a dormirse. La oscuridad del medio actuó y modificó el reloj biológico.

2) el caso Ekirch. Se trata de un historiador que estableció pruebas que demostraban que antiguamente las personas dormían en dos períodos diferentes durante el día. Como ejemplos citó a la obra de Cervantes donde el protagonista Don Quijote tenía dos períodos de sueño. Y entre ambos estaba muy activo, como en el estado de vigilia actual.

Las referencias de este cambio evolutivo fueron comparados con lo expresado por el psicólogo Gregg Jacobs "durante la mayor parte de nuestra evolución hemos dormido de una manera determinada y despertarse durante la noche es parte normal de la psicología humana"; y en la misma sintonía Jacobs, Russel Foster, profesor de neurociencia circadiana en la Universidad de Oxford, expresaba "Muchas personas se despiertan por la noche con pánico" y "lo que experimentan es una reminiscencia del patrón de sueño partido".

La desaparición de la modalidad de primer y segundo sueño fue coincidente con la aparición de la luz eléctrica en el alumbrado público, que comenzaba a instalarse en Europa a fines del siglo XVII. Con la revolución industrial, las personas comenzaban a tener la necesidad de adaptarse a las ocho horas de sueño, afianzándose un nuevo patrón de sueño, y que finalmente se consolidó en el año 1881, cuando en la ciudad de Paris Thomas Edison presentaba la primera lámpara incandescente. (Cardinali, D. 2014)

La omnipresencia de la luz artificial hizo desaparecer al sueño segmentado, se modificaba definitivamente el ritmo de sueño. Aunque ¿estaba el cuerpo humano preparado para segmentar el sueño en dos períodos? "la cultura es antibiológica" repetía el Profesor Frenquelli en sus concurridas clases de neuroanatomía y neurofisiología.

Los hábitos del hombre dejaron de corresponderse con ese diálogo llano y natural que establecía el hipotálamo con el movimiento de la tierra alrededor del sol. En esa conversación se interpuso la luz eléctrica, y comenzó a competir con la mayor estrella de nuestro sistema solar. Y así, la luz eléctrica acabó con el sueño segmentado natural, quedando en algunos casos una segmentación menor que se la llamó siesta. No obstante, la presión ejercida por la revolución industrial por la optimización del tiempo siguió y sigue avanzando sobre nuestro hipotálamo. Hoy la siesta queda reducida a pocos, al igual que dormir de noche, ya que se multiplican los hábitos de trabajar y vivir de noche.

Podemos entonces apreciar que si bien el genoma es importante, las influencias medioambientales, también intervienen y en gran medida en la cantidad de sueño.

El sueño tiene esa base genética donde se apoya. Y si bien la participación del genoma es incuestionable, los estímulos del medio lo modularán, mientras el genoma lo permita. O ¿acaso no hay sujetos que duermen a pesar de transcurrir momentos de estrés? y otras ¿que en la misma situación padecen un agobiante insomnio? Se especula que las diferentes formas de expresar el comportamiento del sueño derivan de la variabilidad genética. Y ¿cómo hablan los genes? ¿Cómo se expresan en el mecanismo del sueño? Una forma es través de las orexinas. Sustancias que por otra parte facilitan el apetito. También llamadas hipocretinas, por su localización hipotalámica. Entonces, las orexinas o hipocretinas son proteínas involucradas en la modulación de la ingestión de alimentos y de los estados de alerta. Las neuronas encargadas de la fabricación de estas sustancias se localizan predominantemente en el hipotálamo lateral,

desde donde se proyectan a centros involucrados en la regulación del ciclo sueño-vigilia, por ejemplo, en el tronco encefálico hacia el locus coeruleus (células noradrenérgicas), el núcleo dorsal del rafe (células serotoninérgicas), el núcleo tegmental pedunculopontino (células colinérgicas) y el núcleo mamilotalámico (células histaminérgicas), pero también hacia los núcleos colinérgicos localizados en el cerebro basal anterior.

Al llegar al final del Capítulo se recomienda leer la Introducción del Libro.

Síntesis Conceptual

- 1) Realice un gráfico del tálamo donde conste la neuroanatomía y la neurofisiología de los núcleos intralaminares.
- 2) Elabore un cuadro sinóptico con las redes de la atención y sus principales características.
- 3) Haga un esquema donde puedan sintetizarse la neuroanatomía de la percepción, de la imaginación y de la ensoñación.
- 4) Explique brevemente el mecanismo del sueño no REM.
- 5) Explique brevemente el mecanismo del sueño REM.
- 6) Diferencie los estados patológicos de la conciencia.
- 7) ¿Cuáles son las funciones del sueño?
- 8) Describa las fases del sueño lento, señalando los aspectos que las caracterizan.
- 9) Explique la diferencia entre conciencia y atención, y sus bases psiconeurobiológicas.
- 10) Describa la neuroanatomía y la neurofisiología del núcleo supraquiasmático

Referencias

- Alonso, J. (2011). Vuelve de la muerte y cuéntanoslo. En *La nariz de Charles Darwin y otras Historias de la Neurociencia*. (pp. 177-182) Ed. Almuzara.
- Bear, M. Connors, B. Paradiso, M. (1998). Control químico del cerebro y conducta. En *Neurociencia. Explorando el cerebro*. (pp. 419-423) Ed Masson Williams & Wilkins.
- Cardinali, D. (2014). ¿Hay una historia del sueño? En *Qué es el sueño*. (pp.24-26). Ed. Paidós.
- Carlson, N. (2006) Sueño y ritmos biológicos. En Carlson, N. *Fisiología de la conducta*. (pp.302-337). Ed. Pearson.
- Carmona Cañabate, S y Moreno Alcázar, A (2014) Control ejecutivo, toma de decisiones, razonamiento y resolución de problemas. En Redolar, D. *Neurociencia cognitiva*. (pp. 735-744). Ed. Panamericana.
- Espinar-Sierra J (1999). Arousal y su repercusión sobre la vigilia. *Revista de Neurología* 1999; 28 (6). (pp.555-559).

- Estevez-Gonzalez y colab. (1996) La atención: una compleja función cerebral. *Revista de Neurología*; 25 (148) (pp. 1989-1997).
- Fitzgerald, T et al.(2012) La formación reticular. En *Neuroanatomía clínica y neurociencia*.(pp. 253-255) Elsevier.
- Hobson, A. (1998). Control químico del cerebro y conducta. En *Neurociencia. Explorando el cerebro*. (pp. 471) Ed Masson Williams & Wilkins
- Medrano-Martinez, P. (2014) Generación y funciones de los ensueños. *Revista de Neurología* 59 (8). (pp. 359-370)
- Previgliano, I . Coma y muerte cerebral. En *Terapia Intensiva*.(pp. 191-193) E. Panamericana 1995.
- Quiroz-Padilla, M.F (2010) Núcleos intralaminares posteriores del tálamo y procesos cognitivos *Revista de Neurología* (51). (pp. 217-225)
- Tirapu-Ustarroz, J (2012) Neuropsicología de los sueños. *Revista de Neurología* 55 (2). (pp. 101-110).
- Torterolo,P y Vanini, G,2010) Nuevos conceptos sobre la generación y el mantenimiento de la vigilia. *Revista de Neurología* 50 (12) (pp. 747-758).

CAPITULO 5

Adaptación al medio: la amígdala, el hipotálamo y el núcleo accumbens

Fernando Rubén Manzini y Augusto Leonardo Luisi

Mecanismos de adaptación y supervivencia

Para que el hombre haya podido adaptarse a un medio ambiente hostil y cambiante fue necesario el desarrollo de conductas adaptativas, las cuales funcionando adecuadamente y con precisión, permitieron la supervivencia a través de los años. Esas conductas están sustentadas por mecanismos cerebrales que fueron perfeccionándose a lo largo de la evolución. Desde hace 150.000 años el hombre cuenta con circuitos cerebrales que le fueron permitiendo sortear innumerables obstáculos en la lucha por su existencia.

El tiempo ha pasado, y sin embargo el cerebro sigue siendo el mismo. Con algunas modificaciones, pero el mismo.

Para desarrollar sus funciones, imprescindibles para la adaptación y la supervivencia, el encéfalo humano utiliza dispositivos que pueden agruparse en instintivos y emocionales, los mismos que Mc Lean definió como reptiliano y mamífero, y que respectivamente se hallan representados por redes troncoencefálicas y redes límbicas (Perez Marcial, 2014).

Veamos de qué modo. A través de las recepciones neurosensoriales empieza la engorrosa construcción perceptiva; dichos estímulos, conducidos por los diferentes nervios periféricos, ingresan al sistema nervioso central pasando por el primer filtro que permite una primera selección: el **tronco cerebral**. Este tronco cerebral, a través de la formación reticular, seleccionará los estímulos que seguirán su viaje rumbo a la próxima estación: los tálamos. Es en este punto donde al estímulo se le presentan dos opciones: seguir el camino largo y lento hacia la corteza cerebral para hacerse consciente o, en cambio, tomar un atajo más corto y rápido hacia el complejo amigdalino, donde se produce la evaluación del estímulo para determinar su carácter hedónico, es decir, si se trata de un estímulo placentero o un estímulo displacentero. Es a partir de esta disyuntiva que desde la amígdala se proyectará al núcleo accumbens para programar una respuesta de acercamiento al placer, o se proyectará al hipotálamo con el fin de disponer una respuesta de huida o rechazo al displacer.

Para evaluar al estímulo y decidir si es útil o no a la supervivencia, el encéfalo utiliza este camino corto, utilizando redes del circuito instintivo emocional.

Las respuestas son propias de cada sujeto, quien es el encargado de crear archivos de placer y archivos de dolor, disponibles para actuar en otra oportunidad.

Muchas de las vivencias traumáticas a partir de las conexiones amígdalo-hipocampales se graban en nuestra memoria emocional para aparecer en algún momento de nuestra vida. En este sentido resulta de interés señalar el hallazgo de Tommaso Pizzorusso. Trabajando en ratones de experimentación demostró que durante los primeros 17 días de vida no podían borrar sus miedos; pero si a partir del día 23, cuando maduraba la matriz extracelular. Esta madurez indicaría el final del período en el cual no pueden borrarse los miedos de las memorias de los ratones. Además, si experimentalmente a la matriz extracelular de un ratón adulto le provocaba su retorno al período inmaduro, pudo observar que es posible provocarles miedos que quedarán en su memoria por el resto de su vida. Son los primeros pasos experimentales que permitieron manipular en parte nuestros miedos (Gogolla et al 2009).

La amígdala

La amígdala, estructura asociada primariamente a la emoción del miedo y considerada el embudo en la percepción y en la expresión del miedo, y de las emociones en general.

Es mucho más que un núcleo: es un conjunto de núcleos que adoptan el nombre de complejo amigdalino. El núcleo lateral recibe las aferencias desde diferentes regiones encefálicas y desde el núcleo basal se desprenden las proyecciones eferentes.

Las aferencias son corticales y subcorticales. En el primer caso, todas las áreas de asociación sensitivas acuden al cuerpo amigdalino, las mismas áreas que se vinculan con la corteza prefrontal para que todas las sensaciones puedan ser sometidas a la evaluación cognitiva. En el segundo caso, provienen del tálamo (núcleo ventral posterior y cuerpos geniculados), del hipotálamo, de la formación reticular y del locus ceruleus.

Las eferencias están representadas por dos circuitos que, proyectándose por diferentes sectores, arriban al prosencéfalo basal, al hipotálamo, al tronco cerebral y al tálamo para luego hacerse conciente en la corteza y ser evaluada en el córtex prefrontal.

El Hipotálamo

La importancia funcional del hipotálamo es desproporcionada respecto a su tamaño. Tiene como función principal la conservación del individuo y de la especie, dedicándose por lo tanto a mantener la homeostasis del individuo tanto interna como externa, es decir, respecto a sí mismo y al medio ambiente.

Al tener componentes neurales y endócrinos, ejerce su función a través del sistema nervioso y el sistema circulatorio.

Esta estructura participa en los siguientes mecanismos que destacamos desde la Psiconeurobiología:

- conducta alimentaria
- comportamiento sexual
- metabolismo y aporte hídrico
- conducta de ataque y defensa
- control de la temperatura
- ciclo vigilia-sueño
- funciones mnésicas.

En relación a la neuroanatomía, el hipotálamo es una estructura diencefálica de sustancia gris que se halla ubicado en forma bilateral por debajo de los tálamos.

Si lo observamos colocándonos por delante tendremos un hipotálamo lateral y otro medial, pero si nos colocamos por los lados observaremos un hipotálamo anterior, otro medio y otro posterior.

Entonces, utilizando ambas subdivisiones, al superponerlas tendremos tres regiones laterales y tres mediales. De todos ellos y para nuestros fines psiconeurobiológicos, consideraremos los sectores más trascendentes:

- el hipotálamo lateral anterior, en el que destacamos el área preóptica ventrolateral (que interviene en el control neurofisiológico del sueño),
- el hipotálamo lateral medio, conocido como el centro del hambre,
- el hipotálamo medial anterior, en el que se destacan 5 regiones nucleares. 1) área preóptica medial (que influye en el comportamiento sexual), 2) núcleo anterior (que registra el aumento de la temperatura corporal), 3) el núcleo supraquiasmático (que constituye el reloj biológico), 4) el núcleo supraóptico y 5) el núcleo paraventricular (ambos segregan hormonas proyectando sus axones a la hipófisis posterior o neurohipófisis),
- el hipotálamo medial medio, en el que destacamos el núcleo dorsomedial (en relación a la sexualidad), ventromedial (conocido como centro de la saciedad) y el núcleo arqueado (con doble función, regula a los centros del hambre y de la saciedad y secreta hormonas que a través del sistema portal llegarán a la hipófisis anterior o adenohipófisis), y
- el hipotálamo posterior, en el que se destaca el núcleo posterior (que registra el descenso de la temperatura y pone en marcha los mecanismos para conservar el calor) y los núcleos denominados tubérculos mamilares (que participan en los circuitos de memoria).

Semejante complejidad del Hipotálamo se condensa en apenas 4 gramos y en el 1% de la masa encefálica total.

En relación a la Neurofisiología, ejerce las siguientes funciones:

- a- Controla a la glándula Hipófisis

El hipotálamo ejerce control sobre la hipófisis con el fin de regular el metabolismo y el balance hídrico.

Como la hipófisis consta de dos porciones diferentes e independientes (neurohipófisis y adenohipófisis), sus hormonas tienen distintos orígenes:

- a) las hormonas de la neurohipófisis (vasopresina o antidiurética y oxitocina) se sintetizan en el hipotálamo (núcleo supraóptico y núcleo paraventricular), viajan por axones en el tallo hipofisario hasta llegar a la neurohipófisis, donde tomando contacto con los capilares, vuelcan allí su contenido; y
- b) las hormonas de la adenohipófisis, también regulada por el hipotálamo, pero en este caso desde el Núcleo Arqueado, y a través de vasos sanguíneos que constituyen un sistema portal.

Las hormonas que se producen en la adenohipófisis son:

- * Foliculostimulante FSH
- * Luteinizante LH
- * Prolactina
- * Tirotrófina TSH
- * Corticotrofina ACTH
- * Somatotropina STH.

El Hipotálamo ejerce control sobre la hipófisis, a través de 7 tipos de hormonas: 2 son inhibidoras (la somatostatina para la STH y la dopamina para la prolactina), y 5 liberadoras (la gonadotropina para la FSH y la LH, las liberadoras propias, para la Prolactina, TSH, ACTH y STH)

b- Control de la Ingesta

Más allá de reconocer la importancia de los componentes culturales y sociales en el comportamiento de la ingesta, desde la psiconeurobiología merece destacarse la importancia del hipotálamo en el control de la ingesta calórica y de nutrientes.

A tal efecto mencionamos la destacada interconexión entre el núcleo lateral medio y el núcleo ventromedial, que en conjunto fueron denominados *el apestado* o centro del apetito.

En medios experimentales se ha demostrado que la estimulación del hipotálamo lateral produce una ingesta excesiva y la destrucción determina un rechazo del alimento; en tanto, la estimulación del núcleo ventromedial inhibe la ingesta y su lesión produce una alimentación excesiva.

Fisiológicamente existen proyecciones de los sistemas moduladores difusos, como las inhibitorias serotoninérgicas sobre el núcleo lateral. Evidencias científicas han destacado el alto nivel de serotonina en estas regiones en las personas con anorexia, y los bajos niveles en quienes padecen bulimia. Pero esto no quiere decir que los niveles de serotonina sean la causa de la anorexia y la bulimia.

Además, a lo largo del núcleo lateral existe una región denominada zona incerta que controla la ingesta de líquidos y cuya estimulación produce un consumo excesivo de los mismos.

c- Control de memoria

Los tubérculos mamilares participan en el circuito de Papez, que más adelante se comentará.

d- Control del sueño.

Existen 2 núcleos que intervienen en el control de los mecanismos del sueño:

a) el núcleo tuberomamilar, del hipotálamo posterior, que proyecta mediante sinapsis histaminérgicas hacia la corteza cerebral para activarla, el cual a su vez es activado por la orexina liberada en el hipotálamo lateral.

b) el núcleo supraquiasmático recibiendo las proyecciones de la retina se conecta con la glándula pineal para controlar el ritmo del ciclo vigilia sueño.

e- Control de la temperatura

El núcleo anterior, posee neuronas termosensibles al aumento de la temperatura, las cuales ponen en funcionamiento las respuestas necesarias para contrarrestar las variaciones en la temperatura del sujeto (sudoración y vasodilatación).

El núcleo posterior, tiene neuronas que registran la disminución de la temperatura corporal e inician la puesta en marcha de los mecanismos para recuperar calor (piloerección, escalofríos y vasoconstricción).

f- Control del comportamiento sexual.

En el control del comportamiento sexual es necesario considerar los siguientes hechos psico-neurobiológicos:

* el núcleo supraquiasmático, componente fundamental del reloj biológico, contiene una cantidad de células que suele variar según la sexualidad de las personas,

* el núcleo preóptico, formando parte de núcleos sexualmente dimórficos, presenta el doble de tamaño en hombres que en mujeres, tiene receptores andrógenos y se activa por la testosterona circulante, y

* el núcleo dorsomedial tiene receptores para estrógenos.

Las distinta morfofuncionalidad del hipotálamo masculino respecto al femenino constituiría un ejemplo de las diferencias encefálicas existentes entre ambos sexos, "el cerebro humano es un órgano sexualmente dimórfico" (Carlson, N.2006).

g- Control de conducta de ataque y defensa

Las respuestas masculinas y femeninas son diferentes ante situaciones de estrés.

En el primer caso se produce la liberación de la hormona liberadora de corticotropina a través del núcleo paraventricular, que determina en la adenohipófisis la liberación de ACTH, la cual produce a su vez la liberación de cortisol por la corteza suprarrenal, que determinará la movilización de los depósitos de energía del organismo.

En el segundo caso, se libera oxitocina que contrarresta la hiperactividad simpática.

Se ha postulado, que la mayoría de las especies desarrolladas, el macho respondería en forma de lucha o huida y la hembra lo haría mediante el la comunicación social y el cuidado. En relación a la activación cortical, se ha observado que en el primer caso se inicia en la corteza prefrontal lateral y en el segundo en la corteza cíngular. (Fitzgerald, T et al.2012)

El Núcleo Accumbens

El núcleo accumbens pertenece al neostriado ventral, por tanto es un ganglio de la base, un núcleo gris del cerebro, un procesador de información telencefálico. Este núcleo constituye la interfase entre el sistema límbico y el sistema motor, de modo tal que recoge estímulos provenientes del sistema límbico y los proyecta al sistema motor involuntario.

Las aferencias provienen del mesencéfalo, en el ATV (área tegmental ventral) del mesencéfalo, región que recibe los estímulos placenteros del hipotálamo, del cortex prefrontal y de la amígdala, entre otros. (Carlson, N. 2006)

Dichas estructuras respectivamente se relacionan con los deseos *primitivos hipotalámicos*, *emocionales amigdalinos* y *racionales prefrontales*. Llevados al plano concreto de la alimentación y la sexualidad en el primer caso, a los emotivos más elaborados en el segundo y a las decisiones emocionales en el tercero.

Las eferencias del Núcleo Accumbens son enviadas al Globo Pálido, de modo que ingresan al Paleostriado y permiten automatizar una respuesta, es decir, volver a repetirla frente a estímulos que fueron recibidos en forma placentera; ligando así una forma de aprendizaje estímulo respuesta.

Este núcleo se encuentra interpuesto en el circuito dopaminérgico. Por tanto, siendo un núcleo que tramita la información placentera, es reconocida a la dopamina como el neurotransmisor del placer.

Una respuesta de huida al miedo y de acercamiento al placer

Gran parte del estudio de la neuroanatomía del miedo se debe a los aportes hechos por Le Doux, quien describiera dos rutas de acceso al procesamiento cerebral de la información. En ambos casos, el estímulo ingresa desde el exterior por los órganos neurosensoriales para ser conducido por los nervios periféricos respectivos (según la modalidad del estímulo) en dirección a los tálamos.

A partir de los núcleos talámicos siguen dos vías diferentes: 1) una llamada corta o secundaria, que es más primitiva filogenéticamente, y llega a la amígdala de manera directa y rápida. Utiliza una sola conexión. Esta vía le permite al sujeto hacerse una representación bastante limitada del estímulo y le permite emitir una rápida respuesta; 2) otra llamada larga o principal, que demora casi el doble de tiempo que la anterior, con varias conexiones interpuestas. Esta vía permite que el sujeto tenga una representación más acabada de la realidad, con precisiones y detalles del estímulo. (Le Doux, J 1999)

La neuroanatomía del placer, en cambio, utiliza el circuito de recompensa cerebral. Este dispositivo es un componente encefálico que permite reunir sensaciones de placer imprescindibles para la supervivencia. Por tanto, a lo largo de la evolución este dispositivo se fue perfec-

cionando en funciones esenciales para la supervivencia como la alimentación y la reproducción, comportamientos ligados a la preservación de la especie.

El encéfalo siempre procura ir tras una respuesta que nos acerca al placer. La mayoría de las veces, el placer es, para el individuo, el afecto relacionado al equilibrio orgánico.

Este circuito de recompensa actúa en diferentes etapas y con distintos neurotransmisores: primero el encéfalo responde a un estímulo, como por ejemplo al ver una plato de comida apetitoso nos produce deseo de comerlo, y se libera dopamina; al ingerirlo se libera la noradrenalina para intervenir en la acción de la ingesta, y finalmente, al experimentar la satisfacción se estimula la producción de serotonina.

La primera vez que experimentamos placer ante un estímulo determinado nos produjo una intensa liberación de dopamina; a partir de ese momento no vamos a necesitar el mismo estímulo para liberarla y experimentar placer, sólo con su recuerdo o su fragancia alcanzará para producirlo, y sentir el deseo de volver a exponernos a ese estímulo tan placentero.

El sistema límbico: un intento descriptivo e integrador

Son innumerables los mecanismos y circuitos que tramita el encéfalo para permitir la adaptación y la supervivencia del sujeto en situación e interacción con el medio. En todos esos circuitos se incluye el concepto de sistema límbico, cuyo análisis representa un tema trascendental para la psiconeurobiología.

Si bien varios autores niegan su existencia la mayoría coincide en la importancia de las estructuras que lo componen. (Le Doux, J.1999; Fitzgerald, T.2012)

Para muchos el sistema límbico no es más que una teoría, una respuesta tranquilizadora de los anatomistas que buscan localizar las emociones en el cerebro.

Más allá de estas observaciones, consideramos importante mantener el concepto de sistema límbico con el objetivo de realizar una visión integradora de varias estructuras del encéfalo que participan en la regulación de los procesos emocionales y cognitivos; siendo entonces una herramienta útil para entender una temática compleja, controvertida y muy necesaria para el análisis crítico y reflexivo de temas vinculados a nuestra disciplina.

El concepto de sistema límbico pertenece a Mc Lean, basándose en la idea evolutiva de la existencia de dos cerebros diferentes, uno racional, relacionado con el neocórtex y otro emocional, vinculado precisamente con el córtex más antiguo, el cual, unido a otras estructuras subcorticales, constituirían un sistema que al encontrarse en el límite entre ambos se lo denominó sistema límbico. Sin embargo, hoy sabemos que esta antigua división no sólo es artificial sino además incorrecta. Primero, porque el neocórtex no es una estructura propia del ser humano racional, sino que se encuentra en otros vertebrados; y segundo, porque estructuras de este sistema participan en funciones cognitivas racionales.

El sistema límbico es entonces un circuito neural que, involucrando estructuras corticales y subcorticales estrechamente interconectadas, se encarga de relacionar diversos componentes encefálicos. En neuroanatomía se lo estudia desde la cara interna del cerebro.

Esta cara interna o medial del cerebro fue muy estudiada por Paul Brocca, quien denominó lóbulo límbico a aquel que se sitúa alrededor del cuerpo caloso, conformado principalmente por la circunvolución del cíngulo, la cual se continúa por debajo con la 5ta circunvolución del lóbulo temporal o circunvolución del hipocampo. Es importante no confundir el concepto de lóbulo límbico con el de sistema límbico.

En el año 1937 James Papez describió el circuito que finalmente llevaría su nombre para explicar el procesamiento de la información emocional (circuito de Papez).

Según el autor el estímulo arriba inicialmente al tálamo para luego seguir dos caminos posibles: a) hacia el hipotálamo, que se encargaría de una respuesta física, y que a su vez a través del tálamo anterior informa a la circunvolución cingular para percibir el sentimiento emocional, b) hacia la neocorteza, dónde se integra con el recuerdo y de ahí al cíngulo, dónde como hemos dicho adquiere el sentimiento emocional.

Por lo tanto, sería el cíngulo el lugar donde se toma conciencia emocional de los estímulos del medio externo; es decir, se registra la experiencia emocional, se hace conciente la emoción o se la percibe como tal. Por ello, la percepción conciente de los cambios físicos que produce una emoción se la denomina sentimiento.

Por último, y cerrando el circuito, Papez propone explicar el control de las emociones a través de la comunicación del cíngulo con el hipocampo, y éste con el hipotálamo.

Luego, en el año 1949 Mac Lean fue el encargado de acuñar el término *sistema límbico* al integrar conceptualmente las ideas de Papez y de Klüver Bucy, que describieron los cambios en el comportamiento emocional que ocurrían en los casos en que se lesionaban las amígdalas.

Entonces, Mc Lean jerarquizó la relevancia del hipocampo y agregó la participación de la corteza prefrontal y de la amígdala.

Para su análisis debemos considerar los principales componentes que presenta este sistema. Entre los corticales consideraremos a estructuras pertenecientes a la arquicorteza y a las de la paleocorteza; en el primer caso destacamos el hipocampo y el área septal, y en el segundo mencionamos el giro parahipocampal, el giro del cíngulo y a la ínsula. En tanto, la estructura principal y más representativa del sistema límbico en su componente subcortical se corresponde con el cuerpo amigdalino.

Estas estructuras, verdaderos cimientos del sistema límbico, presenta relaciones muy importantes con otros componentes encefálicos: en la corteza, con la corteza orbitofrontal y con el polo temporal; y en la subcorteza con el hipotálamo, la formación reticular y el núcleo accumbens. Como vemos, el lóbulo límbico, junto al lóbulo frontal y al lóbulo temporal, forman las bases del sistema límbico.

A continuación y para concluir la descripción del sistema límbico haremos una breve revisión neuroanatómica y neurofisiológica de algunas estructuras corticales del sistema límbico,

tal como la formación del hipocampo, el área septal, el giro parahipocámpico, el giro cingular, y la ínsula.

1) La formación del hipocampo está conformado por tres regiones diferenciadas: el subículo, el hipocampo propiamente dicho y el giro dentado.

Las aferencias hacia el hipocampo propiamente dicho están determinadas por:

- a) la vía perforante (desde la corteza entorrinal o parahipocampo anterior)
- b) la vía alvear (desde el subículo)
- c) las fibras musgosas (desde el giro dentado)
- d) los sistemas moduladores difusos (colinérgicos, noradrenérgicos, dopaminérgicos y serotoninérgicos).

Las eferencias desde el hipocampo propiamente dicho se dirigen:

- a) a través de la corteza entorrinal (hacia las áreas de asociación),
- b) a través de la fimbria se introduce en el fornix y llega a la región septal, hacia al hipotálamo anterior, hacia los cuerpos mamilares, desde donde haciendo estación en el tálamo y el cíngulo vuelve al hipocampo, conformando así el circuito de Papez.

2) El área septal conformada por áreas corticales con varios núcleos subyacentes muy próximos a la corteza, cuyas conexiones aferentes llegan desde el cuerpo amigdalino, del hipocampo, del tracto olfatorio y de sistemas modulares difusos del tronco; en tanto, las eferencias se proyectan: a) por la estría medular llega al epitálamo y de ahí al mesencéfalo en forma descendente; b) por la vía septohipocampal, hacia el hipocampo a través del fornix (importante en el proceso de potenciación a largo plazo para la el depósito de huellas de memoria episódica).

Estos núcleos septales son considerados parte de los núcleos del telencéfalo basal, conjuntamente con los núcleos basales de Meynert que se proyectan a toda la neocorteza

3) El giro parahipocampal es la estructura intermedia entre el allocortez (hipocampo) y el neocortez. Presenta dos porciones: anterior (o corteza entorrinal) y posterior.

La corteza entorrinal recibe proyecciones desde la neocorteza recibiendo una corriente constante de información cognitiva y sensitiva de las áreas de asociación y la transmite al hipocampo para su consolidación. Una vez consolidada la devuelve a las áreas de asociación donde se codifica en forma de huellas de memoria.

La corteza parahipocampal posterior se analizará a continuación junto a la corteza cingular posterior.

4) El giro del cíngulo es la porción de la corteza que rodea al cuerpo caloso y al igual que el giro parahipocampal merecen destacarse dos porciones: anterior y posterior.

La corteza cingular anterior presenta diversas funciones identificadas a su vez en distintas áreas. Participa en la percepción de las emociones (sentimientos), en la iniciativa motriz, en la toma de decisiones y en la red atencional ejecutiva.

Luego de haber estudiado las porciones anteriores del giro parahipocampal y del giro del cíngulo, pasamos a estudiar las porciones posteriores de ambos giros. Ambas se hallan muy cerca anatómicamente, y funcionalmente representan regiones de rica interconexión con áreas

de asociación visual, auditiva y táctil, conteniendo almacenes de memoria y participando en procesos de lectura.

5) La ínsula interviene en la neuronanatomía y neurofisiología de la conciencia, participando además en el control del lenguaje, en la percepción del gusto (áreas gustativas) y del disgusto, de la admiración y de la empatía (Fitzgerald, T 2012).

Emociones

Las guardianas de la vida

“Es imposible no emocionarse”, decía Sergio Rulicki en una de las conferencias que presencié en La Plata. “Aún bajo la máscara más pétrea de la más perfecta indiferencia, bulle siempre el volcán de la emoción”. Alegría, interés, miedo, asco, tristeza, ira, sorpresa. O alguna derivada de la combinación de las anteriores: vergüenza, compasión, amor. No podemos no emocionarnos; la emoción es constitutiva de nuestra vida: no hay comportamiento que no la incluya; no podemos escapar de ella. Jugamos a ser racionales, a controlar nuestras decisiones con nuestra lógica y nuestra inteligencia neutra, pero lo cierto es que, en la gran mayoría de los casos, en las conductas que verdaderamente importan, es la emoción la que nos dirige. ¿A qué se debe esta ubicuidad persistente? ¿Por qué razón estamos siempre en un estado de emoción? La biología no juega. Si pone a la emoción en la base de nuestra conducta, es porque le reserva una función primordial, básica, fundante. Y sobre todo, adaptativa. Porque sucede que las emociones, conductual y fisiológicamente consideradas, son respuestas que entonan nuestro cuerpo para determinados tipos específicos de comportamiento: huida, lucha, defensa, procreación. Como una especie de hada madrina interna, la emoción sale a nuestro auxilio para ayudarnos a cumplir necesidades o a vencer obstáculos. Como le gusta decir a Frenquelli (2015) las emociones son nuestras guardianas personales, las guardianas de nuestra vida. El miedo nos pone alertas y nos predispone a huir; la ira nos inclina a la agresión frente a lo que entendemos como obstáculo o amenaza; la sorpresa abre aún más nuestros canales perceptivos y aumenta la evaluación cognitiva de estímulos imprevistos. Son apenas algunos ejemplos de lo que pueden hacer las emociones por nosotros en su función de auxilio.

Innatas, universales, adaptativas

Nacemos con ellas. Están presentes en todas las especies mamíferas. Nos ayudan a resolver problemas. Estamos hablando de las tres condiciones fundamentales de las emociones primarias o básicas, que son las que aquí nos interesan. Las emociones primarias o básicas son innatas, universales y adaptativas y fueron clasificadas a la luz de distintos criterios

a lo largo de la historia por diversos autores. El criterio que elegimos para este artículo es el del “efecto hedónico” de las emociones. “Hedónico” es una palabra que hace alusión al placer que pueda provocarnos una sensación determinada. Así, hay sensaciones placenteras, displacenteras, o nulas. A las emociones capaces de generarnos sensaciones placenteras, las llamaremos **positivas** y son la *alegría* y el *interés*. A las emociones capaces de generarnos sensaciones displacenteras, las llamaremos **negativas** y son el *miedo*, *la ira*, *el asco* y *la tristeza*. A las emociones que no son capaces de generarnos ni placer ni displacer, las llamaremos **neutras**, y la emoción neutra por antonomasia es la *sorpresa*. Es necesario volver a recordar que el calificativo de positivas, negativas o neutras no establece una diferencia moral, sino hedónica. Es decir que todas las emociones son potencialmente “buenas”, porque todas pueden ayudarnos a vencer obstáculos. Pero sucede que algunas son además placenteras, mientras que otras no lo son.

¿Que cómo es posible que una emoción negativa pueda considerarse buena? La respuesta es sencilla: por su carácter adaptativo. Aunque a veces desagradables, las emociones entonan a nuestro organismo para resolver problemas. El ejemplo más fácil de observar es el del miedo. Como todos sabemos, el miedo es bastante desagradable y sin embargo es el que nos hace correr frente a la inminencia de un peligro, o es el que nos hace quedarnos quietos, para que este peligro no nos detecte. Otro ejemplo es el del asco. ¿Cuántas veces el asco nos ha impedido beber o comer un alimento nocivo para nuestra salud? Pero también en la ira y en la tristeza podemos ver ejemplos de adaptación. En la ira, a través de la posibilidad de enfrentar amenazas que atentan contra nuestra integridad; en la tristeza, a través de la posibilidad de la reducción perceptual, del transitorio apagamiento del mundo externo que nos permite centrarnos en nuestro dolor interno con el objetivo de resolverlo.

¿El huevo o la gallina?

Muchas preguntas siguen sin poder resolverse en torno a las emociones. Una de ellas (en apariencia sencilla y de respuesta pretendidamente obvia) es la que se interroga de algún modo por el origen de la emoción. Esta pregunta podría formularse como sigue: frente a la aparición súbita de un estímulo emocional, ¿qué se provoca primero? ¿La expresión física de la emoción o el sentimiento asociado a ella? O en otras palabras: ¿Qué sucede primero en una respuesta emocional? ¿La respuesta física o el sentimiento? O en palabras aún más cotidianas: ¿Lloramos porque estamos tristes, o estamos tristes porque lloramos? He dado muchas clases en la Facultad sobre este tema y las respuestas de los alumnos casi nunca se hacen esperar.

—¡Profesor... si lloramos, es porque estamos tristes!

—¿Pero están seguros? ¿Muy, muy seguros? Piénsenlo otra vez.

Sí. Si lo pensamos con seriedad, nos daremos de inmediato cuenta de que la respuesta deja de ser sencilla. Hemos descubierto algunas veces que las lágrimas saltan a nuestros ojos sin

haber sentido tristeza, y que ésta llega, incluso, unos segundos después. Esto nos pasa sobre todo cuando los estímulos angustiosos nos toman por asalto y no nos dan tiempo para procesarlos de un modo consciente. En esas ocasiones, el cuerpo parece responder primero y el sentimiento mental viene después. ¿Y entonces?

Entonces ya es hora de presentarles, señoras y señores, a William James, aquel teórico especulativo de tantos campos de las ciencias sociales, que fue el primero en desarrollar un argumento contra intuitivo para la pregunta de arriba. James proponía que, frente a la aparición de un estímulo con relevancia emocional, el sujeto responde primero con el cuerpo y luego con el sentimiento. Es decir, primero expresa la emoción, y después la siente.

Imaginemos que, en un día de campo, un hombre de ciudad ve de súbito a una serpiente. Y no cualquier serpiente ¡Nada menos que una cobra! Nuestro buen hombre actúa entonces como actuaría la mayoría de los que nunca nos entrenamos hipnotizando víboras: se asusta y, por supuesto, sale corriendo. ¿Pero realmente sucede así? ¿Realmente *primero* se asusta y *luego* sale corriendo? James diría que no. Lo que diría más bien James es que, frente a la aparición de la cobra, nuestro hombre primero expresa físicamente ciertas respuestas que entonan a su cuerpo para determinadas acciones, por ejemplo correr, y que solo después, como producto de esta activación fisiológica, el hombre sentirá miedo. Para James, entonces, el sentimiento asociado a la emoción es un derivado del arousal fisiológico, un producto del feedback sensorial proveniente de la activación física frente al estímulo. El sujeto observa el estímulo emocional, luego expresa respuestas físicas, luego sentirá un sentimiento elaborado a partir del análisis central de aquellas expresiones físicas.

Aunque esta teoría de James tenga sus años (fue elaborada entre fines del siglo XIX y principios del XX), tuvo una importante revitalización a partir de avances modernos. Porque resulta que Ammy Cuddy, una todavía joven investigadora norteamericana, la puso a prueba recientemente en una investigación experimental llevada a cabo en seres humanos y ¡funcionó!

En esa investigación, Cuddy estaba interesada en comprobar los efectos de determinadas expresiones físicas que representaban poder (como por ejemplo extender los brazos hacia arriba en forma de V, o ponerse las manos en la cintura en posición desafiante, como la Mujer Maravilla) sobre determinados indicadores fisiológicos y conductuales de autoconfianza, como la expresión de hormonas indicativas del stress, el nivel de testosterona y la calidad de las apuestas en un juego virtual de azar. Concretamente, Cuddy les decía a los sujetos voluntarios que permanecieran en una determinada “posición de poder” durante un par de minutos y luego les medía sus niveles de cortisol y de testosterona, al tiempo que observaba sus apuestas en un juego virtual de cartas. Los resultados fueron concluyentes: después de tan solo dos minutos de permanencia en una posición de poder, los niveles de testosterona aumentaron, los de cortisol disminuyeron y las apuestas en el juego de azar fueron más arriesgadas. Los sujetos se sintieron más confiados en sí mismos y adoptaron más conductas de riesgo, tan solo por haber modelado una postura física que representaba exteriormente una sensación de poder. Una vez más, fue la expresión física la que determinó al sentimiento. La teoría de James puesta en acción.

Dejamos de lado las muchas e interesantes relaciones entre la expresión física y el mundo de las emociones (toda un área de vacancia dentro de nuestra formación como psicólogos, casi totalmente subsumida, hay que decirlo, al exclusivo ámbito de lo mental-lingüístico) para pasar, ahora sí, al Santo Grial.

El Santo Grial

El Santo Grial es, para Le Doux (1999), una metáfora del origen físico de nuestras emociones, es decir, el lugar en el cerebro en el que estas se originan. La pregunta por el Santo Grial ha despertado el interés en miles de científicos a lo largo de la historia de la ciencia, dando a lugar desde los argumentos más especulativos y supersticiosos a las más precisas mediciones de laboratorio. La pregunta por el Santo Grial podría sintetizarse así: ¿en qué parte del cerebro se originan las emociones?

Las respuestas a esta pregunta van desde la frenología hasta Le Doux, pasando, obviamente, por el sistema límbico de Mc Lean.

Frenología (o el arte de diagnosticar trastornos mentales palpando montañas en la cabeza)

La frenología se originó con el trabajo del científico Francis Joseph Gall. Al igual que científicos anteriores, Gall creía que la mente estaba compuesta por una variedad de facultades específicas como los sentidos, los sentimientos, el habla, la memoria y la inteligencia. Gall sugirió que cada facultad tiene su propio “órgano” en el cerebro, lo cual significó el nacimiento de las ideas modernas sobre la localización funcional (Le Doux, 1999).

Sin embargo, Gall luego dio otro paso y afirmó que las facultades más desarrolladas tenían también órganos cerebrales de mayor tamaño, y que el cráneo que los cubría mostraba más protuberancias que las partes del cráneo que rodeaban a órganos menos desarrollados. Como consecuencia de esta presunción, caracterizaban los rasgos de la personalidad y de la capacidad intelectual palpando las protuberancias de la cabeza y con esto pretendían detectar trastornos del pensamiento y del humor. El lema de la frenología, bien podría resumirse entonces en: “Dime qué protuberancias craneales tienes y te diré qué trastorno mental te perturba”. Pero aún dieron otro paso más. Además de animarse a detectar la topografía craneal de las facultades mentales corrientes, comenzaron también a elaborar la topografía cerebral de rasgos más exóticos como la veneración, la benevolencia, la amistad, la suavidad y hasta la filoprocentividad, (signifique lo que signifique).

Lo irónico fue que la teoría de Gall sobre la localización de las funciones al final venció, aunque no tal como él la había propuesto. Posteriormente se descubrió que las diferentes facultades o funciones se encuentran en zonas distintas del cerebro, afirmación que actualmente es un hecho relativamente aceptado.

En resumen, las zonas del cerebro tienen determinadas funciones debido a los mecanismos de los que forman parte. Y las funciones son rasgos de mecanismos integrados, más que de

zonas cerebrales aisladas. En este sentido, la solución se encuentra en algún punto entre la teoría de Gall y la de sus detractores.

Con todo, los frenólogos estuvieron todavía muy lejos de haber encontrado el Santo Grial.

La teoría de Papez, o cómo elaborar una teoría de la emoción en pleno estado de emoción

La historia de la teoría de Papez es muy pintoresca. Papez era un científico norteamericano de mediados del siglo XX que nunca había investigado a las emociones. Sin embargo, un buen día se enteró de que un gran benefactor de su país donó a un laboratorio británico una gran suma de dinero para que averiguara cómo funcionan las emociones. En un arranque de orgullo nacional, Papez se reconcentró en su escritorio durante un par de días y elaboró una teoría que aún hoy sigue viviendo: la teoría de Papez. Papez quiso demostrar que los científicos de su país también tenían algo para decir con respecto a las emociones. Un ejemplo algo gracioso de cómo incluso las emociones negativas, como la ira o el rencor, son capaces de movilizarlos hacia la elaboración de conductas adaptativas complejas.

La hipótesis de Papez comienza con la idea de que los datos de la información sensorial transmitidos al cerebro se dividen en el **canal del pensamiento** y el **canal del sentimiento** (Le Doux, 1999). El **canal del pensamiento** es la vía por la que se transmiten los datos sensoriales, siguiendo una trayectoria que atraviesa el tálamo y continúa hacia las zonas laterales del neocórtex. A través de este canal, las sensaciones se convierten en percepciones, en pensamientos y en recuerdos. El **canal del sentimiento** también lleva consigo la transmisión sensorial hacia el tálamo, pero en ese punto la información pasa directamente hacia el hipotálamo. Así, Papez sugirió que las experiencias emocionales podían generarse de dos formas. La primera era mediante la activación del **canal del sentimiento** a través de la percepción de objetos sensoriales. La segunda forma era el flujo de información por el **canal del pensamiento** hacia la corteza cerebral, donde se percibe el estímulo y se activan los recuerdos sobre ese estímulo.

En un ataque transitorio de ira, Papez logró elaborar una teoría que complejizó nuestro entendimiento fisiológico de las respuestas emocionales. Pero faltaba todavía un ingrediente importante en su esquema: la amígdala.

Kluver, Bucy y los monitos alucinógenos

Kluver y Bucy estaban investigando las zonas cerebrales que participaban en las alucinaciones visuales provocadas por fármacos, cuando dieron con un conjunto de observaciones extraordinarias sobre los efectos de las lesiones en los lóbulos temporales de los monos. Luego de extirparles los lóbulos temporales medios (región cerebral que involucra la amígdala) los animales se pusieron dóciles en presencia de objetos temidos, se llevaron casi cualquier objeto a la boca, se volvieron hipersexuales intentando copular, incluso, con miembros de otras especies. Este conjunto de síntomas es denominado “ceguera psíquica”, es decir que el animal se vuelve ciego ante la significación emocional de los estímulos. Se había descubierto, por fin, la

función de la amígdala. Y la amígdala, al parecer, tenía algo muy importante que decirnos con respecto a la elaboración de la respuesta emocional.

Mc Lean y el sistema límbico

Mc Lean se destacó por generar teoría nueva a partir de otras teorías. Para elaborar su propio sistema, recuperó y amplió la teoría de Papez, integrándola con los hallazgos de Kluver y Bucy y con la psicología freudiana. De hecho, la teoría de Papez habría desaparecido silenciosamente y hubiera pasado a la historia si no hubiera sido la principal fuente de inspiración en la teoría de Mc Lean.

En 1952, Mc Lean introdujo la denominación de **sistema límbico** para desarrollar su teoría. La expresión “límbico” procede del reborde de la corteza media que posteriormente se llamó rinencéfalo. Además de las zonas del circuito de Papez, Mc Lean incluyó en este sistema regiones como el núcleo amigdalino, el septum pellucidum y la corteza prefrontal. Sugirió también que las estructuras del sistema límbico funcionan de forma integrada para mantener la supervivencia de los individuos y las especies. Este sistema evolucionó para ocuparse de las funciones viscerales y las conductas afectivas, como la nutrición, la defensa y la reproducción, y constituye la base del aspecto visceral y emocional del individuo.

A continuación se expresan conceptualmente las funciones adjudicadas a los principales componentes del sistema límbico:

Tálamo: relevo de la información sensorial hacia estructuras corticales y subcorticales del sistema límbico.

Hipotálamo: regulación de las respuestas endócrinas y autonómicas provocadas por los estímulos sensoriales.

Hipocampo: evocación de los recuerdos asociados a los estímulos emocionales que se perciben.

Corteza Prefrontal: adecuación social de los impulsos emocionales.

Amígdala: integrador de los niveles conductuales, hormonales y autonómicos de la respuestas emocional.

Las críticas del Dr Le Doux

La teoría del sistema límbico es una teoría sobre la localización que intentó determinar dónde se encuentran las emociones en el cerebro. Pero Mc Lean y sus seguidores no han conseguido ofrecer un método eficaz para identificar qué partes del cerebro forman en realidad el sistema límbico. Uno de los principales críticos de esta teoría es el reconocido investigador científico Joseph Le Doux, quien, además de integrar una banda de rock llamada “Los amigdalinos”, estudia desde hace varias décadas la regulación fisiológica de las emociones básicas por parte de la amígdala. Le Doux podría ser considerado, hoy, como el científico más eminente de la neurociencia emocional.

Las críticas de Le Doux (1999) con respecto a la teoría del sistema límbico son fundamentalmente dos. Pasaremos a exponerlas de modo enumerativo, para facilitar su lectura y aprendizaje.

- 1) Mc Lean creía que el sistema límbico podía definirse a partir de sus conexiones con el hipotálamo. Pero si el sistema límbico tuviese que ser definido a partir de su conexión con el hipotálamo, ocuparía todo el cerebro, por lo que esta hipótesis es descartable.
- 2) Si bien es cierto que algunas zonas que se han incluido tradicionalmente en el sistema límbico intervienen en el control visceral y emocional, actualmente se sabe que otras zonas, como el hipocampo, no intervienen en el control autonómico ni en la emoción sino más bien en la cognición. En cambio, existen otras estructuras, sobre todo las que provienen en el tronco cerebral inferior, que desempeñan una función primordial en la regulación autonómica. La regulación visceral es una base insuficiente para delimitar al sistema límbico.

En síntesis, Le Doux nos dice que hay estructuras dentro de lo que se considera sistema límbico que no cumplirían una función visceral ni una función emocional y en cambio, otras estructuras nunca incluidas dentro del sistema, sí cumplirían este tipo de funciones. “La investigación sobre las emociones”, dice Le Doux, “puede decirnos dónde se encuentra su sistema dentro del cerebro, pero no dónde se encuentra el sistema límbico. El sistema límbico existe o no existe. Como no hay criterios independientes para decirnos dónde está, no queda más remedio que afirmar que no existe”.

Contundente, ¿no?

Por otra parte, Le Doux parece estar en contra de la opinión de que un solo centro cerebral sea el encargado de la regulación de todas las emociones. “Dado que diferentes emociones intervienen en diferentes funciones de supervivencia (como la defensa, la búsqueda de alimentos, la selección de pareja, el cuidado de la prole), cada una de ellas podría muy bien pertenecer a sistemas cerebrales diferentes que evolucionaron por motivos distintos. Como resultado, puede que no haya un solo sistema emocional en el cerebro, sino muchos”.

Con todo, Le Doux parece tener todavía la esperanza de que las estructuras cerebrales de la emoción sean definibles y localizables. Le Doux, desde este punto de vista, es un localizacionista, un frenólogo actualizado. Piensa, por ejemplo, que existen determinados sistemas fisiológicos para el miedo, determinados sistemas para la ira, el asco, o el amor. Pero aún este punto de vista es discutible (¡sí... la ciencia no parece ser más que un debate interminable entre posturas antagónicas...!) y si no, preguntémosle qué opinión tiene sobre este tema a Kristen Lindquist, científico eminente del departamento de Neurología de la Universidad de Harvard.

Lindquist Vs Le Doux

Contra lo que dice Le Doux en su capítulo El Santo Grial, Lindquist afirma que la hipótesis de los diferentes sistemas cerebrales para diferentes emociones parece no ser consistente con los nuevos hallazgos científicos. En un trabajo relativamente reciente, Lindquist (2015) analizó los resultados de todas las investigaciones realizadas con técnicas de neuroimagen sobre emociones humanas y comparó la perspectiva localizacionista (la hipótesis de que las emociones discretas se corresponden con distintas regiones cerebrales) con la perspectiva psicológica

construccionista (la hipótesis de que las emociones discretas son construidas a partir de un patrón general de vías no específicas). Luego de este análisis, Lindquist encontró muy poca evidencia de que las emociones discretas estén localizadas en regiones cerebrales específicas. Por otro lado, encontró evidencia consistente con la perspectiva psicológica construccionista: un set de regiones cerebrales interactuantes comúnmente involucradas en operaciones psicológicas básicas de naturaleza tanto emocional como no emocional, están activas durante la experiencia emocional en diferentes emociones discretas.

¿De qué hablamos cuando hablamos de emoción?

Hablamos de un tema crucial para la vida, de un fenómeno que nos constituye como seres humanos, de un proceso inescapable a cualquier conducta, a cualquier pensamiento o a cualquier percepción. Como decía Rulicki al principio de nuestro capítulo, es imposible no emocionarnos. A lo largo de este texto nos fue posible recorrer diferentes respuestas a diferentes preguntas respecto a la emoción: ¿Qué son las emociones? ¿Cómo pueden clasificarse? ¿Qué relación existe entre sentimiento y expresión emocional? ¿Dónde se localizan? Todas, absolutamente todas las respuestas son tentativas y el alumno deberá conformarse con el sabor agri-dulce de las meras hipótesis. En este campo como en todos los demás, hay todo por descubrir, todo por derribar, todo por reformular.

Adicción y Accumbens

La adicción a las drogas es uno de los problemas más serios de nuestro planeta. Los problemas causados por el consumo desadaptativo de alcohol, tabaco y cocaína (por nombrar solo algunas de las drogas más populares) son muchos y muy graves. ¿Por qué debería la gente utilizar estas drogas y exponerse a estos peligros? La respuesta a esta pregunta es que todas estas sustancias estimulan la liberación de dopamina en el núcleo accumbens reforzando de esa manera las conductas responsables de su liberación en el cuerpo: ingerir, fumar, esnifar o inyectar. Las consecuencias inmediatas de estas drogas son más poderosas que la conciencia de que a largo plazo sucederán cosas terribles.

Como veremos más tarde, el concepto de **dependencia física** es insuficiente para explicar una adicción. Se entiende que la dependencia física se adquiere cuando se cumplen dos procesos: el de la tolerancia y el de la abstinencia.

La **tolerancia** es la disminución de la sensibilidad a una droga, que resulta de su uso continuo. Es decir, se trata de un estado fisiológico que implica que quien consume necesita progresivamente mayores dosis de la droga para alcanzar el mismo efecto. A nivel celular, esto se explica porque las células se van adaptando a las sustancias extrañas que reciben, con lo cual precisan cada vez una cantidad más elevada para experimentar lo mismo. (Bodino, 2001). El usuario de la droga debe tomar cantidades cada vez mayores de la droga para que ésta resulte efectiva. Una vez que una persona ha tomado, por ejemplo, un opiáceo de manera suficiente-

mente regular para desarrollar la tolerancia, la persona sufrirá **síntomas de abstinencia** si deja de consumir la droga. Los síntomas de abstinencia son principalmente los opuestos a los efectos de la droga (Carlson, 1996).

La mayoría de los investigadores considera que los síntomas de la abstinencia son producidos por el cuerpo en un intento de compensar la condición inusual de la intoxicación farmacológica. Es decir, la mayor parte de los sistemas corporales, incluyendo los que son controlados por el cerebro, son regulados para permanecer en un valor óptimo. Cuando una droga cambia de manera artificial esos sistemas por un tiempo prolongado, los mecanismos homeostáticos empiezan a producir la reacción opuesta para compensar parcialmente la perturbación del valor óptimo. Estos mecanismos compensatorios explican el hecho de que cada vez deban consumirse mayores dosis de droga para poder lograr los efectos obtenidos en el primer consumo (tolerancia). También explican los síntomas de la abstinencia: cuando la gente deja de consumir la droga, los mecanismos compensatorios se hacen sentir por sí mismos sin ser contrarrestados por la acción de la droga.

La investigación científica sugiere que existen básicamente dos tipos de mecanismos compensatorios. El primer mecanismo involucra un decremento en la efectividad de las moléculas de la droga consumida en el sistema nervioso central, sea que disminuye la sensibilidad de los receptores o que los mecanismos que los unen con los canales de iones en la membrana pierden efectividad. Un segundo efecto, descubierto por Siegel (1978) involucra al **condicionamiento clásico**. Cuando una persona consume una droga, ésta produce sus efectos principales a la vez que se activan los mecanismos compensatorios homeostáticos. La activación de estos mecanismos compensatorios puede condicionarse clásicamente a los estímulos ambientales que están presentes en esa ocasión. Los estímulos asociados con el consumo de la droga, incluyendo la parafernalia involucrada en la preparación de la solución de la droga, la jeringa, la aguja, la sensación de la guja en la vena e incluso la habitación en que se consume la droga, funcionan como estímulos condicionados. Las respuestas compensatorias homeostáticas provocadas por los efectos de la droga funcionan como respuesta incondicionada, que se condiciona a los estímulos ambientales. De modo que una vez que el condicionamiento clásico ha tenido lugar, los mecanismos compensatorios son activados no sólo por los efectos primarios de la droga, sino también por los *estímulos asociados con el consumo de la misma*. Dicha explicación proviene de la llamada Teoría del Proceso Oponente, que sostiene que los mecanismos neurofisiológicos que intervienen en la conducta emocional actúan para mantener esa estabilidad emocional (Carlson, 1996).

Respecto a esta teoría, tras describir otros ejemplos de episodios emocionales, Solomon y Corbit sostienen que la presentación de un estímulo activador de emoción (ya sea un estímulo incondicionado o bien un reforzador operante) suscita inicialmente lo que denominaron **proceso primario** o **proceso a**, que es el responsable de la calidad o signo afectivo del estado emocional y en gran medida de su intensidad. Estos procesos primarios, inducidos por el estímulo, son básicos y sensibles a pequeños cambios estimulares; raramente muestran una habituación o sensibilización extremas. Se supone que, a su vez, el proceso a o proceso primario activa un

proceso oponente o **proceso b**, que origina la reacción emocional contraria, que se opone y suprime la fuerza afectiva del proceso a. En contraste con los procesos a, se piensa que los procesos b son lentos y están cargados de inercia, apareciendo así con tres características distintivas: 1) presentan relativamente una larga latencia o tiempo de reacción, 2) son lentos para establecerse en su máxima amplitud y 3) son lentos para decaer después de que el input estimular se haya terminado y el proceso a haya cesado. Puesto que el proceso b es un proceso oponente, debe tener una cualidad afectiva o hedónica opuesta a la del proceso a. Consecuentemente, se parte de un supuesto homeostático, según el cual una función importante de los mecanismos que controlan la conducta emocional es minimizar las desviaciones de la neutralidad (estabilidad) emocional (Carlsón, 1996).

Algunas autoridades han llegado a la conclusión de que una auténtica adicción no ocurre a menos que la droga ocasione tolerancia y abstinencia. Pero existen dos tipos de evidencia que contradicen la creencia de que la adicción a las drogas es ocasionada por la dependencia física. Primero, algunas drogas muy potentes (incluyendo la cocaína) no producen dependencia física. Es decir, la gente que toma la droga no muestra tolerancia, y si deja de consumirla no presentan ningún síntoma de abstinencia. Y sin embargo, la gente que la consume muestra una adicción tan fuerte como la exhibida por un adicto a la heroína. Segundo, algunas drogas producen dependencia física (tolerancia y síntomas de abstinencia) pero no generan abuso. La razón por la que no generan abuso es que no tienen efectos reforzantes sobre la conducta.

Todos estos datos parecen fortalecer la hipótesis de que la causa de la adicción se encuentra en el efecto de las drogas sobre las neuronas dopaminérgicas del sistema mesolímbico.

Drogas de abuso sobre el sistema dopaminérgico mesolímbico

1) Cocaína: Según Moratalla (2008) la **cocaína** es un psicoestimulante motor que, además de incrementar el estado de alerta, produce una estimulación conductual con una potente estimulación motora. Cuando la cocaína se administra de manera crónica produce cambios prolongados en el comportamiento, sensibilización conductual y también adicción. Se cree que la cocaína es uno de los mayores reforzadores naturales que existen hoy en día y, por tanto, que la adicción que produce es bastante seria y acarrea trastornos en el comportamiento en un plazo relativamente corto. Estos datos vienen avalados por la experiencia clínica o asistencial que evidencia el corto período de tiempo que transcurre entre el inicio del consumo importante de esta droga y la búsqueda de ayuda médica por el propio individuo. Cómo la exposición a cocaína induce cambios a largo plazo en la conducta y una potente adicción es todavía un problema sin resolver.

La cocaína es un agonista dopaminérgico indirecto. Se une con gran afinidad al transportador de la dopamina bloqueándolo y, en consecuencia, produce un gran aumento en la concentración de dopamina en la hendidura sináptica, próxima a los receptores dopaminérgicos. Es esta estimulación dopaminérgica la responsable de la mayoría de los efectos reforzadores

de la cocaína y de los efectos sobre la activación motora. La cocaína también bloquea la recaptación de otras monoaminas como la serotonina y la noradrenalina, pero parece ser que este hecho no interviene en las propiedades reforzadoras de la cocaína. Por tanto, el sistema dopaminérgico es el principal sustrato neuronal de los efectos reforzadores de la conducta adictiva inducida por cocaína, y no sólo por cocaína, sino también por la mayoría de las drogas de abuso. Dentro del sistema dopaminérgico la vía mesocorticolímbica representa el sustrato anatómico de las respuestas motoras y reforzadoras de la cocaína. Esta vía neural está compuesta por las neuronas dopaminérgicas del área tegmental ventral (ATV) que proyectan fundamentalmente al núcleo *accumbens*, al tubérculo olfatorio y a las cortezas prefrontal y cingular (Moratalla, 2008).

Conductualmente, en roedores, la administración aguda de cocaína incrementa de manera consistente la actividad motora, efecto típico de los psicoestimulantes. En dosis bajas los incrementos generales en la actividad consisten en un incremento de la actividad horizontal, alzamientos, acicalamientos (*grooming*) y actividad exploratoria. En dosis más altas se produce un incremento en la conducta estereotipada (mordisqueos y olisqueos, etc.). También se ha demostrado que la respuesta motora viene mediada principalmente por el sistema mesolímbico, puesto que es inhibida con antagonistas dopaminérgicos administrados intracerebralmente en el núcleo *acumbens*, mientras que la conducta estereotipada está mediada principalmente por el sistema nigroestriatal, aunque los dos sistemas dopaminérgicos contribuyan en mayor o menor grado en ambas respuestas conductuales (Moratalla, 2008).

Con la administración crónica de cocaína se observa un aumento en la respuesta motora que se llama sensibilización conductual. La sensibilización conductual o tolerancia inversa es un aumento progresivo de la respuesta conductual (aumento de la locomoción y la estereotipia) producida por dosis repetidas de cocaína. Estudios conductuales con animales de experimentación demuestran que la sensibilización conductual es un fenómeno persistente, ya que perdura durante meses después de la abstinencia a la administración crónica de cocaína, y sugieren que la sensibilización pudiera estar relacionada con el *craving* o deseo compulsivo por la droga. También se ha visto que existe una sensibilización conductual cruzada entre los diferentes psicoestimulantes. Este hecho indica que mecanismos neuroquímicos y moleculares similares están sustentando las diferentes formas de sensibilización conductual. Una de las alteraciones más ampliamente observadas asociadas a la sensibilización conductual inducida por cocaína y otros psicoestimulantes es un aumento en la habilidad de éstos para producir una potenciación en la liberación de dopamina en el estriado dorsal y ventral que, a su vez, aumenta la actividad de la adenilato ciclasa y de la proteína quinasa A. Estas observaciones se han llevado a cabo en estudios de microdiálisis y en preparaciones con rodajas cerebrales *in vitro*. Además, este aumento en la liberación de dopamina en el núcleo *acumbens* se correlaciona bastante bien con un incremento en la autoadministración de cocaína en animales previamente sensibilizados. Estos datos corroboran datos clínicos que evidencian un mayor deseo compulsivo en administrarse la droga cuanto mayor es el consumo crónico en el ser humano. Además hay datos clínicos que demuestran que no se produce adicción a la cocaína si previamente el individuo no se

ha sensibilizado a ella. Todo ello sugiere que la sensibilización conductual y la adicción a la cocaína pueden tener mecanismos moleculares similares si no idénticos (Moratalla, 2008).

Los efectos electrofisiológicos de la cocaína en las neuronas postsinápticas a las terminales dopaminérgicas y en los cuerpos celulares dopaminérgicos han sido estudiados extensivamente. Las neuronas dopaminérgicas de la SN y del ATV tienen una frecuencia de disparo baja con potenciales de acción elevados. Estas características las diferencian de neuronas vecinas no dopaminérgicas. La dopamina y los agonistas dopaminérgicos, en concentraciones bajas, inhiben estas neuronas debido a la estimulación de receptores D2 presinápticos. La cocaína ejerce un efecto inhibitorio en estas neuronas debido a un bloqueo del transportador de la dopamina en las dendritas y a la subsiguiente estimulación de los receptores D2 presinápticos. Aunque en las regiones de proyección de las neuronas dopaminérgicas mesocorticolímbicas los efectos de la dopamina pueden llegar a ser considerablemente mucho más complicados, debido a la existencia de diversos receptores dopaminérgicos localizados pre- y postsinápticamente, así como a la heterogeneidad de las poblaciones celulares intrínsecas en estas regiones cerebrales, generalmente se acepta que la cocaína ejerce un efecto inhibitorio en la actividad eléctrica de las neuronas que reciben proyecciones monoaminérgicas de los grupos celulares del cerebro medio. Varios estudios han demostrado que la cocaína inhibe la actividad eléctrica de las neuronas dopaminérgicas (SN y ATV), de las neuronas noradrenérgicas (*locus coeruleus*) y de las neuronas serotoninérgicas (núcleo dorsal del rafe). En cambio, el isómero inactivo de la cocaína no tiene ningún efecto sobre la actividad eléctrica de estas neuronas. Sin embargo, un derivado de la cocaína, el 2B-carbometoxy-3B-(4-fluorofenil) tropano (conocido por WIN 35.428 o CFT) es 10 veces más potente que la cocaína en la inhibición de la actividad eléctrica. No obstante, este compuesto es menos selectivo que la cocaína para el sistema dopaminérgico (Moratalla, 2008).

2) Alcohol: Según Di Génova (2011) el **alcohol** interviene en el funcionamiento de varios neurotransmisores como la dopamina y la serotonina, y también sobre receptores nicotínicos, opioides y cannabinoides, aunque el mecanismo no se conozca con certeza. Está bien estudiada, en cambio, la interacción del alcohol con dos neurotransmisores de importancia capital, que proliferan a lo largo y a lo ancho de todo el SNC. Se trata del ácido gamma-aminobutírico (conocido como GABA) y el ácido glutámico o glutamato.

El GABA es el principal inhibidor del SNC; el alcohol potencia la comunicación GABAérgica en el cerebro. El ácido glutámico es, en cambio, uno de los principales activadores del SNC y está involucrado en los fenómenos de alerta, atención y coordinación, aprendizaje y memoria. Lo que hace el alcohol es deprimir o antagonizar la transmisión del glutamato disminuyendo los impulsos eléctricos y provocando un efecto depresor en la actividad cerebral a corto plazo (Di Génova, 2011).

Visto así, el alcohol produce un efecto de doble comando en el SNC: por un lado exalta los mecanismos de inhibición y, por el otro, anula los sistemas de excitación.

Desde el punto de vista de la psicología, en términos teóricos, el alcohol provocaría una liberación del inconsciente, es decir, el despertar irrefrenable de las vivencias y pensamientos reprimidos ubicados en algún lugar de la conciencia.

Se ha demostrado, también en animales de experimentación, los efectos del alcohol en la liberación de dopamina en el núcleo acumbens. Más aun, se ha demostrado que estos mismos efectos son potenciados cuando el alcohol se combina con drogas también reforzantes, como el cannabis.

3) Benzodiazepinas: Según Lopez Vantour (2010) las **benzodiazepinas** (BZD) son agentes depresores del sistema nervioso central, más selectivos que otras drogas como los barbitúricos, que actúan particularmente sobre el sistema límbico, comparten estructura química similar y tienen gran afinidad con el complejo de receptores benzodiazepínicos. Son agonistas completos a nivel de su receptor celular en la producción de propiedades sedantes y ansiolíticas.

Algunos compuestos tienen acciones intermedias entre un agonista completo y un antagonista completo y se denominan agonistas o antagonistas parciales. El interés en los agonistas parciales del receptor benzodiazepínico radica en que con ellos no ocurre un efecto completo de tolerancia con el uso crónico, es decir, dichos agonistas parciales muestran propiedades ansiolíticas con una reducida cantidad de sedación y menores problemas con dependencia y trastornos de abstinencia.

Las BZD poseen propiedades anti-ansiedad y pueden ser usadas para el control temporal de la ansiedad grave. Un panel internacional de expertos en la farmacoterapia de la ansiedad y la depresión definieron al uso de las benzodiazepinas, especialmente en combinación con antidepresivos, como las principales drogas en la terapia de los trastornos de la ansiedad. Los médicos suelen ser los que inician la prescripción de estos fármacos y luego el paciente continúa con patrones de uso y automedicación, olvidando que estos medicamentos poseen el riesgo de crear dependencia, tolerancia y posibilidad de inducir síntomas de abstinencia (Lopez Vantour, 2010).

Todas las BZD pueden provocar dependencia psicológica y física, incluso a dosis bajas, con un síndrome de abstinencia de instauración lenta tras la supresión del fármaco, que es más intenso mientras mayores hayan sido las dosis utilizadas y más prolongado el tiempo de tratamiento. El cuadro se asemeja a una recaída del estado ansioso original. Producen tolerancia a los efectos sedantes y anticonvulsivantes apreciándose mejor cuando se dan dosis altas durante un tiempo prolongado. Las de eliminación rápida tienen mayor tendencia a producir dependencia o fenómenos de rebote (ansiedad, insomnio) al suspender el tratamiento; las de eliminación lenta producen más sedación diurna; las de larga duración (nitrazepam), tienen efectos colaterales que pueden persistir durante todo el día y las de duración intermedia (temazepam), poseen menos efectos duraderos al día siguiente de su administración (Lopez Vantour, 2010).

4) MDMA (Éxtasis): Siguiendo a Folgarait (2008), el **MDMA** empieza a actuar entre veinte y sesenta minutos después de la administración oral. Primero actúa sobre la serotonina y luego sobre la dopamina, que actúa a su vez sobre los centros del placer del núcleo acumbens. Ge-

nera una sensación de paz y de unión amorosa con los otros. También opera como una puerta interna hacia el yo más profundo, liberando situaciones reprimidas o traumáticas.

El MDMA también produce tolerancia, es decir, se deben consumir cada vez mayores dosis para lograr el mismo efecto deseado.

A largo plazo, algunos investigadores observaron que la MDMA tiene un efecto tóxico sobre las terminaciones nerviosas vinculadas con la liberación de serotonina, lo cual puede ocasionar depresión.

Estudios en ratas demostraron que el uso reiterado de MDMA produce degeneración neuronal en el cerebro.

5) Opiáceos: Diversos tipos de evidencia experimental indican que **opiáceos** como la morfina o la heroína ejercen sus efectos reforzantes al activar las neuronas dopaminérgicas. Los animales de laboratorio trabajarán para recibir inyecciones en dos regiones del cerebro conocidas por su participación en los efectos de la dopamina sobre el reforzamiento: el área tegmental ventral y el núcleo acumbens. La inyección de morfina en el área tegmental ventral incrementa la actividad de las neuronas dopaminérgicas ahí localizadas. Además, después de destruir con veneno las neuronas dopaminérgicas del sistema mesolímbico o las terminales de esas neuronas en el núcleo acumbens, las ratas dejan de presionar una palanca que les suministra heroína por la vía intravenosa. (Carlson, 1996).

A modo de cierre: Son numerosas las evidencias científicas que entrelazan a la adicción con el sistema dopaminérgico mesolímbico. Diversos estudios neurobiológicos incluso sostienen que podría haber personas que biológicamente poseen mayor riesgo de volverse adictas que otras, sea porque tienen menos receptores cerebrales para captar la dopamina y entonces consumen drogas para contrabalancear ese déficit, sea porque la dopamina persiste más tiempo entre las sinapsis y entonces consumen para mantener o realzar el estado hedónico ocasionado por esa sobreestimulación. Por otro lado, datos obtenidos con metodologías de neuroimagen sugieren que una mayor presencia de receptores del subtipo D2 de dopamina en el cerebro de las personas puede ser un factor protector ante los efectos euforizantes de los psicoestimulantes. Resultados provenientes de la investigación preclínica van en la misma dirección e incluyen, además, a los sistemas glutamatérgico y opioidérgico entre los neurotransmisores cuya función disminuida puede participar en la vulnerabilidad a la drogadicción.

Siguiendo a Folgarait (2008), expertos internacionales calculan que la vulnerabilidad a las adicciones tiene entre un 40 y un 60% de componente genético. Pero son múltiples los factores individuales, sociales y culturales que inciden en la búsqueda impulsiva (motora y cognitiva) y compulsiva (repetitiva, sin control) de sustancias psicoactivas.

Al llegar al final del Capítulo se recomienda leer la Introducción del Libro.

Síntesis conceptual

- 1) Realice un esquema de los mecanismos de adaptación y supervivencia.

- 2) Esquematice las aferencias y eferencias de la amígdala, del hipotálamo y del núcleo accumbens.
- 3) Realice un cuadro sinóptico con las estructuras concientes y no concientes del sistema límbico.
- 4) ¿En qué consiste el sistema límbico y cuál es su función?
- 5) Construya un esquema integrador del sistema límbico.
- 6) ¿Cuáles son las críticas de Le Doux al sistema límbico de Mc Lean?
- 7) A través de un cuadro sinóptico clasifique las emociones según su efecto hedónico, es decir ubicar las emociones según su efecto positivo, negativo o neutro.
- 8) Describa brevemente la posición de James con respecto al procesamiento emocional.
- 9) Explique la relación entre el proceso de adicción y la activación del sistema dopaminérgico mesolímbico.
- 10) ¿En qué consiste el proceso de tolerancia condicionada? Ejemplifique.

Referencias

- Bodino, C. (2001). Definición y características de las adicciones. En *Las adicciones. Del uso a la dependencia*.. 1st ed. Buenos Aires: Longseller, pp.17-18.
- Carlson, N. (1996). Emoción y Stress: Emociones como patrones de respuesta. En *Fundamentos de Psicología Fisiológica*. 3rd ed. Mexico: Pearson, pp. 305-316.
- Carlson, N. (1996). Emoción y Stress: Adicción. En *Fundamentos de Psicología Fisiológica*. 3rd ed. Mexico: Pearson, pp.493-495.
- Carlson, N. (2006) Aprendizaje y memoria: mecanismos básicos. En *Fisiología de la Conducta*. (pp. 492-493).8va Edición Ed. Pearson.
- Carlson, N. (2006) Conducta reproductora. En *Fisiología de la Conducta*. (p.361). 8va Edición Ed. Pearson.
- Di Genova, F. (2011). Espíritu Santo. En *El barman científico*. 2nd ed. Buenos Aires: Siglo Veintiuno, pp.196-197.
- Fitzgerald, T et al.(2012) Sistema olfatorio y límbico. En *Neuroanatomía clínica y neurociencia*.(pp. 352-376) Elsevier.
- Folgarait, A. (2008). El éxtasis utópico. En *En trance. Todo lo que querés saber sobre drogas de diseño*.. 1st ed. Buenos Aires: Sudamericana, pp.103-104.
- Frenquelli, R. (2015). *Emoción / Motivación*. [online] Psicofisiología. Available at: http://www.psicofisiologia.com.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=1094&Itemid=31 [Accessed 9 Oct. 2018].
- Gogolla et al (2009) Neuroscience: Erasing fear Memories Science 325:1214-1215, 2009.
- Le Doux, J. (1999). A unos cuantos grados de separación. En *El cerebro emocional*. (pp.174-194). Ariel Planeta 1999.
- Le Doux, J. (1999).El Santo Grial. En *El cerebro emocional*. (pp.81-113). Ariel Planeta 1999.

- Lindquist, K. (2012). The brain basis of emotion. A meta analytic review. *Behavioral and brain sciences*, 35(1), pp.121-123.
- Lopez Vantour, A. (2010). *Uso y abuso de las benzodiazepinas*. [online] Scielo. Available at: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192010000400017 [Accessed 9 Oct. 2018].
- Moratalla, R. (2008). *Trastornos adictivos*. [online] Elsevier. Available at: <http://www.elsevier.es/es-revista-trastornos-adictivos-182-articulo-neurobiologia-cocaina-13128589> [Accessed 9 Oct. 2018].
- Perez, Marcial (2014) . *¿Cómo aprende el cerebro?. Cerebro que aprende*. Ed .Autoría.

CAPITULO 6

Plasticidad en las redes neurales del aprendizaje

*Mariela Vestfrid, Edgardo Alfredo Codina
y Augusto Leonardo Luisi*

El encuentro de la Psicología, la Psiquiatría y la Neurobiología

Eric Kandel, a la luz de los avances tecnológicos y de los resultados aportados por la neurobiología y la psicología experimental, establece las bases epistemológicas para el desarrollo de una práctica psicológica en el marco del método científico (Freidin, E 2001).

En este marco, con una postura bien distante del dualismo cartesiano, y muy cercana a los conceptos que Freud tenía de la neurobiología, Kandel estableció de manera brillante los cinco principios de la neurociencia en una obra que ya con su título, dio y seguirá dando luz por muchos años: *Psiquiatría, Psicoanálisis y la Nueva Biología de la Mente*.

Estos principios representan las bases modernas de la intersección de la psicología y de la neurociencia, permitiendo organizar el cuerpo de conocimiento en el que se construye la neuroanatomía y la neurofisiología al servicio del psiquismo. Y de ese modo pretendemos desde nuestra disciplina hacer un cierre integrador de la interrelación mente/cerebro.

Muchos autores han hecho variados comentarios en torno a estos principios que han revolucionado a la psiconeurobiología. No hemos encontrado ninguno que, con fundamento, haya encontrado puntos débiles. La descripción ha sido tan clara como categórica. Por eso nos remitimos a su lectura tal como fuera presentada por el propio autor.

Primer Principio. Todos los procesos mentales, incluso los procesos psicológicos más complejos, son consecuencia de operaciones del cerebro. El principio fundamental de este concepto es que aquello a lo que nos solemos referir como mente es un conjunto de funciones llevadas a cabo por el cerebro. Las acciones del cerebro están detrás no sólo de las conductas motrices relativamente simples como caminar o comer, sino de todas las acciones cognitivas complejas como pensar, hablar, escribir literatura y música o crear arte. En consecuencia, los trastornos del comportamiento característicos de las enfermedades mentales son alteraciones de la función cerebral, incluso en aquellos casos en los que sea evidente que estas alteraciones tienen origen ambiental.

Segundo Principio. Los genes y las proteínas que codifican determinan en gran medida el patrón de interconexiones entre las neuronas cerebrales y los detalles de su funcionamiento. Por ello, los genes y, especialmente, sus combinaciones, ejercen un gran control sobre la conducta. La conclusión de todo ello es que la genética es uno de los principales factores que influyen en la aparición de las enfermedades mentales.

Tercer Principio. Las alteraciones genéticas no justifican por sí solas toda la variación de las principales enfermedades mentales. Los factores sociales o del desarrollo también tienen una importancia fundamental. Del mismo modo que las combinaciones de genes afectan al comportamiento y la conducta social, el comportamiento y los factores sociales influyen sobre el cerebro al interactuar con él para modificar la expresión genética y, en consecuencia, la función de las células nerviosas. El aprendizaje, incluso el que genera una conducta disfuncional, produce modificaciones en la expresión genética. Por este motivo todo lo “aprendido” termina expresándose como “naturaleza”

Cuarto Principio. Las alteraciones de la expresión genética inducidas por el aprendizaje provocan cambios en los patrones de conexión neuronal. Estos cambios no sólo contribuyen al fundamento biológico de la individualidad sino que, al parecer, son inducidos por los imprevistos sociales.

Quinto Principio. Cuando la psicoterapia o la asistencia psicológica son eficaces y producen cambios a largo plazo en el comportamiento, cabe suponer que los consiguen a través del aprendizaje, provocando cambios en la expresión genética que modifican la fuerza de las conexiones sinápticas y modificaciones estructurales que alteran el patrón anatómico de interconexiones entre las neuronas cerebrales. A medida que aumente la resolución de las técnicas de neuroimagen, debería ser posible llevar a cabo evaluaciones cuantitativas de los resultados de la psicoterapia (Kandel, Eric 2006).

Memoria y plasticidad

El aprendizaje presenta como correlato biológico la posibilidad de establecer modificaciones en la organización del sistema nervioso, y tiene por objeto adaptar al individuo a las exigencias del ambiente, es decir, tiene un valor intrínseco relacionado a la supervivencia. Dichos cambios pueden ser transitorios o preservarse del olvido en almacenes de memoria a largo plazo, de modo que aprendizaje y memoria tienen en común *guardar* información relevante. Sin embargo no son sinónimos, la memoria es sólo uno de los dispositivos que poseemos para aprender. Según Azcoaga contamos además con *la atención, sensopercepción, habituación y motivación* (Azcoaga, J.1984). Con todos ellos construimos las funciones psicológicas superiores, nuestra capacidad de representar el mundo y de comunicarnos. Y para construir dichas representaciones nos valemos de los recuerdos, ya que a partir de la recuperación de nuestras experiencias, cambiamos el modo de percibir, pensar, planificar, y expresar o decidir una conducta.

La memoria es un constructo que comprende un conjunto de sistemas y se elabora mediante procesos. Este enfoque se sostiene en base a que los sistemas llevan a cabo diferentes funciones cognitivas y conductuales, que operan con distintos tipos de información, cuyo procesamiento puede ser explícito o implícito, declarativo o no declarativo, que corresponden a sustratos neurales específicos, y que aparecen en diferentes momentos filogenéticos y ontogenéticos. Como criterios para su clasificación prevalece el tipo de procesamiento y el tiempo de retención en el almacén, ya sea a corto o largo plazo.

Nos referimos a memoria explícita como aquella donde la recuperación de la información almacenada es consciente e intencional en contraposición a la implícita, y mencionamos el reconocimiento, el recuerdo libre o el recuerdo señalado. La memoria declarativa en general requiere de un procesamiento consciente de los procesos de codificación y evocación, es por ello que también se denomina explícita, es susceptible a cambios permanentes incluyendo el olvido y a la vez puede ser muy sólida en función del repaso y del refuerzo.

Siguiendo la clasificación de Tulving se proponen “cinco sistemas de memoria: de trabajo, procedimental, de representación perceptual, semántica y episódica” (Ferrerres, A 2005). De tal manera que la memoria de trabajo se clasifica como de corto plazo por la duración de su almacén estimado en el rango de segundos a minutos. Su denominación se debe a que permite llevar a cabo operaciones cognitivas a partir de información que es recuperada de otros almacenes y que puede ser manipulada en forma simultánea. Si el foco de atención cambia o no se transfiere a largo plazo se pierde. La memoria de trabajo está compuesta por un conjunto de subsistemas que trabajan con ítems de información verbal, visual o de otros tipos. (Se entiende como *ítem* a cualquier unidad de información con significado para la persona, también se los denomina dígitos, de allí que el almacén sea limitado por la capacidad de manipular 7 ± 2 dígitos a la vez). Cuando la demanda excede los recursos del ejecutivo central, éste recurre al bucle fonológico y a la agenda visuoespacial, que se denominan subsistemas esclavos. El bucle fonológico es un sistema que retiene información verbal, si realizamos una operación de repaso repitiendo la información mediante el habla interna su capacidad aumenta, el segundo subsistema esclavo trabaja con imágenes, las investigaciones en este sentido sugieren que el cerebro podría procesar independientemente la información visual como el color y la espacial, incluyendo la localización y el movimiento. Las dos vías involucradas se proyectan desde el área visual primaria, la vía asociada a información espacial continúa hacia el lóbulo temporal mientras que la relacionada al reconocimiento de los objetos hacia el parietal. En el año 2000 Baddeley reformula el modelo incorporando otro componente de almacenamiento temporal al que llama buffer episódico encargado de mantener una relación entre los subsistemas esclavos y la memoria de largo plazo relacionando la información nueva con lo aprendido (Flores Lázaro, J. 2012).

En conclusión es un tipo particular de memoria explícita que otorga el espacio de trabajo necesario para comprender el lenguaje, tanto la comunicación interpersonal como la intrapersonal. La utilizamos para retener información nueva que nos acaban de decir o características de un acontecimiento que está ocurriendo y que constituye el material con el cual podemos

reflexionar, resolver algún tipo de problema o tomar una decisión. Su sustrato neural se asocia con áreas prefrontales, parietales y visuales secundarias. Nos sitúa en el presente a diferencia de los restantes sistemas responsables de la constitución de la historicidad.

La característica que reúne a los siguientes tipos de memoria es la duración del almacén con un rango muy amplio que abarca desde horas hasta años y con capacidad ilimitada por definición. La memoria procedimental es filogenéticamente la más antigua, su recuperación es implícita y comprende subsistemas como los reflejos y movimientos complejos aprendidos llamados praxias. Si bien dichos almacenes se encuentran en la corteza motora y también en estructuras subcorticales como los ganglios basales, el cerebelo y el complejo amigdalino, dependen de áreas sensitivas ya que configuran un sistema mayor de integración sensitivo-motora consistente en hábitos, destrezas y habilidades que mejoran con la práctica, implican tiempo y esfuerzo hasta que el programa se automatiza. Se relaciona con el aprendizaje del cómo hacemos determinadas cosas. Lo que permite identificarla es que resulta difícil verbalizar las instrucciones para llevar a cabo la acción y que evocarla implica expresar el patrón de movimientos. Las memorias implícitas no sólo intervienen en el aprendizaje motor como acabamos de describir, participan también en la habituación, en el condicionamiento clásico, en el condicionamiento instrumental y en el aprendizaje perceptivo.

El sistema de representación perceptual procesa estímulos sensitivos que son almacenados como patrones, donde se agrupan rasgos que posibilitan la identificación de palabras y objetos por su forma o estructura perceptual independientemente de su significado. Teniendo como premisa que la exposición a un estímulo facilita su reconocimiento “priming”, la frecuencia de exposición es sumamente importante. Se propone como sustrato a las áreas sensitivas secundarias. Estímulos sensoriales simples o agrupados sirven como disparador para evocar memorias implícitas o explícitas, inclusive ambos tipos al mismo tiempo. Cabe destacar al sentido del olfato que tiene un gran valor para la supervivencia de muchas especies como vehículo de información vital ya sea para detectar la presencia de un depredador, pareja o alimento. Si bien en nuestro caso (como fuera analizado en el Capítulo 1) se ha privilegiado la vista, un perfume o el aroma de una comida son capaces de hacernos revivir sensaciones muy remotas.

La memoria declarativa desde un punto de vista evolutivo es la de más reciente adquisición, como ya mencionamos recolecta información de manera consciente e intencional y se clasifica como semántica o episódica. Cuando el contenido tiene connotación emocional, una única experiencia puede establecer estas memorias (a diferencia de la implícita que es dependiente de la repetición).

La memoria semántica se caracteriza por procesar información sobre hechos, creencias y conocimientos mediante los cuales pensamos y construimos una representación del mundo aunque no requiere de la experiencia personal ni depende del contexto témporo-espacial para su adquisición. Es necesaria para hacer un uso adecuado del lenguaje porque nos permite vincular palabras, conceptos y símbolos aprendidos con un significado. Se indican como sustrato neural a las áreas laterales del lóbulo temporal y prefrontales del hemisferio izquierdo.

La memoria episódica o autobiográfica refiere a los acontecimientos que hemos vivido y cuyo procesamiento depende de coordenadas que nos sitúen en un tiempo y escenario particular. Como condición previa es imprescindible comprender estas variables, sugiriendo el motivo por el cual es el último sistema en madurar. Como expresamos anteriormente, este tipo de memoria se encuentra atravesada por la emoción, que actúa como modulador en su consolidación, haciéndonos volver a vivir el pasado.

Nuestro conocimiento puede o no estar sujeto a la experiencia propia, y no se encuentra determinado para siempre; las huellas se amplían, se reescriben o se pierden. Por eso, vale mencionar que para el cerebro olvidar tiene tanta o más relevancia que recordar.

Solomon Shereshevsky era periodista y llamaba la atención que nunca tomara notas porque era capaz de recordarlo todo, esto llevó a Alexander R. Luria a estudiar el primer caso de hiperpermnesia durante 30 años y lo documentó en su libro *The mind of a Mnemonist* en 1987 (Rosenzweig, M. 2001).

A partir de sus observaciones se pudo comprender que esa habilidad aparentemente extraordinaria y sobrevalorada le impedía a su paciente jerarquizar la información o ser creativo. (Considerando a la creatividad como la habilidad de establecer asociaciones para dar soluciones novedosas en lugar de generar respuestas que reproduzcan patrones almacenados).

El procesamiento de la información es complejo, mientras se lleva a cabo da lugar al olvido, por ejemplo en el pasaje de la memoria de corto a largo plazo. Si no se la refuerza, los mecanismos de la plasticidad permiten explicar cómo las conexiones establecidas pueden ser modificadas e incluso eliminadas por la poda sináptica.

¿Cómo se construye la memoria? El proceso involucra tres etapas: codificación, almacenamiento y recuperación.

Una vez que la información aferente es recolectada por los sentidos continúa hacia el sistema nervioso central siendo percibida y analizada en las cortezas sensitivas secundarias, tras ser organizada se codifica en un almacén, y así quedan formadas las huellas de memoria. El almacenamiento tiene por objeto preservar las huellas del olvido, esto ocurre si se sostiene la información durante el tiempo de retención, y correspondiente a las memorias de largo plazo. Por último, la recuperación, es la posibilidad de acceder a los almacenes y hacer uso de la información un tiempo después.

Esta descripción no sólo permite entender el procesamiento de la información, sino también las alteraciones de la memoria (amnesias).

Henry Gustav Molaison, conocido durante más de 55 años como el paciente H.M., sufría graves ataques de epilepsia (producto de una lesión ocurrida al ser atropellado por un ciclista a los 9 años), que le imposibilitaban llevar una vida normal. Debido a la falta de eficacia de los tratamientos farmacológicos fue intervenido quirúrgicamente a la edad de 27 años. Se le practicó una resección parcial y bilateral del lóbulo temporal, que resultó adecuada para el tratamiento del trastorno convulsivo pero tuvo consecuencias inesperadas, que lo constituyó un caso emblemático en el estudio de la neurociencia.

El síndrome amnésico posterior a la intervención se caracterizó por la presencia de una amnesia anterógrada, es decir a la imposibilidad de formar nuevas memorias, sin perjuicio de las memorias no declarativas, perceptuales, de estímulo–respuesta y motoras (Carlson, N. 2002). Además el paciente conservaba la inteligencia y el lenguaje, en la memoria de corto plazo existía pérdida de la información al cambiar el foco de atención y presentaba una discreta amnesia retrógrada que comprometía los dos años previos a la cirugía.

Debemos tener presente que durante la primera mitad del siglo xx se aceptaba la noción de Karl Lashley quien sostenía que las funciones cerebrales son holísticas y en consecuencia la memoria se haya ampliamente distribuida en la corteza cerebral ya que en sus experimentos no tuvo en cuenta estructuras más profundas. “El primer indicio de que algunos aspectos de la memoria humana tienen que ver con regiones específicas del cerebro surgió en 1948 con los trabajos de neurocirugía de Penfield” (Kandel, E. 2007). Sólo después de muchos años, tras la verificación llevada a cabo con otros pacientes y experimentos en monos replicando la lesión de H.M., las ideas de su doctora, la neuropsicóloga Brenda Milner, comenzaron a ser aceptadas.

La memoria ya no era un sistema único, se reconocía la existencia de distintos tipos de memoria, y al verse afectadas las memorias declarativas en particular se las comenzó a asociar con el lóbulo temporal medial. Luego se arribó a otra conclusión: el hipocampo no era el lugar donde se almacenaba la memoria a corto plazo porque HM era capaz de mantener una conversación. Tampoco era el almacén de la memoria a largo plazo, porque podía evocar este tipo de recuerdos. Así se delimitó la función del hipocampo a la estructura anatómica que participa en la conversión de la memoria declarativa de corto a largo plazo, lo que más tarde se denominó *consolidación*.

Los primeros análisis con técnicas de neuroimagen demostraron que efectivamente el cerebro carecía de los dos tercios anteriores del hipocampo, el parahipocampo y la amígdala, en coincidencia con los resultados de las pruebas y sus dificultades de memoria. Tan relevantes han sido los aportes a la neuronatología y neurofisiología de la memoria, que tras su muerte en el año 2008 se continuó analizando el caso H.M. El equipo de investigación pudo observar “más tejido hipocampal preservado respecto a lo descrito e indicó que la corteza entorrinal, la conexión clave de toda la información que llega al hipocampo, estaba severamente dañada”. Es decir, el tejido remanente no recibía aferencias (Annese, J. 2014).

Así como la amnesia anterógrada es una alteración del proceso de consolidación de acontecimientos posteriores a una lesión, en la amnesia retrógrada se encuentra alterada la capacidad de recuperación, ya que los almacenes vinculados a acontecimientos previos a la lesión se encuentran inaccesibles.

Lo anteriormente expuesto puede ser analizado en función de la plasticidad, debido a que subyace a los procesos de la memoria y del olvido.

Actualmente la plasticidad se considera un paradigma, en el sentido que cambia la visión del funcionamiento del cerebro en particular, y del sistema nervioso en general. Cabe mencionar que aproximadamente sólo el 10 % de las redes neuronales se encuentran determinadas

genéticamente mientras que el porcentaje restante si bien depende del componente genético permanece abierto a la influencia del medio en su definición más amplia, entendiendo que es físico pero también psicosocial. De tal manera que memoria y aprendizaje son el resultado de mecanismos de plasticidad que operan en la interacción genes-ambiente y se expresan como nuevos patrones de comportamiento.

Clásicamente la ciencia ha considerado al cerebro como una estructura rígida, un sistema formado por partes o subsistemas, cada cual con una función particular y prácticamente inmodificable. El único cambio que se admitía era la pérdida neuronal debida a la muerte fisiológica mediante apoptosis, muerte celular programada, o ante alguna patología, como la enfermedad de Alzheimer. Es sabido que todos perdemos neuronas con la edad, de hecho las neuronas son células altamente diferenciadas que no cumplen con todas las etapas del ciclo de vida celular, se detienen en un G1 permanente que se conoce como G₀, etapa previa a la duplicación del ADN, lo que pone en evidencia que no cumplen con la fase de división.

Como contrapartida y sobre todo desde la llamada década del cerebro en los años '90, numerosos trabajos científicos dan cuenta del modo en que opera la plasticidad. Citaremos a modo de ejemplo, los conocimientos más acabados sobre las bases moleculares de la sinapsis, el hallazgo de los factores de crecimiento neuronal (NGF) en el cerebro adulto, la observación de brotes axonales nuevos "sprouting", la colateralización y regeneración axonal, el concepto de potenciación y depresión a largo plazo, los procesos de neurogénesis y sinaptogénesis, y los fenómenos de neuromodulación. Con esta base se ha desarrollado el concepto de neuroplasticidad por el cual se entiende que el cerebro puede reorganizarse y adaptarse para compensar lesiones, ante cambios del medio o simplemente para explicar cómo aprendemos y recordamos durante todas las etapas de la vida. Inclusive, durante el desarrollo del sistema nervioso se reconocen mecanismos de plasticidad.

Cambios en el número, tipo y función de las conexiones del sistema nervioso, en la morfología y función de la glía y en las interacciones neurona-glía construyen la base para la adaptación de los vertebrados a condiciones ambientales y fisiológicas cambiantes. Corría el año 1890 cuando el psicólogo W. James introdujo el término plasticidad para describir la naturaleza modificable del comportamiento humano. Santiago Ramón y Cajal propuso que estas modificaciones comportamentales tendrían su correlato anatómico. Sin embargo, tras la muerte de Cajal se adoptó una forma rígida de ver el sistema nervioso central adulto, sosteniéndose que una vez que terminaba su desarrollo la estructura se mantenía inalterable, salvo en los procesos degenerativos. Liu y Chambers en 1958 demostraron la formación de brotes axonales en el SNC adulto. En las últimas décadas las investigaciones en este sentido han demostrado que, durante toda la vida las redes neuronales se mantienen abiertas al cambio, son plásticas y modificables, dicho de otro modo, la experiencia deja una huella en la red neuronal. Todas las manifestaciones de nuestro cerebro en última instancia son resultado del establecimiento de redes o circuitos funcionalmente activos. El cerebro es *ambiente-dependiente* o *estímulo-dependiente*. Habita en un continuo devenir de relaciones estímulo-respuesta, que se repasan,

refuerzan, almacenan o se pierden. El objetivo final siempre será la supervivencia, a través del mejor uso de nuestros recursos, el aprendizaje.

El cerebro entonces puede modelarse a sí mismo, a través de los pensamientos, las relaciones interpersonales, la educación, la tecnología, la cultura, y tantos otros factores de nuestro medio ambiente, que en conjunción con la emoción y la cognición pueden cambiar el sustrato biológico. Se establece así una relación recursiva o de indistinción productor-producto, característica de los sistemas complejos de acuerdo a la propuesta de E. Morín.

Los mecanismos de plasticidad pueden clasificarse de acuerdo a distintos criterios:

- * Dependencia/independencia del medio,
- * Duración de su expresión (en relación con los tipos de memoria, a corto y largo plazo) o
- * Nivel de organización (molecular, neuronal o cerebral).

El primer criterio puede explicarse a través de los mecanismos que intervienen en la histogénesis del tejido nervioso y en el desarrollo del sistema nervioso, e involucra la formación de nuevas células (neuronas y glía), la migración y el establecimiento de patrones de conectividad. En la interacción genes-ambiente, el componente genético prevalece en la determinación del fenotipo. Y la estimulación del medio ambiente; que modulara las modificaciones de los circuitos nerviosos, prevalece en el desarrollo de las funciones psicológicas complejas.

El segundo criterio puede entenderse a través de los cambios de los componentes pre-sinápticos y post-sinápticos de carácter transitorio, cuyo impacto amplifica o disminuye la capacidad de transmisión de los circuitos sinápticos, y modificaciones con efectos que persisten aún después de que haya cesado la estimulación.

En 1923, el psicólogo Henri Pieron sugirió que “la memoria no es más que la facilitación del paso de la transmisión nerviosa por ciertas vías” (Alvarez González, M. 2009). Años después Donald Hebb introduce el concepto de *asamblea celular*, dando cuenta que para cualquier función se requiere la activación de un conjunto de neuronas. Su principal aporte a la psiconeurobiología, conocido como Principio de Hebb, establece que dos neuronas que se activan simultáneamente acabarán asociándose, de modo tal que el inicio de la actividad de una de ellas facilitará obligatoriamente el de la otra, y la sinapsis resultará reforzada. Podría explicarse así cómo la comunicación neuronal cambia con la experiencia de un modo que puede traducirse en cambios en la conducta.

En la actualidad muchos científicos sostienen que los cambios que se producen en las conexiones sinápticas en función de la edad y la estimulación se encuentran sometidos a las mismas fuerzas evolutivas que contribuyen a la diversidad biológica de acuerdo a la teoría de la selección natural, que se sustenta en cuatro premisas: variabilidad, sobreproducción, competencia, y supervivencia del más apto. En tal sentido, Gerald Edelman en 1978 introduce la idea de selección de grupos neuronales o darwinismo neuronal, que se fundamenta en la variedad de estirpes neuronales y la especificidad de funciones orientadas hacia una eventual capacidad selectiva (Zambrano, Y. 2014). En los primeros años de vida se produce una sobreproducción de conexiones y precableado, cada neurona puede establecer hasta 15000 sinapsis de las cuales perduran sólo las funcionales. Estas competirán por los recursos del medio (oxígeno,

glucosa, factores de crecimiento) con otras neuronas, que en consecuencia disminuirán su arborización dendrítica. La explicación mantiene coherencia con la teoría: el ambiente es el agente que selecciona positivamente lo que representa una ventaja adaptativa.

El tercer criterio, analizado desde la sinaptogénesis (o génesis de nuevas sinapsis) como un proceso que no es uniforme durante el ciclo de vida. Se inicia en la vida intrauterina, se incrementa en el primer año y continúa en forma exponencial hasta que se produce un decrecimiento sostenido y una estabilización alrededor de los 10 años. En la primera etapa el cableado depende del programa genético, y como parte del neurodesarrollo, mientras que del medio ambiente es fundamental el aporte de nutrientes. Luego, la estimulación es responsable de la arborización dendrítica y, sobre todo, de la formación de espinas.

La relación neurona-glia también incide en la plasticidad. Los astrocitos controlan el microambiente de la sinapsis ya que a través de sus ramificaciones delimitan el espacio tridimensional en que actúan los neurotransmisores, colaborando también en su metabolismo y recaptación.

Como parte sustancial de la remodelación debemos contemplar la posibilidad de desarmar conexiones o reorientarlas. La poda sináptica o nuevo ensamble neuro-estructural es un proceso regulador que reduce el número de configuraciones sinápticas preservando las más eficientes, a la vez que se eliminan las estructuras neuronales innecesarias y aumentan la superficie para la recepción de los neurotransmisores. Es un proceso de gran relevancia en el cerebro adolescente. Actualmente el criterio que prevalece para definir la adolescencia es la maduración física y sexual. Si bien aún los determinantes biológicos son prácticamente universales, la duración y las características propias de esta etapa dependen de aspectos culturales y del contexto socioeconómico. En este marco, la neurociencia amplía y complementa el concepto de maduración, al incorporar a la poda neuronal como un procesamiento para facilitar los cambios hacia el cerebro adulto y dejar atrás ciertos aprendizajes que fueron útiles en la niñez.

Mientras tanto, la sobreproducción de sinapsis en la corteza prefrontal es seguida de la poda selectiva y del incremento de la mielinización, permitiendo una mayor eficacia de las conexiones vinculadas a las funciones ejecutivas.

Entonces, la pérdida que conlleva la poda es normal e indica que los mecanismos de plasticidad están modelando ese cerebro, haciéndolo único.

¿Cómo se eligen dichas conexiones? Son los genes quienes *marcan* las sinapsis que deben ser removidas. El genoma humano presenta más de cien loci asociados al riesgo de esquizofrenia, una patología con un componente genético y hereditario. Se han identificado ciertos genes que marcan numerosas sinapsis haciendo que la poda resulte excesiva; la magnitud del proceso puede observarse en cerebros post-mortem como un notorio adelgazamiento de la sustancia gris.

En esta línea McGlashan y Hoffman proponen un modelo de esquizofrenia como trastorno de conectividad sináptica reducida en el marco de los trastornos del neurodesarrollo. Como contrapartida Friston menciona un mecanismo alternativo al postular que el trastorno estaría caracterizado por ano-

malías sinápticas y conectividad disfuncional, instalando la discusión respecto a si el mecanismo de plasticidad responsable es la sinaptogénesis o la poda sináptica (Roldán Franco, M. 2008).

La neurogénesis o génesis de nuevas neuronas constituye uno de los avances más significativos en la neurociencia porque da lugar a la posibilidad que el sistema nervioso pueda regenerarse. Algunos investigadores sostienen que en la mayor parte del cerebro se inhibe dicho proceso como mecanismo evolutivo para preservar la memoria.

El cerebro adulto, al igual que otros órganos, presenta células madre con capacidad limitada para formar neuronas funcionales en respuesta a una lesión. Sólo se han observado en el hipocampo, bulbo olfatorio y núcleo caudado. Primero se describió neurogénesis adulta en reptiles y aves, más tarde en mamíferos y finalmente en humanos. Dada la relación entre hipocampo y memorias declarativas se entiende que los esfuerzos se dirijan a su estudio para hacer frente al deterioro cognitivo que avanza progresivamente como una verdadera epidemia mundial. Se sugiere también que la neurogénesis podría contribuir a la funcionalidad del cerebro adulto, y que la supresión o alteración de este proceso constituye una de las causas de las enfermedades neurodegenerativas. Sin embargo, el grupo de investigación liderado por el Dr. Frankland otorga otro punto de vista sobre la neurogénesis, señalando que “el agregado de nuevas neuronas impone un costo a la estabilidad de la red neuronal en el hipocampo facilitando el olvido” (Mongiat, L y Schinder, A. 2014).

La neurogénesis es un proceso complejo que involucra la proliferación de células madre, la migración de las células progenitoras, la diferenciación celular y la viabilidad de las neuronas nuevas para su integración final en la circuitería neuronal existente. Estos eventos son modulados por hormonas, factores de crecimiento, neurotransmisores, actividad física, fármacos, así como por el aprendizaje; y se encuentran alterados por el envejecimiento, suprimidos por el estrés oxidativo o por la privación del sueño.

Como hemos desarrollado, uno de los dogmas para la neurociencia ha sido que las neuronas que se pierden no se reemplazan. Se sostenía que la producción que comenzaba durante el desarrollo embrionario o neurogénesis primaria continuaba hasta alrededor de los dos años como neurogénesis secundaria. En base a lo expuesto y frente a una nueva etapa de investigación, ahora sumamos una neurogénesis adulta. Por lo tanto, los procesos de la neuroplasticidad actúan durante toda la vida, la neurogénesis es mayor en los primeros años, la poda caracteriza al cerebro adolescente y específicamente la sinaptogénesis es relevante para el cerebro adulto. Sin embargo, un trabajo reciente ha sido publicado en la revista Nature por José Manuel García Verdugo donde plantea que “no existe neurogénesis adulta en el hipocampo humano y sostiene que se produce fundamentalmente en etapas embrionarias y de forma escasa durante los primeros meses posteriores al nacimiento” (García Verdugo, J. 2018). Resta esperar las consideraciones de la comunidad científica al respecto.

Todo estímulo que se repita refuerza las vías que lo procesan. El repaso es indispensable para que las sinapsis se mantengan en el tiempo sin que ello las determine en forma inalterable, siempre se pueden modificar. Esta idea aparentemente sencilla nos invita a pensar que la

plasticidad es inherente al aprendizaje y a la conducta; y además nos permite entender su injerencia en la práctica profesional del psicólogo.

Considerando que la plasticidad no es una propiedad que pueda aplicarse en cualquier circunstancia ni es la panacea para resolver todas las alteraciones estructurales recordamos el principio de Kennard a partir del cual se infiere que “la recuperación de un daño cerebral al comienzo de la vida presenta mejor pronóstico que en períodos posteriores” (Alvarez González, M.2009).

En referencia al cerebro del adulto mayor, es interesante introducir la noción de reserva cognitiva, que surge como un concepto hipotético para dar una explicación a la relación daño cerebral-manifestación clínica, debido a la observación de que a igual daño los déficits cognitivos varían de una persona a otra. Este constructo propone a la educación y también al nivel ocupacional, como agentes protectores ante procesos degenerativos, que si bien no alteran el curso de la enfermedad en sí, modulan la sintomatología. Es decir, se apela a la plasticidad experiencia-dependiente; a mayor estimulación subyacen redes más amplias, que podrán constituirse en tejido remanente a partir del cual los mecanismos de plasticidad trabajarán para conservar las funciones.

Bases neurobiológicas de la Memoria Episódica

Cuando hablamos de la memoria es necesario seguir una línea de análisis que nos ordene en su desarrollo, y el primer concepto a definir es precisamente su significado: ¿Qué es la memoria? Diferentes autores han definido a la memoria como un proceso, y todos utilizando los siguientes términos: codificación, almacenamiento y evocación.

Para agrupar a los distintos tipos de memoria se han utilizado diferentes criterios:

- su alcance temporal (memoria de corto plazo/memoria de largo plazo),
- el tipo de información almacenada (memoria semántica/memoria episódica), y
- la forma de recuperación (memoria implícita/memoria explícita).

Este enfoque no unitario de la memoria se contrapone con el unitario. En el primero existen distintos tipos de memoria, con sistemas diferentes, que actúan independientemente; pero, frente a un entorno en permanente cambio y con una finalidad adaptativa, todos los sistemas interactúan entre sí. En el enfoque unitario, en cambio, al designar un solo tipo de memoria, tanto para almacenarse, como para recuperarse o evocarse, se involucran todas las áreas cerebrales. (Ferrerres, A. 2005)

Tulving fue uno de los primeros psicólogos experimentales en sostener el enfoque no unitario y proponer la existencia de diferentes sistemas de memoria. Estos se reconocen por presentar localizaciones cerebrales específicas, modalidades sensoriales distintas, mecanismos de procesamiento y tipos de respuestas diferentes; por lo tanto presentan sustratos y circuitos neuronales específicos. Separó a la memoria de hechos (Memoria Semántica) de la memoria

de eventos donde participa el sujeto (Memoria Episódica), ambas con sistemas de memorias diferentes aunque ligados anatómicamente y funcionalmente. (Ferrerres, A. 2005).

Para nuestra descripción utilizaremos, como ejemplo, el sistema de Memoria Episódica debido a que, por sus características, es la que nos permite diagramar un circuito neuronal, localizar áreas cerebrales específicas, describir los tipos de receptores de membranas que participan en la comunicación neuronal, y enumerar y caracterizar a los neurotransmisores y neuro-moduladores intervinientes.

¿Cómo se procesa la información? ¿Dónde se almacenan las experiencias? Pregunta que siempre surge en clase entre los alumnos. Para responder este complejo proceso recurrimos a un circuito que vincula los sustratos en dónde se llevan a cabo los diferentes procesos, las vías de conectividad y las áreas en dónde se almacena esa información o experiencia.

Recordemos que al hablar de circuito estamos integrando diferentes estructuras morfológicas que se incluyen en distintos niveles de organización, desde el sistema de órganos hasta el nivel molecular y atómico, con la finalidad de arribar a la idea de sistema, en dónde cada uno de los elementos intervinientes, tiene una razón o función específica y que al integrarse permiten llevar a cabo actividades o procesos que dependen precisamente de esa relación. También es importante aclarar que la intervención de las estructuras seleccionadas queda abierta o sujeta a cambios, es decir al reordenamiento o inclusión de otras estructuras frente a un entorno en permanente cambio. Este criterio adaptativo es un pilar fundamental en los procesos psico-neurobiológicos.

El punto de partida de nuestro circuito está representado por grupos celulares diferenciados y especializados en captar los estímulos del medio. Estas células se localizan en los órganos de los sentidos y actúan como transductores energéticos porque transforman los diferentes tipos de energía (química, mecánica, lumínica) en energía eléctrica, que es la resultante del flujo iónico a través de la membrana celular.

La información recibida por los órganos sensoriales es conducida hacia distintos centros del sistema nervioso, por medio de prolongaciones neuronales, que al asociarse forman los nervios con destino final en la médula espinal, el tronco encefálico o directamente el cerebro (como el caso del nervio olfatorio y el nervio óptico). Independientemente de la puerta de entrada, las vías o cableado neuronal, permiten que la mayoría de los estímulos alcancen las áreas específicas de la corteza cerebral, donde se encuentran grupos de neuronas capaces de discriminar y analizar la información recibida. Como ya fuera expresado y analizado en el Capítulo 2, sabemos que al lóbulo parietal arriba la información relacionada con el tacto, el dolor y los cambios de temperatura, al lóbulo occipital la información visual y al lóbulo temporal, la auditiva. Afirmaciones ciertas pero reduccionistas, ya que los grupos neuronales que reciben información relacionada con un órgano sensorial en particular se encuentran en más de un lóbulo cerebral. El primer grupo de neuronas corticales que interviene representa a las áreas sensoriales primarias, donde se procesa la información de un tipo de estímulo particular; es decir, se analizan las características de las imágenes visuales, de las señales auditivas y de las sensaciones táctiles, cada una por separado. Luego de la participación de estos conglomerados neuronales, la in-

formación se transfiere a otro grupo de neuronas que constituyen las áreas sensoriales secundarias, donde se relacionan las propiedades de ese estímulo específico; por ejemplo, si consideramos a las imágenes visuales se relacionan la forma con los límites y el contraste de un objeto determinado. Tanto las áreas sensoriales primarias como las secundarias, se consideran unimodales, porque reciben y ligan las propiedades recibidas por un órgano sensorial en particular. (Kolb, B., y Whisshaw, I.Q. 2015). Recordemos también, que una vez que han intervenido las áreas primarias y secundarias unimodales, la información se transfiere a las áreas de asociación o multimodales por que reciben, vinculan y analizan la información proveniente de diferentes sistemas sensoriales. Estas áreas de asociación intervienen en actividades que trascienden la tramitación sensitivo-motora, alcanzan también niveles de mayor complejidad funcional como la actividad mnésica. En este caso resulta relevante el área ténporo-parieto-occipital porque, como área asociativa, reúne toda la información de los órganos sensoriales que participan activamente en todas las experiencias que vivimos de manera continua. Una vez que ha procesado la información, la corteza ténporo-parieto-occipital proyecta sus axones hacia la parte medial del lóbulo temporal, donde se encuentra una estructura fundamental para el proceso de consolidación de la memoria: el hipocampo.

Las investigaciones experimentales han permitido determinar que esta región del lóbulo temporal medial, constituye una estructura fundamental para el sistema de memoria episódica declarativa; la cual siguiendo el criterio temporal se inscribe como memoria a largo plazo, y cuyos recuerdos pueden recuperarse o evocarse con la participación de la conciencia. Estas características (memoria a largo plazo, posibilidad de recuperar) resultan posibles por los componentes específicos del hipocampo y por su ubicación anatómica intermedia entre las áreas asociativas posteriores y anteriores (ténporo-parieto-occipital y prefrontal), que le permiten ser verdadero nexo entre ambas. (Kolb, B., y Whisshaw, I. 2015).

La información proveniente de la región posterior del hemisferio cerebral ingresa, al hipocampo a través de la vía aferente y una vez procesada por los diferentes grupos celulares y circuitos en el interior del hipocampo, es enviada por medio de la vía eferente a diferentes regiones de la corteza, incluyendo la prefrontal. El vínculo entre las diferentes regiones se realiza por intermedio de un conjunto de fibras (axones mielinizados) de la sustancia blanca subcortical, que conectan áreas distantes dentro de un mismo hemisferio cerebral. Entre estas fibras de asociación, el fascículo uncinado es el que se relaciona con la memoria episódica, ya que su destrucción o interrupción en su conectividad puede ser causa de alteraciones en la memoria episódica.

El hipocampo, estructura evolutivamente muy antigua y de ubicación medial al lóbulo temporal, siempre ha sido de gran interés en la investigación. Santiago Ramón y Cajal, fue uno de los primeros en hacer una descripción detallada de los tipos celulares, de las conexiones y sus circuitos. Luego Donald Hebb puso el acento en la fisiología de la comunicación neuronal, formulando su hipótesis del refuerzo sináptico. Más tarde Eric Kandel demostró sobre el hipocampo sus experimentos de los procesos de memoria, y confirmaba lo propuesto por Hebb. Brenda Milner fue quien aportó datos significativos del hipocampo y su rol crítico en el proceso de me-

moria, al trabajar con el paciente H.M. (uno de los casos clínicos más estudiados en el ámbito de la psiconeurobiología que permitió reconocer las diferencias anatomofisiológicas entre la memoria declarativa y procedural). (Kandel, E. 2007).

A continuación realizaremos una descripción de las regiones más relevantes del hipocampo, sus tipos celulares y los circuitos que se establecen en el interior del mismo.

El hipocampo o formación hipocampal, se puede dividir en regiones: el hipocampo propiamente dicho, el giro dentado (o circunvolución dentada) y el subículum, según su citoarquitectura (tipos neuronales) y las vías de conectividad intrínsecas. Debido al desarrollo embrionario, la formación hipocampal adopta un aspecto concéntrico en toda su extensión, lo que hace más fácil la identificación de sus componentes y la disposición de las células que las conforman.

En el hipocampo propiamente dicho se reconocen tres zonas, llamadas CA1, CA2 y CA3 (CA: Cuernos de Amón, debido a su forma envolvente semejante a los cuernos de un carnero, como la que llevaba el dios Amón). Presentan una lámina o banda molecular, donde predominan axones y dendritas en interacción, constituyendo una zona con intensa actividad sináptica. Las dendritas presentes en esta banda son aportadas por células piramidales de las capas más profundas, así como también dendritas y axones de las células de Martinotti próximas a la sustancia blanca subcortical, y entre ellas, las células de Cajal dispuestas de forma paralela a la superficie cortical. Existe otra lámina o banda constituida por las células piramidales, que representan las principales células del hipocampo. Son especialmente susceptibles a la deficiencia de oxígeno (en especial en CA1), pudiendo incluso provocar su muerte luego de unos minutos de insuficiencia de oxígeno. Las células piramidales de la región CA3 se caracterizan por presentar dendritas capaces de generar potenciales de acción, en respuesta a la estimulación o descarga de neurotransmisores que llegan por la vía perforante desde la corteza entorrinal, pero ésta respuesta es aún mayor en la zona correspondiente a la región CA1. En esta región existe un aumento de las espinas dendríticas características de las sinapsis del circuito establecido entre las células de CA3 y CA1. (Carlson, N. 2002)

Próximo al complejo hipocampal, la circunvolución parahipocampal contiene a la corteza entorrinal, principal vía de entrada de diversas modalidades sensoriales (táctiles, visuales y auditivas) desde todas las áreas corticales aferentes. De la corteza entorrinal se proyectan axones eferentes que constituyen la vía perforante, la cual pasando previamente por el subículum, alcanza a las dendritas de las neuronas de la circunvolución con las cuales sinapta.

¿Qué caracteriza a las células de la circunvolución dentada? Estas neuronas granulares tienen la capacidad de formar nuevas neuronas. Este proceso de neoformación neuronal o neurogénesis se debe a la presencia de células madres, que al dividirse originan neuronas inmaduras para luego diferenciarse. (El grado de diferenciación neuronal se alcanza con el crecimiento de las neuritas y la adquisición de la polaridad característica de las neuronas). Si bien algunas neuronas mueren sin alcanzar una completa diferenciación, aquellas neuronas granulares maduras van a recibir los input sinápticos provenientes de la corteza entorrinal.

Este proceso neoformador, no es exclusivo de las células de la circunvolución dentada, también se observa en el bulbo olfatorio y en el cuerpo estriado.

Como hemos visto, la posibilidad de generar nuevas células junto a la formación y reordenamiento de las sinapsis, son ejemplos de plasticidad cerebral. El cerebro no es un órgano determinado o definido desde el nacimiento.

Pero hay algo más en este grupo celular. Ha sido partícipe en la demostración de la relación de la neurobiología con la consolidación de las experiencias.

Fueron Bliss y Lomo quienes demostraron que en estas células (lo mismo que en las células de CA3 y especialmente en las de CA1) se produce otro mecanismo de plasticidad sináptica: la Potenciación a Largo Plazo, donde las comunicaciones interneuronales pueden ser modificadas y reforzadas con el paso de los impulsos nerviosos. (Kandel, E. 2007)

El concepto de potenciación a largo plazo nos exige dejar momentáneamente el análisis de la anatomía de la formación hipocámpal y pasar a describir los aspectos relacionados con la neuroquímica de la comunicación sináptica, necesarios para poder abordar el proceso demostrado experimentalmente por Bliss y Lomo.

Uno de esos aspectos es el tipo de sinapsis. Obviamente los experimentos se hicieron en las sinapsis químicas, ya que pueden ser moduladas a través de la modificación de las estructuras que forman el complejo sináptico o modificando la actividad de los neurotransmisores que intervienen. Recordemos que las sinapsis eléctricas tienen un contacto estructural entre las células. Cada una aporta un hemicanal para formar una hendidura proteica que además de dar continuidad a los espacios intracelulares de dos células contiguas, facilitan el flujo de iones entre ambas. Al existir el contacto directo la comunicación adquiere mayor velocidad que el tipo de sinapsis estudiadas por Bliss y Lomo, pero no permiten ser manipuladas experimentalmente como las sinapsis químicas. (Kalat, J.2004).

¿Cómo está formado el complejo sináptico?

Este complejo está conformado por la terminal sináptica o botón terminal, aportado por la célula pre-sináptica, y la espina dendrítica de la membrana de la célula post-sináptica.

en la célula pre-sináptica se encuentran las vesículas que contienen a los neurotransmisores. Estas vesículas provienen del soma celular siendo transportadas hasta el botón terminal por proteínas motoras y estructurales del citoesqueleto, mecanismo llamado transporte axoplasmático anterógrado. En la membrana que limita al botón terminal se identifican proteínas de canal, reguladas por voltaje, es decir que se abren y cierran atendiendo al estado eléctrico de la membrana, permitiendo la entrada de calcio a favor de su gradiente y sin gasto de energía, debido a su concentración mayor en el espacio extracelular. El flujo o la entrada de calcio al botón terminal activa a las proteínas de la superficie externa de las vesículas, para que puedan interactuar con las proteínas de la cara citoplasmática de la membrana pre-sináptica. Dicha interacción permite la fusión de la vesícula a la membrana y la consiguiente liberación de los neurotransmisores desde su interior hacia la hendidura sináptica (espacio que separa a la célula pre-sináptica y post-sináptica). Es el proceso denominado exocitosis. (Silverthorn, D. 2014)

en la célula post-sináptica, sobre una protuberancia llamada espina dendrítica, se encuentran receptores proteicos con sitios especiales de unión para ligandos, en este caso, los neurotransmisores liberados por la célula pre-sináptica. Estos receptores pueden unir diferentes neurotransmisores y se pueden clasificar en dos tipos: ionotrópicos y metabotrópicos. Ambos receptores son proteínas integrales de las membranas celulares y atraviesan la bicapa lipídica varias veces conformando canales que permiten el pasaje de partículas cargadas (llamadas iones) en ambos sentidos, según los gradientes de concentración a ambos lados de la membrana. La diferencia principal entre ambos receptores radica en su fisiología, es decir, en la respuesta a la unión con el ligando. Los ionotrópicos cambian su conformación, pudiendo pasar del estado cerrado al abierto, permitiendo el pasaje de iones a favor del gradiente de concentración; en cambio los metabotrópicos se encuentran acoplados a proteínas de membranas que se ubican del lado citoplasmático (las proteínas G), que al activarse promueven la formación de segundos mensajeros. Estos segundos mensajeros producen una serie de cambios en el interior de la célula y por lo tanto los efectos son dispares. Una de las acciones de estos receptores es modificar las propiedades de las membranas y por lo tanto modificar las respuestas a los neurotransmisores, teniendo así un papel modulador en la transmisión de la información a nivel sináptico.

¿Cuáles son los receptores involucrados en las experiencias de Bliss y Lomo, cuando demostraron la potenciación a largo plazo?

Los ionotrópicos que responden a un neurotransmisor simple como el glutamato. Estos son el receptor AMPA y NMDA, por la respuesta que dan a los agonistas ácido alfa-amino-3 hidroximetil-4-isoxazolpropiónico y al N-metil-D-aspartato respectivamente.

El receptor AMPA responde a la unión del glutamato cambiando la conformación y permitiendo el pasaje de iones, con la consiguiente despolarización de la membrana. El mecanismo de señalización es rápido y de corta duración; al dejar pasar iones como el sodio, calcio y el potasio tendrá un efecto excitador.

El receptor NMDA se encuentra bloqueado por iones magnesio, y no responde aún ante la presencia del glutamato. Se hace necesaria la despolarización previa de la membrana para que el receptor NMDA cambie su conformación y pierda afinidad por el magnesio. (Carlson, N. 2002) Una vez desplazado el magnesio, la unión glutamato-receptor, permite la entrada de calcio que, como ya hemos planteado, se comporta como segundo mensajero activando a una serie de proteínas celulares aumentando no solo la eficacia de la transmisión, sino también provocando un refuerzo de la misma. El ingreso de éste ión genera cambios en distintos compartimentos celulares activando o desactivando diferentes rutas o circuitos intracelulares. Una de esas vías se observa a nivel del núcleo en donde se activan proteínas que actúan como factores de transcripción, que al unirse a regiones específicas al ADN, regulan la expresión génica. Es otro punto donde opera la plasticidad a nivel celular. (Kalat, J. 2004)

Una vez descrito el complejo sináptico y los receptores de membrana intervinientes, analizaremos la participación de los mensajeros químicos que hacen posible esta comunicación.

Uno de ellos es el glutamato, mensajero excitador con mayor participación en las comunicaciones neuronales del sistema nervioso central; permite el ingreso de cationes (iones con carga positiva) y desencadena cambios en polaridad de las membranas neuronales. El glutamato es un aminoácido que proviene de la transformación de otro aminoácido como la glutamina o del ciclo de Krebs en la matriz mitocondrial. El astrocito puede aportar glutamina al botón terminal de la neurona para luego transformarse en glutamato que mediante proteínas transportadoras es conducido a las vesículas para su almacenamiento.

Pero, ¿Cómo opera la maquinaria bioquímica y molecular para la consolidación de una experiencia? A través de los cambios producidos en la potenciación a largo plazo. Retomamos entonces la experiencia de Bliss y Lomo.

Una vez que un impulso nervioso de baja intensidad alcanza la terminal axónica o botón terminal, se produce la apertura de los canales de calcio regulados por voltaje, con el consiguiente ingreso de iones calcio a la célula y posterior exocitosis (liberación del neurotransmisor). El glutamato liberado se une en primer lugar a los receptores AMPA, receptores ionotrópicos que se activan rápidamente y permiten el pasaje del impulso nervioso de la célula pre-sináptica a la célula post-sináptica. Pero, cuando el flujo eléctrico de una célula a la otra es más intenso, se libera mayor cantidad de glutamato a la hendidura sináptica, aumenta el número de receptores AMPA activados y aumenta la frecuencia de los potenciales post-sinápticos excitatorios, lo que habilita la participación de los receptores NMDA. Estos receptores permiten el ingreso de iones calcio a la célula post-sináptica para actuar como segundos mensajeros; de este modo se desencadena un conjunto de reacciones que involucran a diferentes estructuras subcelulares, muchas de las cuales consolidan las conexiones entre las neuronas o permiten nuevas conexiones neuronales. Es decir, la actividad de los receptores NMDA está ligada a la plasticidad sináptica.

¿Cuál es el rol del calcio?

La participación del calcio, en el interior de la neurona es de suma importancia para activar una familia de enzimas llamadas quinasas o kinasas; que constituyen una familia de proteínas con especial capacidad para activar o desactivar, mediante la transferencia o eliminación de grupos fosfatos, a diferentes intermediarios metabólicos. Se generan así múltiples cascadas de señalizaciones intracelulares con distintos resultados, tal como aumentar las conexiones celulares haciéndolas más duraderas, y activar proteínas citoplasmáticas que migran al núcleo para comportarse como factores de transcripción. Entonces, al intervenir en un mecanismo genético (la transcripción), y dependiendo del ARN que se origine, dará lugar a la formación de proteínas celulares que otorgarán mayor estabilidad a las sinapsis. Como queda expresado, en la memoria a largo plazo es necesaria la activación de genes y la síntesis de nuevas proteínas en las neuronas.

Retomando y cerrando el circuito iniciado, una vez que el flujo eléctrico activó a las células piramidales de la región CA3, éste se propaga por medio de las colaterales axónicas (vía colateral de Schaffer), hacia las células piramidales del CA1. Desde aquí el circuito continúa hacia el subículo y por último puede seguir dos caminos:

a la corteza entorrinal, es decir vuelve la información al punto de partida para proyectarse a diferentes áreas corticales sensoriales, o

a la corteza prefrontal a través del fórnix.

En resumen, la memoria es el resultado de un amplio engranaje en dónde participan diferentes sistemas de memoria, estructuras cerebrales y procesos tendientes a codificar, almacenar y evocar aquellas experiencias que pueden o no tener como protagonista al propio sujeto. Para poder comprender, de manera integral, los procesos memorísticos debemos apropiarnos de los aportes que nos ofrecen diferentes disciplinas, en nuestro recorrido fundamentalmente las de impronta biológica, pero sin renunciar al componente emocional y la identidad del que recuerda.

¿Por qué el aprendizaje en psiconeurobiología?

Asumir al aprendizaje como el proceso mediante el cual la experiencia modifica nuestro cerebro, y por tanto nuestra conducta, nos permite comprender el motivo de esta disciplina en el programa de estudio de la Licenciatura y del Profesorado de Psicología.

Ese aprendizaje queda inscripto en nuestras redes neuronales, pudiendo asimismo modificarse una y otra vez. Como hemos visto, no resulta posible separar la participación de la memoria para que podamos aprender, o lo que es lo mismo, no podemos aprender sin el uso de nuestra memoria. Pero aquí debemos detenernos para subrayar un concepto ya expuesto: la memoria no es una estructura neuroanatómica, ni requiere de una parte específica de nuestro cerebro, sino todo en su conjunto. Además, si bien a la memoria se la puede entender mejor como un proceso neurofisiológico, tampoco es un proceso único, y de ahí el hecho que se hayan descrito *muchas memorias*, muchos procesamientos mnésicos, cada uno de los cuales vinculado al funcionamiento de áreas específicas de nuestro cerebro. Y si bien existen diferentes modos de clasificar y ordenar a los tipos de memoria, probablemente todos imperfectos, pero útiles para comprenderlos. Tan imperfectos como la memoria misma, cuando en la reconstrucción de los trazos mnésicos se toma esa licencia de crear y producir hechos que nunca han sucedido.

Ese falso recuerdo nace desde el funcionamiento mismo de la memoria declarativa, que tiene sus bases estructurales de ubicación ténporodiencefalica, y que cuenta en el hipocampo con la estructura encargada de consolidar los recuerdos a través de los mecanismos de potenciación a largo plazo. Consolida a través del mecanismo de síntesis proteica. La memoria sería un *guardar recuerdos* mediante *hechos biológicos*, a través de la creación de nueva materia. Si bien el hipocampo consolida la información procesada, el archivo de esos recuerdos se sustenta en difusas redes neuronales corticales. Esto es, los recuerdos *quedan almacenados* en toda nuestra corteza cerebral. Pero tampoco en forma estática. Se *rearmen* cada vez que se necesita recordarlos. Vemos así como intervienen distintas áreas corticales del cerebro en el procesamiento de la memoria declarativa: el hipocampo consolida, el resto de la corteza mantiene un

archivo, y finalmente la corteza prefrontal, se encarga de evocar, de direccionar la búsqueda de diferentes regiones corticales para poder recordar.

Si lo expresamos de un modo más simple, la corteza prefrontal controla *el recordar*, la corteza cerebral *contiene los archivos mnésicos* y el hipocampo se encarga de *guardar* recuerdos de manera conciente. (y los guarda de modo conciente, porque como *corteza que es tramita de manera conciente*).

Entonces, el recuerdo es el resultado de un procesamiento cerebral, eso que hay en el medio entre la entrada y la salida de la información. La tarea de evocación se compone de trazos de un hecho real provenientes del neocórtex y trazos imaginarios que surgen de la corteza entorrinal, controlados por una prueba adicional de comprobación que realiza la corteza prefrontal. Así muchas veces aflora el falso recuerdo. Por estos motivos no resulta posible que los hechos del pasado sean reproducidos por el sujeto fielmente como sucedieron, tal como lo podría realizar una grabación. El cerebro no es una máquina. “Recuperar un recuerdo es un proceso creativo. No nos limitamos a recuperar información almacenada del modo en que podríamos comprobar un dato en un libro; en lugar de ello, tomamos fragmentos de información e interpretamos lo que esta información significa”. (Carlson, N. 2006).

Si bien el recuerdo surge siempre de la memoria, al evocar se arremolinan trazos mnésicos guiados sin control por nuestra valencia emocional. Así se forma una “evidencia”. No obstante, sobre trazos imperfectos. Y podemos reproducir lo que pudo haber pasado o lo que hubiésemos querido que haya sucedido. Y en este punto nos detenemos en la neurofisiología de la corteza entorrinal. Se ha propuesto el siguiente mecanismo: al recibir un estímulo se establece una sinapsis. Al repetirse ese estímulo se fortalece la sinapsis y se crean otras nuevas. Luego, al recibir estímulos similares se activarían otras neuronas cercanas que a su vez tienen conexiones relacionadas y así recordamos sólo la esencia; desdibujándose entre lo que se recuerda y lo que se imagina. La esencia es el principio del procedimiento, luego se combinan varios trazos y originan al recuerdo final. En el plano neuroanatómico funcional se han hecho pruebas donde un sujeto lee una lista de palabras, luego se le nombra una palabra de la lista y al sujeto se le activará el área tétoro-parietal izquierda junto a la corteza entorrinal; pero ante la lectura de una palabra similar a una de la lista, sólo se activará esta última.

Como vemos, de modo muy esquemático, sin caer en reduccionismos y con espíritu integrador, podemos relacionar a la memoria de trabajo con circuitos prefrontales, a la memoria declarativa con circuitos tétorodiencefálicos, a la memoria procedural con las conexiones de los ganglios basales y al sistema de representación perceptual con áreas corticales secundarias. Así entonces, la memoria no es un proceso único. Tal vez sería mejor hablar de “las memorias”. Tampoco el aprendizaje adaptativo, necesario para la supervivencia, queda reducido a la plasticidad del hipocampo; también requiere el tamizaje emocional con epicentro en la amígdala y el control prefrontal como supervisor.

Llegados a este punto concluimos con el motivo de ser y estar de esta asignatura en la formación del psicólogo, quien en su ejercicio profesional promueve cambios en el comportamiento de un sujeto modificando la neuroanatomía y la neurofisiología de su encéfalo. La tecnología

actual ya está evidenciando estos cambios estructurales producidos en la asistencia psicológica como en la psicoterapia.

Para finalizar, construimos el último párrafo de esta obra citando a los máximos exponentes de la historia de la psiconeurobiología: “a medida que aumente la resolución de las técnicas de neuroimagen, debería ser posible llevar a cabo evaluaciones cuantitativas de los resultados de la psicoterapia” (Kandel, E 2016); y en el mismo sentido: “La finalidad de este proyecto es la de estructurar una psicología que sea una ciencia natural; es decir, representar los procesos psíquicos como estados cuantitativamente determinados de partículas materiales especificables, dando así a esos procesos un carácter concreto e inequívoco” (Freud, 1895).

Al llegar al final del Capítulo se recomienda leer la Introducción del Libro.

Síntesis conceptual

- 1) A partir de lectura de los principios de Kandel escriba dos ejemplos de cada uno que permitan ilustrar su utilidad en el desarrollo de la Psicología
- 2) Esquematice las estructuras con las conexiones que intervienen en la producción de falso recuerdo.
- 3) Realice un cuadro sinóptico de las bases neurobiológicas de los diferentes tipos de memoria.
- 4) Sobre un gráfico del hipocampo ilustre sus aferencias y eferencias
- 5) Explique brevemente el mecanismo de potenciación a largo plazo.
- 6) Describa ejemplos de neuroplasticidad.
- 7) Relacione el concepto de plasticidad con el rol del Psicólogo
- 8) Utilizando 200 palabras explique el concepto de memoria de trabajo
- 9) Explique el Principio de Hebb.
- 10) Caracterice las diferencias del cerebro según las etapas evolutivas: durante la niñez, la adolescencia, y la adultez.

Referencias

- Alvarez González, M.A.(2009),Mecanismos mente-cuerpo. En *Datos blandos para ciencias duras. El camino de la psicología a las neurociencias.* (p.47 y p.95)) Buenos Aires: Paidós.
- Annese, J. (2014). Postmortem examination of patient H.M.'s brainbased on histological sectioning and digital 3D reconstruction. *Nature Communications.* Vol (5), Article number: 3122
- Azcoaga, J. E., (1984), Dispositivos básicos del aprendizaje. En *Aprendizaje fisiológico y aprendizaje pedagógico.* (p. 59) Bs. As. El Ateneo.
- Bear, M.; Connors, B.; Paradiso, M. (2008), *Neurociencia: la exploración del cerebro.* España: Lippincott, William and Wilkin.

- Carlson, N.R. (2002), Estructura y funciones de las células del sistema nervioso. En *Fisiología de la conducta*, (pp. 66-79) Barcelona: Ariel.
- Carlson, N.R. (2002), Psicofarmacología. En *Fisiología de la conducta*, (pp. 149-152) Barcelona: Ariel.
- Carlson, N.R. (2002), Aprendizaje relacional y memoria. En *Fisiología de la conducta*, (p. 539-553) Barcelona: Ariel.
- Carlson, N. (2006) Aprendizaje relacional y amnesia. En *Fisiología de la conducta*. (pp. 514-515) Ed. Pearson.
- Ferreres, A (2005) Introducción. En *Cerebro y memoria*. (p.13) Buenos Aires. Tekne.
- Ferreres, A (2005) Sistemas de memoria. En *Cerebro y memoria*. Buenos Aires. Tekne.
- Freidin, E (2001). Kandel y sus aportes teóricos a la Psicología y a la Psiquiatría. *Medicina* (2001); 61 (pp. 898-902).
- Flores Lázaro, J. C; Ostrosky, F., (2012) Neuropsicología de los lóbulos frontales. En *Desarrollo neuropsicológico de los lóbulos frontales y funciones ejecutivas*, (p.3) México: Manual Moderno.
- Freud, S (1895) Esquema general. Introducción. En *Proyecto de una psicología para neurólogos*. (p.211). Hyspamérica..
- García Verdugo, J.M, (2018) Human hippocampal neurogenesis drops sharply in children to undetectable levels in adults. *Nature*. Vol (555), p.377-381.
- Kalat, J.W. (2004). Comunicación en las sinapsis. En *Psicología Biológica*. (pp.54-59) Madrid: Thomson.
- Kalat, J.W. (2004). Desarrollo y plasticidad cerebral. En *Psicología Biológica*. (pp. 99-101) Madrid: Thomson.
- Kandel, E. R. (2007), A distintos tipos de memoria, distintas regiones cerebrales. En *En busca de la memoria. El nacimiento de una nueva ciencia de la mente*. Buenos Aires. (pag. 152) Katz.
- Kandel, E. R. (2007) En busca de un sistema ideal para estudiar la memoria. En *En busca de la memoria. El nacimiento de una nueva ciencia de la mente*. Buenos Aires. (pp 163-172) Katz.
- Kandel, E. R. (2007), Memoria de largo plazo. En *En busca de la memoria. El nacimiento de una nueva ciencia de la mente*. Buenos Aires. (pp. 280-288) Katz.
- Kandel, E. R. (2007), Retorno a la memoria compleja. En *En busca de la memoria. El nacimiento de una nueva ciencia de la mente*. Buenos Aires. (pp 325-331) Katz.
- Kandel, Eric (2006). Un nuevo marco intelectual para la Psiquiatría. En *Psiquiatría, Psiconálisis y la Nueva Biología de la Mente*. (pp. 40-42) Ed. Ars Médica
- Kolb, B., y Whisshaw, I.Q. (2015). Comunicación entre neuronas. En *Neuropsicología Humana*. (pp. 117-131) Buenos Aires: Panamericana.
- Kolb, B., y Whisshaw, I.Q. (2015). Principios de la función de la neocorteza. En *Neuropsicología Humana*. (pp.266-281) Buenos Aires: Panamericana.
- Mongiat, L.- Schinder, A. (2014) .A price to pay for adult neurogenesis. *Science*. Vol (344), p.594-595.

- Roldán Franco, M., (2008). El neurodesarrollo de los principales trastornos mentales. En *Trastornos Psicológicos en el S.XXI*. (p.18) Madrid:Comillas.
- Purves, D., Augustine, G.J., Fitzpatrick, D., Hall, W.C., LaMantia, A.S., y White, L. (2015). *Neurociencia*. Buenos Aires: Panamericana.
- Rosenzweig, M.R.;Leiman A.L.;BreedloveS.M,(2001) .Aprendizaje y memoria: perspectivas biológicas. En *Psicobiología Biológica*,(p.646).Barcelona:Ariel
- Silverthorn, D.U. (2014). Propiedades de las neuronas y de las redes neuronales. En *Fisiología humana: un enfoque integrado*. (pp. 266-281) Mexico: Panamericana.
- Zambrano,Y.,(2014). Qué es la neurobiología. En *Neurobiología del intelecto. Nuevos conceptos en el proceso neuronal*. (p.14), México: NBI editores.

Los autores

Coordinador

Luisi, Augusto Leonardo

Médico Especialista Consultor en Neurología. Facultad de Ciencias Médicas Universidad Nacional de La Plata. (U.N.L.P) Colegio de Médicos La Plata. Profesor Titular de la Cátedra de Neuroanatomía y Neurofisiología de la Facultad de Psicología de la U.N.L.P. Profesor Titular int. de la Cátedra de Anatomía "A" de la Facultad de Ciencias Médicas de la U.N.L.P. Docente Universitario Autorizado de la Cátedra de Neurología de la Facultad de Ciencias Médicas de la U.N.L.P.

Autores

Campagnolo, Luciana

Médico Especialista en Psiquiatría Infanto-Juvenil. Facultad de Ciencias Médicas de la U.N.L.P. Colegio de Médicos La Plata. Ayudante Diplomado de la Cátedra de Neuroanatomía y Neurofisiología de la Facultad de Psicología de la U.N.L.P. Ayudante Diplomado de la Cátedra de Psiquiatría de la Facultad de Ciencias Médicas de la U.N.L.P.

Codina, Edgardo

Profesor en Ciencias Biológicas, otorgado por la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación U.N.L.P. Ayudante Diplomado de la Cátedra de Neuroanatomía y Neurofisiología de la Facultad de Psicología de la U.N.L.P. Ayudante Diplomado de la Cátedra de Biología Humana de la Facultad de Psicología de la U.N.L.P.

Luisi, Augusto Leonardo

Médico Especialista Consultor en Neurología. Facultad de Ciencias Médicas Universidad Nacional de La Plata. (U.N.L.P) Colegio de Médicos La Plata. Profesor Titular de la Cátedra de Neuroanatomía y Neurofisiología de la Facultad de Psicología de la U.N.L.P. Profesor Titular int. de la Cátedra de Anatomía "A" de la Facultad de Ciencias Médicas de la U.N.L.P.

Docente Universitario Autorizado de la Cátedra de Neurología de la Facultad de Ciencias Médicas de la U.N.L.P.

Manzini, Fernando Rubén

Licenciado y Profesor en Psicología, otorgado por la Facultad de Psicología de la Universidad de Córdoba. Jefe de Trabajo Prácticos de la Cátedra de Neuroanatomía y Neurofisiología de la Facultad de Psicología de la U.N.L.P. Ayudante Diplomado de la Cátedra de Estadística Aplicada a la Psicología de la U.N.L.P. Ayudante Diplomado de la Cátedra de Psicología Experimental de la Facultad de Psicología de la U.N.L.P.

Vestfrid, Mariela

Licenciada en Biología, otorgado por la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, U.N.L.P. Ayudante Diplomado de la Cátedra de Biología Humana de la Facultad de Psicología de la U.N.L.P. Ayudante Diplomado de la Cátedra de Biología Humana de la Facultad de Psicología de la U.N.L.P.

Neuroanatomía y neurofisiología en psicología / Augusto Leonardo Luisi... [et al.] ; coordinación general de Augusto Leonardo Luisi.- 1a ed.- La Plata : Universidad Nacional de La Plata ; EDULP, 2019. Libro digital, PDF - (Libros de cátedra)

Archivo Digital: descarga
ISBN 978-950-34-1834-5

1. Psicología. 2. Neuroanatomía. 3. Neurofisiología. I. Luisi, Augusto Leonardo, coord. CDD 153

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata
48 N.º 551-599 / La Plata B1900AMX / Buenos Aires, Argentina
+54 221 644 7150
edulp.editorial@gmail.com
www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2019
ISBN 978-950-34-1834-5
© 2019 - Edulp

S
sociales


Editorial
de la Universidad
de La Plata



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA