

# El consentimiento “desde adentro”

Miguel Angel Acosta\*

## Resumen

En este trabajo intentamos brindar una visión panorámica, aunque con abundancia de detalles, sobre el complejo mecanismo y las estructuras cerebrales que conforman un proceso decisional -jurídicamente relevante- donde el sujeto manifiesta su intención de comprar, vender, donar, renunciar, afianzar, arrendar o garantizar. Se trata de un primer abordaje al problema desde una cátedra universitaria de grado, considerando que en los códigos de derecho privado sólo cuenta la exterioridad de la declaración de voluntad y el sistema judicial raramente se aboca a investigar qué ocurre adentro del cerebro del sujeto declarante: sus angustias, sus miedos, sus recuerdos profundos o sus lesiones cerebrales no aparentes. Esos estados interiores que preceden y afectan las decisiones, sólo afloran cuando se invocan en juicio y la mayoría de las veces su prueba resulta bastante dificultosa. Sin embargo los avances médico-psicobiológicos y la ayuda de las nuevas tecnologías nos presentan un nuevo escenario que facilita la superación de esos escollos, aunque no de modo absoluto. La investigación se inicia con dos preguntas básicas, que se van desarrollando y explicando a medida que se avanza en la descripción topográfica del cerebro. Una vez pasada esa fase se repara en las sustancias y compuestos químicos que actúan en el cerebro y sobre todo en los circuitos cerebrales. Finalmente se extraen conclusiones que, por supuesto, no son definitivas, sino que constituyen una invitación a seguir estudiando y profundizando esta más que interesante área de las ciencias en su convergencia con el derecho.

*Palabras clave:* Consentimiento contractual, proceso decisorio

## Abstract

In this work we intend to give an overview, albeit with abundant details, about the complex mechanism and cerebral structures that conform a decision process (juridically relevant), where the person manifests its intention to buy, sell, renounce (relinquish), secure, lease or guarantee. It is a first approach to the problem from a university law degree chair, considering that in the codes of private law only counts the externalization of the declaration of will and the judicial system rarely investigates what happens inside the brain of the reporting subject: his mental anguish, his fears, his deep memories or his non-apparent brain injuries. Those inner states that precede and affect decisions only emerge when they're invoked in court and most of the times the evidence becomes rather difficult. However the medical and psycho-biological developments along with the new technologies present us with a new scenario that overcome these pitfalls, although not in an absolute way. The research starts with two basic questions that are being developed and explained as long

---

\* Profesor Titular Regular de Derecho Comercial, Facultad de Derecho de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Correo electrónico: decanoderecho@hotmail.com

as the topographic description of the brain progresses. Once that phase is over, we pay attention to chemical substances and compounds that unfold in the brain and especially in the brain circuits. Finally we drawn some conclusions that, of course, they are not definitive, but they constitute an invitation to continue studying and deepening into this more than interesting area of science and its agreement with the law.

*Key words:* Contractual agreement, decision-making process

**Explicación preliminar:** al comienzo de cada cuatrimestre en la cátedra de derecho comercial de la Facultad de Derecho de la Universidad Nacional de Mar del Plata (Arg.) escogemos un tema de investigación en donde los estudiantes participan activamente formando grupos de estudio de hasta cuatro integrantes y trabajan sobre la temática propuesta por el profesor. Luego se van seleccionando los mejores trabajos y cotejando los aspectos predominantes o más destacados de cada uno para ir trazando un maridaje entre todos ellos. Después se eligen dos coordinadores que van condensando y dando forma al trabajo de investigación que es corregido y revisado semanalmente por el profesor hasta consensuar la versión definitiva, que a más tardar deberá estar lista una semana antes de la finalización del curso. La tarea es ardua para el docente, que además de preparar las clases también debe evaluar y dirigir el avance de la investigación, habiendo revisado sesenta presentaciones iniciales para luego dejar seleccionadas unas quince, las que irán recortándose y fusionándose entre sí hasta conformar el grupo

núcleo que completa la actividad en nombre y con el aporte previo de todos los demás<sup>1</sup>.

## 1. Primera Parte

En esta oportunidad hemos concentrado nuestra atención en un tema que denominamos “*El consentimiento desde adentro*” y comenzamos por indagar las siguientes cuestiones:

- a. ¿Qué regiones del cerebro se activan cuando nos disponemos a exteriorizar el consentimiento? y ¿cómo reaccionan?
- b. ¿Qué sustancias químicas actúan para preparar dicho proceso?

Con estas preguntas empezamos un estudio colectivo que excedió nuestro

---

<sup>1</sup> Los alumnos participantes son: Rocío Anríquez Anlauf; Manuela Colella; Mirta J. Comisso (coord.); Camila Eyra; Lucía Domínguez; Matías F. Gutiérrez Bello (coord.); Ma. Victoria Juárez; Claribel Mamani Torrez; Gisele Martorelli; Agustina Pérez; Sofía Paz Pérez Pegué; Carolina Popovich; Ma. Clara Raiteri; Rodrigo Reyes; Ramiro Rodríguez; Manuela Romani y Lucía Villalba.

objetivo inicial, dado que sólo pretendíamos describir el proceso interno de cada individuo en la toma de una decisión que lo llevase a manifestar su voluntad de decir: *sí compro; sí vendo; si dono; si arriendo, sí cedo; si renuncio, si afianzo* etc.. Pero luego, con el avance de la pesquisa fueron apareciendo otras cuestiones que estimamos de abordaje insoslayable y que se anexaron al proyecto inicial.

Desde la mirada iusprivatista resaltamos la importancia de la investigación puesto que nuestro sistema jurídico sólo reconoce la manifestación externa de las decisiones, ya sea mediante la utilización de la palabra o recurriendo a hechos positivos o a simples omisiones (silencio), pero raramente se atiende al proceso interno que lleva al sujeto a actuar o decidir del modo que lo hace y sólo aflora el problema cuando se denuncia la existencia de algún vicio que afecta la manifestación de esa decisión, no antes<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Ya que en el ámbito penal no es tan infrecuente recurrir a estas técnicas, como por ejemplo para detectar mentiras, conductas esquizofrénicas o el impacto de las emociones, así como las impresiones o *shocks* que determinadas imágenes (por ejemplo observando fotografías espantosas o declaraciones desgarradoras) pueden despertar fuertes emociones, impactando en el juzgador o en el jurado. Allí parece que la amígdala y la ínsula en el córtex prefrontal tienen mucha influencia (cfr. Kedia, G.; Harris et al, 2017).

En la mayoría de los casos la justicia adopta un rol pasivo pues, contando con un llamativamente pobre herramienta probatorio que le proveen los códigos procesales los jueces se ven compelidos a resolver basándose en testimonios *ex-post* o *ex-ante*, además de una fuerte dosis presuncional. Pero muy pocas veces se realizan estudios serios sobre el proceso cognitivo, los recuerdos, las experiencias anteriores y las funciones ejecutivas<sup>3</sup>.

Basta verificar esta afirmación con el parco texto de los arts. 957 y 958<sup>4</sup> del nuevo Código Civil y Comercial de

<sup>3</sup> Adelantamos aquí que, contrario a lo que se piensa, la toma de decisiones no constituye un mero proceso racional de contabilizar o comparar las pérdidas y ganancias que resulten de una elección determinada. Más bien parece ocurrir que los aspectos emocionales, derivados de la experiencia de situaciones parecidas, y aquellos aspectos asociados a las consecuencias o al contexto en el que se da la decisión, desempeñan un papel determinante (cfr. Martínez Selva, J.M: Sánchez Navarro et al, 2006):

<sup>4</sup> **Art. 957 “Definición:** *Contrato es el acto jurídico mediante el cual dos o mas partes manifiestan su consentimiento para crear, regular, modificar, transferir o extinguir relaciones jurídicas patrimoniales”.*

**Art. 958 “Libertad de contratación.** *Las partes son libres para celebrar un contrato y determinar su contenido, dentro de los límites impuestos por la ley, el orden público, la moral y las buenas costumbres”.*

**Art. 960: “Facultades de los jueces.** *Los jueces no tienen facultades para modificar las estipulaciones de los contratos, excepto que sea a pedido de una de las partes cuando lo autoriza la ley, o de oficio, cuando se afecta de modo manifiesto el orden público.*

Argentina los que poca ayuda han de prestarnos (excepto, tal vez, la inusual solución del art. 960)<sup>5</sup> e igualmente en el Capítulo 3, referido a la “Formación del Consentimiento”, en sus arts. 971<sup>6</sup> al 983, donde se aportan muy pocas precisiones.

**El recorte temático:** solo centraremos nuestro objeto de investigación en los denominados contratos “hablados” o “negociados” entre partes privadas, ya sean éstas personas físicas o jurídicas, efectuados en un contexto de intercambios producidos a raíz de un consenso *prima facie* libremente alcanzado. Dejando afuera todas aquellas concepciones ampliatorias y fronterizas del concepto de contrato, como los llamados “contratos de 3 ½ minutos”<sup>7</sup> ni los contratos de alta

frecuencia (o *high frequency trading*)<sup>8</sup> donde se supera la escala de tiempo

---

varios millones de dólares que puede contener defectos de redacción y que podrían acarrearle grandes pérdidas. No obstante ello asumen los riesgos y confían en que obtendrán ganancias, pues de todos modos están tratando entre profesionales altamente especializados y dada la urgencia no pueden tomarse el tiempo para verificar una cláusula determinada, pues el tiempo apremia y los costos de retardar el acuerdo pueden ser mucho mayores.

<sup>8</sup> Desde que en el año 1999 la Securities and Exchange Commission (SEC) de Estados Unidos autorizó los intercambios financieros por vía electrónica, estos pasaron de durar varios segundos a tiempos superiores a los milisegundos y luego microsegundos (promediando unas 250 transacciones por segundo). El *High Frequency Trading* o simplemente *HTF*, es un tipo de negociación que se lleva a cabo en los mercados financieros utilizando intensamente herramientas tecnológicas sofisticadas para obtener información del mercado y en función de la misma intercambiar valores financieros, tales como activos-(*shares or bonds*) u opciones. Se caracteriza por varios elementos distintivos: 1) Es altamente cuantitativa ya que emplea algoritmos informáticos para analizar datos del mercado e implementar estrategias de negociación; 2) Es un tipo de negociación muy sensible a la velocidad de procesamiento del mercado y al propio acceso al mercado; 3) Suelen llevarse a cabo por grandes fondos de inversión o bancos de inversión con carteras de gran volumen y muy diversificadas (v. esta información fue obtenida en Wikipedia voz “Negociación de alta frecuencia” consultada en 17-11-17 y v. también Sánchez Monjo, Miguel y Pineda Martínez, Ana “La denominada negociación automatizada de alta frecuencia (*High Frequency Trading*) Características y regulación”, publ. en *Revista de Derecho del Mercado de Valores* n°12/2013 (enero-junio 2013) y Perugini, Maria Letizia e Paolo Dal Checco “Introduzione

---

<sup>5</sup> Art. 960: “Facultades de los jueces. Los jueces no tienen facultades para modificar las estipulaciones de los contratos, excepto que sea a pedido de una de las partes cuando lo autoriza la ley, o de oficio, cuando se afecta de modo manifiesto el orden público.

<sup>6</sup> Art. 971. **Formación del consentimiento.** Los contratos se concluyen con la recepción de la aceptación de una oferta o por una conducta de las partes que sea suficiente para demostrar la existencia de un acuerdo.

<sup>7</sup> V. Mitu Gulati & Robert E. Scott “*The Three and a Half Minute Transaction (Boilerplate and the Limits of Contract Design)*” The University of Chicago Press, Chicago Series in Law and Society, Nov. 2012.- Aquí los autores refieren el caso de los grandes estudios jurídicos estadounidenses expertos en la negociación de deuda soberana y donde uno de los asociados con sólo apretar una tecla y hacer click sale impreso un contrato por

humano por una escala de tiempo computacional y también dejaremos de lado la categoría genérica de los “contratos que nadie lee”<sup>9</sup> integrada por las especies “de adhesión” o “por adhesión” y todos los demás despliegues de distribución masiva orientados a restringir derechos de los cocontratantes<sup>10</sup>, pues ellos exceden nuestra pesquisa.

---

agli Smart Contracts”, Università di Bologna, Dec. 2015 ubicable en <http://ssrn.com/abstract=2729545> y también Qhellas, José Manuel “High Frequency Trading (HTF)” en Universidade de Coimbra, Faculdade de Direito, Boletim de Ciências Económicas Vol. LVIII, 2015, pp. 369-389. Las compañías más importantes de HTF son Knight Capital Group; Getco LLC; Citadel LLC; Jump Trading LLC y Goldman Sach.

<sup>9</sup> Sea porque no se le entregó copia al interesado, por su exageradamente diminuta y extensa grafía o porque no comprende lo que dice y prefiere ignorarlo. Aquí ya entramos en el terreno del analfabetismo funcional donde algunas estadísticas indican que la mayoría de la población sólo puede comprender el 31% de los textos que lee, por lo tanto tiene dificultades para aprehender y relacionar lo leído con conocimientos previos (fuente de información en <http://peruforopaulofreire.blogspot.mx/2011/08/analfabetismo-funcional-conceptos.html>) accedido en 6-12-17.

<sup>10</sup> V. por todos el interesantísimo ensayo de la profesora Margaret Jane Radin “The Deformation of Contract in the Information Society” University of Michigan Law School Scholarship Repository, 2 March 2017 accesible en [http://repository.law.umich.edu/law\\_econ\\_current/124](http://repository.law.umich.edu/law_econ_current/124)

## 1.1. Ahora vayamos a lo nuestro

En primer lugar una oferta o propuesta contractual ingresa por el córtex prefrontal, que es lo que comúnmente denominamos “la frente”, la región ubicada justo arriba de los ojos. Ese sería “El Portal de Entrada”.

Pero para mejor situarnos debemos previamente incursionar en la nada simple topografía del cerebro humano dado que esa región presenta varias divisiones citoarquitónicas, subdivisiones y sub-subdivisiones. En esta expedición iremos de afuera hacia adentro y así observamos que *el cerebro está protegido por el cráneo y que además está cubierto por tres membranas denominadas meninges*. La más externa es la *duramadre*, la intermedia la *aracnoides*, que cubre el cerebro laxamente y no se introduce en las circunvoluciones cerebrales y la membrana interior, la *piamadre*, que contiene gran cantidad de pequeños vasos sanguíneos y linfáticos y está unida íntimamente a la superficie cerebral. De otra parte, la superficie del cerebro no es lisa sino que está considerablemente aumentada por un sistema de pliegues y surcos llamados *circunvoluciones cerebrales*. A los surcos de mayor profundidad se les llama *cisuras* y estas dividen cada hemisferio en las áreas o lóbulos occipital, parietal, temporal y frontal.

Ahora bien, traspasando la superficie craneana aparece una primera gran división anatómica en porciones del cerebro, que se forma al comienzo de la fase embrionaria del sistema nervioso central o SNC :

- I. El PROSENCÉFALO o cerebro anterior.
- II. El MESENCÉFALO o cerebro medio.
- III. El ROSENENCÉFALO o cerebro posterior.  
Luego, cuando se ha desarrollado el SNC, estas estructuras iniciales darán lugar a las distintas partes del cerebro adulto, incluyendo el
- IV. DIENCÉFALO

## 1.2. El Prosencéfalo o cerebro anterior

Es la parte más voluminosa y compleja del cerebro humano, encargada de la inteligencia, la memoria, la personalidad, las emociones, el habla y la capacidad de sentir y movernos y está conformado por:

- a. Lóbulo parietal
- b. Lóbulo Occipital
- c. Lóbulo Temporal
- d. Lóbulo Frontal éste, a su vez está formado por
  - d1. La CORTEZA PREFRONTAL ORBITOFONTAL (CPFOF) o Ventral
  - d2. La CORTEZA PREFRONTAL MEDIAL
  - d3. La CORTEZA DORSAL
  - d4. La CORTEZA CINGULADA ANTERIOR (CCA) y la CORTEZA CINGULADA POSTERIOR (CCP)
  - d5. La CORTEZA MOTORA (CM)
  - d6. CORTEZA DORSOLATERAL (CDL)

La ÍNSULA<sup>12</sup>

y luego tenemos los GANGLIOS BASALES, que están compuestos por

- El cuerpo estriado
- Putamen
- Caudado

EL SISTEMA LÍMBICO

- Lóbulo Límbico
- Hipotálamo
- Amígdala
- Núcleo Accumbens

---

254

La CORTEZA CEREBRAL que se organiza en dos.

**HEMISFERIOS CEREBRALES:** Derecho e Izquierdo, y que a su vez se dividen en cuatro partes o secciones llamadas lóbulos.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> En general los lóbulos se sitúan debajo de los huesos que llevan el mismo nombre. Así, el

---

lóbulo frontal descansa en las profundidades del hueso frontal, el lóbulo parietal debajo del hueso parietal, el lóbulo temporal debajo del hueso temporal y el lóbulo occipital debajo de la región correspondiente a la protuberancia occipital.

<sup>12</sup> Atención con esta estructura que se encuentra ubicada profundamente en la superficie lateral del cerebro y es importantísima en aquellos estados de enamoramiento, ya sea el llamado "amor romántico" de parejas, como el amor materno-filial y aquel paterno-filial.

Todas estas divisiones y sub-divisiones se alojan dentro del Prosencéfalo o Cerebro Anterior y a continuación describiremos –sintéticamente- las funciones de cada uno:

### 1.2.1 La corteza cerebral o córtex

Es la parte más externa del cerebro y también conocida como la “Materia Gris” (*gray matter*)<sup>13</sup>, presentando una superficie rugosa y llena de pliegues<sup>14</sup>. Aclarándose que la Materia Gris es un tipo de tejido neuronal que compone el sistema nervioso central (SNC) formado principalmente por somas

neuronales<sup>15</sup> y dendritas carentes de mielina<sup>16</sup> junto con células gliales<sup>17</sup> //<sup>18</sup> y que, al carecer las dendritas de mielina no son capaces de transmitir rápidamente los impulsos nerviosos y por ello se la asocia con la función de procesamiento de información y el razonamiento. En esta función se completa la información necesaria para poder llevar a cabo los procesos más complejos dado que a esta región llega información que ya fue procesada parcialmente por otras estructuras del cerebro.<sup>19</sup>

La CORTEZA CEREBRAL o CÓRTEX se halla dividida en dos HEMISFERIOS CEREBRALES conectados por la parte central mediante un haz

---

<sup>13</sup> La MATERIA GRIS se relaciona con la inteligencia de un ser vivo, por lo que no es igual en todas las personas. La MATERIA GRIS no solo se encuentra en la Corteza Cerebral sino también en la Corteza Cerebelosa y en zonas profundas del cerebro como el Tálamo, Hipotálamo, Sub-Tálamo, los Ganglios Basales, putamen, globo pálido, núcleo accumbens, núcleos septales. También en zonas profundas del cerebelo como el núcleo dentado, el núcleo globoso, núcleo emboliforme y núcleo fastigial. Así como en el Tronco Encefálico junto con la sustancia negra, el núcleo rojo, los núcleos livares, núcleos en los nervios craneales y por último en la MÉDULA ESPINAL situándose en el centro y con forma de mariposa en un corte transversal.

<sup>14</sup> Hay estudios que indican que la superficie y el espesor cortical guardan relación directa con el estatus socioeconómico y por eso los niños pertenecientes a niveles más pobres mostrarían un peor desempeño en los tests lingüísticos dado el menor tamaño y la forma de zonas implicadas en procesos cognitivos superiores (cfr. Noble, K. 2017).

---

<sup>15</sup> Soma o cuerpo celular es el centro metabólico de la neurona. Es el lugar donde se fabrican las moléculas y se realizan las actividades fundamentales para mantener la vida y las funciones de las células nerviosas.

<sup>16</sup> Sustancia que envuelve y protege los axones de ciertas células nerviosas y cuya función principal es la de aumentar la velocidad de transmisión del impulso nervioso.

<sup>17</sup> Las células gliales desempeñan la función principal de soporte de las neuronas, además intervienen activamente en el procesamiento cerebral de la información en el organismo.

<sup>18</sup> El sistema nervioso está constituido por el tejido nervioso compuesto por dos tipos de células: las células nerviosas o neuronas y las células de sostén o neuroglia. Debiendo a ellas sumarse las regiones secretoras y los vasos sanguíneos.

<sup>19</sup> Al final se verá que no hay una intervención jerárquicamente prevalente o principal sino que hay partes y funciones que se complementan y por ello vale mejor hablar de una red de procesamiento cognitivo.

de fibras nerviosas (cuerpo calloso) que les permite comunicarse y los delimita, estando ambos separados superficialmente por la *cisura o fisura interhemisférica o intercerebral*.- El Hemisferio Izquierdo se considera lógico, analítico y objetivo mientras que el Hemisferio Derecho es intuitivo, creativo y subjetivo.

A su vez cada uno de estos hemisferios se subdivide en cuatro partes o secciones llamados lóbulos

- a. **Lóbulo parietal**, que se encuentra en medio del lóbulo frontal y el occipital, encargado principalmente de procesar la *información sensorial* que llega de todas las partes del cuerpo y es capaz de relacionar esta información con el reconocimiento de números. además recibe información visual proveniente del lóbulo occipital y hace posible el control de los movimientos;
- b. **Lóbulo occipital**, es el menor de los lóbulos del cerebro y se encuentra en la zona posterior del cráneo, *cerca de la nuca es la primera zona a la que llega la información visual*,<sup>20</sup>

por lo que tiene un papel crucial en el reconocimiento de objetos y envía la información hacia los otros lóbulos.

- c. **Lóbulo temporal**: estos son dos los lóbulos temporales, uno en cada hemisferio, y se encuentran a los laterales del cerebro, *pegados a las sienes*. Sus funciones tienen que ver con la memoria y el reconocimiento de patrones en los datos provenientes de los sentidos. Asimismo, también dentro del lóbulo temporal izquierdo se encuentra el *área de Wernicke*<sup>21</sup> que participa de la comprensión sonora del lenguaje y las palabras y se conecta con el área de Broca que procesa la gramática.
- d. **Lóbulo frontal**. Este es el más grande de los lóbulos del cerebro, caracterizándose por su rol en el procesamiento de aquellas funciones cognitivas de alto nivel, como la *planificación, ejecución, control de la conducta, la posibilidad del establecimiento de metas, la previsión, la articulación del lenguaje y la regulación de las emociones*. Para simplificar: *el lóbulo frontal es*

<sup>20</sup> Aunque algunos investigadores (*Carretié et al, 2010*) sostienen que es el tálamo que distribuye inicialmente la información visual y la vía mejor descrita para la distribución de las entradas visuales partiendo desde el núcleo geniculado lateral del tálamo hasta la corteza visual. Si bien se trata de información

magnocelular y por ende carente de detalles, de todos modos tal información resulta suficiente para el desarrollo de procesos rápidos de evaluación.

<sup>21</sup> Por eso cuando se constatan lesiones en el área de Wernicke se experimentan dificultades de comprensión lingüística.

el sitio donde se aloja la inteligencia y las funciones superiores del cerebro humano y por ello ocupa una posición privilegiada en términos anatómicos, recibiendo la información de todas las modalidades sensoriales.<sup>22</sup>

También el LÓBULO FRONTAL presenta igualmente una gran sub-región que se llama el CÓRTEX PREFRONTAL o CORTEZA PREFRONTAL, que viene compuesta por seis sub-subregiones cerebrales:

- i. **Corteza prefrontal orbitofrontal o Ventral (CPFOF)** que, como dijimos, se encuentra justo detrás de la frente (por encima de la concavidad de los ojos) y reconoce el olfato, el procesamiento no verbal y está relacionada con el procesamiento cognitivo de la *toma de decisiones* que impliquen recompensa (no temores ni odios) además de la asociación nombre-cara. Esta área ocupa aproximadamente un 30% de la corteza cerebral y se puede distinguir de otras áreas del lóbulo frontal por su composición celular,

---

<sup>22</sup> Esta complejidad de las funciones de la corteza prefrontal también se manifiesta a nivel celular, ya que las neuronas piramidales de esta corteza tienen 23 veces más espinas dentríticas (y por lo tanto sinapsis excitatoria) que las neuronas piramidales de cortezas sensoriales. (cfr. Valdez G., José Luis et al, 2006).

su *inervación dopaminérgica* o sus *aferencias*<sup>23</sup> talámicas (Davidson, Jackson & Kalin 2000; Fuster 1989). Además esta región guía a otras áreas para las rutas neuronales. Investigaciones realizadas en la Universidad de Leipzig muestran que la CPFOF se activa durante la realización de juicios de coherencia intuitiva y es una estructura importante para las decisiones relacionadas con los incentivos positivos (ganancias) además de poseer una elevada conectividad bidireccional con el córtex de asociación temporal, la amígdala y el hipocampo, ejerciendo una fuerte influencia en el procesamiento emocional. Usualmente los pacientes con daño en la COF acusar alteraciones en la empatía<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> En biología las *aferencias* (*inputs*) son todas las transmisiones de energía o conducción de sustancias en dirección aferente, es decir, que van hacia un sistema central desde sus ramificaciones periféricas como por ejemplo desde los bordes de una célula hacia el núcleo o bien desde los vasos capilares hacia el corazón o desde las neuronas de la piel hacia el cerebro. En cambio las *transmisiones eferentes* (*outputs*) son todas aquellas transmisiones de energía o conducción de sustancias en dirección eferente, es decir que van desde un sistema central hacia sus ramificaciones periféricas, como por ejemplo desde el núcleo de una célula hacia los brotes o desde el cerebro hacia las neuronas de la piel.

<sup>24</sup> cfr., [Wikipedia.es.org](http://Wikipedia.es.org). Es la capacidad de percibir, compartir y comprender (en un contexto común) lo que otro ser puede sentir. También es descrita como un sentimiento de participación afectiva de una persona cuando

y la teoría de la mente<sup>25</sup>. Por esa razón el daño frontal confirma las dificultades para alterar el patrón de decisiones inicial sobre la base de las contingencias que aparecen durante el transcurso del proceso decisional y tal déficit de base emocional se lo asocia fundamentalmente a las fuertes conexiones existentes entre la CPFOF, la ínsula y el sistema límbico en general (hipocampo, amígdala etc.).<sup>26</sup>

ii. **Corteza Prefrontal Medial**, esta subárea está ubicada en la región

---

se afecta a otra. Asimismo es de notar que la empatía es de carácter inconsciente, es decir que su procesamiento es inmediato y no da capacidad para racionalizar.

<sup>25</sup> Se la define como la habilidad de entender las intenciones de los otros. En este review los autores aluden a aquella actividad cognitiva compleja que permite que un individuo atribuya estados mentales a sí mismo y a otros. En síntesis trátase de un sistema que permite inferir e interpretar creencias y comportamientos, para luego poder predecirlos o controlarlos (cfr. Uribe Ortiz et. al, 2010:27).

<sup>26</sup> Es el caso testigo de Phineas Gage, el cual, siendo empleado del ferrocarril sufrió en 1848 un serio accidente en el lóbulo frontal. Luego del accidente sufrido y su admirablemente pronta recuperación, se empezaron a notar cambios radicales en su comportamiento, volviéndose un completo grosero y maleducado, de modo tal que "él ya no era él" y los estudios posteriores de neuroimagen confirmaron que el deterioro por lesión de una específica zona de la corteza prefrontal hace que se pierda capacidad para planificar el futuro y seguir las reglas sociales que previamente se han usado y para decidir sobre cursos de acción ventajosos.

central de la corteza prefrontal inferior (arriba de la anterior) cercana a la cisura interhemisférica. A su vez puede distinguirse la denominada corteza prefrontal ventromedial y la medial, estando esta última ubicada más al centro y ocupando la parte superior de dicha subárea. Soportando procesos como la inhibición, la detección y solución de conflictos, al igual que la regulación del *esfuerzo atencional (alerta)*. Participa también en la regulación de la agresión y de los estados motivacionales. Además, mantiene múltiples conexiones con muchas áreas sensoriales como el tálamo, responsable de la distribución de la información visual, la amígdala y otras áreas que modulan la actividad sensorial

iii. **La Corteza Prefrontal Dorsal o Dorso-Lateral (CPFDL)** está profusamente conectada con la anterior y se halla ubicada cerca del cráneo (o cabeza ósea) ocupando las regiones laterales y superiores de los lóbulos frontales. En esta subárea se aloja la *memoria ejecutiva* —(aunque no de forma exclusiva) y que resulta especialmente importante para responder al peligro cuando el sujeto se expone a una situación desagradable conocida, haciéndose necesaria su intervención para recuperar estrategias comportamentales

almacenadas para hacerle frente. También está involucrada en la *memoria de trabajo*. En resumen, las funciones asociadas son: a) *La memoria*: memoria de trabajo, memoria espacial, memoria a corto plazo, codificación y reconocimiento mnésicos, recuperación de información, memoria prospectiva y olvido intencional; b) *Motoras*: el control ejecutivo de la conducta; c) *El lenguaje*: Procesamiento sintáctico, comprensión de metáforas; fluencia verbal; categorización semántica, generación de frases y verbos; d) *Auditivas*: Procesamiento no verbal (estímulos monaurales); e) *Otras*: *Detección* (procesamiento de errores, atención a voces humanas, procesamiento de estímulos emocionales, razonamiento inferencial, toma de decisiones, planificación, cálculo/procesamiento numérico, procesamiento olores familiares, procesamiento de emociones placenteras y desagradables, respuestas estímulos térmicos dolorosos)

iv. **El Giro Cingulado**: yendo hacia el interior del cerebro, dentro de la porción medial del córtex prefrontal encontramos el *giro cingulado* (del latín “*Gyrus cinguli*”, que se traduce como giro, vuelta o circunvolución, con aspecto de cinturón) que cumple funciones

determinantes en la actividad cerebral del *sistema límbico* y envuelve parcialmente el cuerpo caloso que constituye el nexo entre los dos hemisferios cerebrales. El giro cingulado recibe información aferente (*inputs*) desde el núcleo anterior y el tálamo y también se conecta con las áreas somatosensoriales de la corteza cerebral.<sup>27</sup> Este se divide en dos partes: la *Corteza Cingulada Anterior (CCA)* y la *Corteza Cingulada Posterior (CCP)*, ambas partes *envuelven al sistema límbico*. La primera –como dijimos– cumple funciones determinantes en la actividad cerebral del sistema límbico, recibiendo proyecciones desde la amígdala cerebral e *interviniendo en la regulación de la conducta*. También es la transmisora de señales neuronales entre los hemisferios cerebrales -derecho e izquierdo- *permitiendo evaluar la justeza o bondad de una decisión a partir del análisis de situaciones que resultan ambiguas o conflictivas*. Además, participa en la optimización de las decisiones futuras sobre la base de las contingencias previas recibidas a lo largo del proceso de selección de op-

---

<sup>27</sup> La corteza somatosensorial es la encargada de registrar las sensaciones de *calor, frío, dolor, presión y la sensibilidad propioceptiva (posición de los músculos)*, localización del tacto, el movimiento profacial coordinado, la deglución voluntaria y el aprendizaje motor.

ciones (esto es muy importante). En cuanto a la segunda o *Corteza Cingulada Posterior (CCP)* recibe la mayoría de las proyecciones desde el hipocampo, formando el componente emocional del sistema de memoria y participa en la *creación de recuerdos permanentes*, algo de lo que adolecen las personas con Alzheimer.

- v. **La Corteza Motora (CM).** Se halla ubicada en la parte posterior del lóbulo frontal, delante del surco de Rolando y es responsable de los procesos de planificación, control y ejecución de los movimientos voluntarios de los músculos. La que a su vez sub-subdivide en cuatro partes:

**La Corteza Motora Primaria o Área M1,** es una región que en los seres humanos se encuentra en la parte posterior del lóbulo frontal, responsable de la generación de los impulsos neuronales que controlan la ejecución del movimiento. Esta se ubica en la pared dorsal de la circunvolución precentral o (“prerolándica”) y en la parte anterior del surco central o “cisura de Rolando”.<sup>28</sup> Traba-

ja conjuntamente con las áreas premotoras y contiene neuronas de gran tamaño, conocidas como células de Beltz cuyos largos axones descienden hacia la médula espinal para establecer sinapsis con las motoneuronas alfa, que a su vez están conectadas a los músculos.

**La Corteza Motora Secundaria,** que incluye a. *La Corteza Pre-motora o Área PRE-MOTORA (APM)* encargada de guiar los movimientos y el control de los músculos proximales y del tronco; b. *El Área MOTORA SUPLEMENTARIA (AMS)* encargada de la planificación y coordinación de movimientos complejos, como por ejemplo aquellos que requieren el uso de ambas manos y c. *La Corteza Parietal Posterior,* encargada de transformar la información visual en instrucciones motoras.

Las áreas M1 y 2 (APM) son estudiadas en conjunto como Corteza Prefrontal Órbitoventral (CPFOM) y está vinculada a los acontecimientos negativos/recuerdos negativos, recibiendo información desde las etapas tempranas del procesamiento visual.

<sup>28</sup> Como se sabe, el surco de Rolando o la Cisura de Rolando es una hendidura profunda en la corteza del cerebro, ubicada en la cara externa de ambos hemisferios cerebrales, en sentido lateral y ascendente, comenzando

en el medio del cráneo y deslizándose perpendicularmente hacia abajo hasta la altura de los oídos, separando el lóbulo frontal del lóbulo parietal, que son las dos áreas más grandes del cerebro..

vi. **La Corteza Insular o simplemente INSULA**, es una estructura que se encuentra en la profundidad de la superficie lateral del cerebro humano dentro del surco lateral (Cisura de Silvio). No es visible a simple vista debido a que está cubierta por tres áreas corticales que pertenecen al *lóbulo* frontal, al *lóbulo* temporal y al *lóbulo* parietal, conocidas como opérculos. La ínsula forma parte del mesocórtex, o sistema paralímbico, junto al orbitofrontal y a otras estructuras y se trata de un centro de conexión entre el sistema límbico y el neocórtex, participando en muy diversas funciones, ya sea directa o indirectamente. A su vez, la ínsula reconoce diferentes partes encargadas de diversas tareas. Concretamente se divide en dos partes: I. la *ínsula anterior* es la más grande y II. la *ínsula posterior*, la más pequeña, estando ambas separadas por el surco insular central. La parte posterior se encuentra más inervada con las neuronas relacionadas con las distintas partes del cuerpo y por lo tanto esta región va a vincularse más con las vísceras y órganos internos, mientras que la parte anterior se encuentra vinculada con el sistema límbico, siendo su funcionalidad más orientada a la integración emocional de las experiencias y percepciones como

una sensación unitaria y global. De modo tal que la ínsula influye en una gran cantidad de procesos básicos y superiores, relacionados con el pensamiento abstracto y la toma de decisiones y es un elemento de gran importancia para el correcto funcionamiento e incluso la supervivencia del organismo (percepción del gusto y el olfato, control visceral y somato percepción, empatía y reconocimiento emocional, así como en las adicciones, deseos y el craving o intenso deseo de consumo), por eso, por su importancia se predica que es el quinto lóbulo.

Ahora seguimos nuestro viaje hacia el interior del cerebro y allí encontramos

### 1.3 Los ganglios basales

Se trata de unas estructuras situadas por debajo de la corteza cerebral, distribuidos de forma simétrica bajo cada uno de los hemisferios y que nos permiten realizar movimientos relativamente complejos y precisos de manera casi automática (como escribir, hablar, modificar nuestras expresiones faciales de manera voluntaria).

Consisten en *cúmulos de materia gris (gray matter)* o sustancia gris que poseen un gran número de conexiones

con otras zonas del cerebro, como la corteza o el tálamo, tanto a nivel de aferencias como de eferencias (recibiendo información de otras áreas cerebrales). Son el más claro ejemplo de sustancia gris en el interior del cerebro, actuando como zonas de relevo. Intervienen en todos los aspectos del control motor pero sin embargo no pueden equipararse al área motora primaria (M1) de la corteza cerebral ni pueden considerarse núcleos motores en sentido estricto ya que cuando se lesionan no producen parálisis.

Una de las funciones principales de los ganglios basales es la *regulación y gestión de las acciones motoras voluntarias*, que permiten marcar el final de un movimiento, planificar secuencias y corregirlas en caso de necesitar hacerlo. Otro de los aspectos en que los ganglios basales se ven involucrados (juntamente con el cuerpo estriado) es en el aprendizaje procedimental, en la focalización de la atención, la regulación de la conducta motivada y la selección de acciones en función de la recompensa esperada. Por último, los ganglios basales se sitúan en una zona denominada cuerpo estriado.

**EL CUERPO ESTRIADO<sup>29</sup>**, conocido también como “núcleo estriado”

<sup>29</sup> La mayoría de trastornos y enfermedades relacionados con el cuerpo estriado afectan a los movimientos, tanto a los voluntarios como a los automáticos. La enfermedad de

y “neocortical”, es una parte subcortical (al interior del encéfalo) del telencéfalo y constituye *la principal vía de entrada de información hacia los ganglios basales* y, a su vez, recibe información de la corteza cerebral. Ahora ya estamos en el centro geográfico del cerebro.

El cuerpo estriado tiene un papel importante en los circuitos motores y en todo lo relacionado con la regulación de los *movimientos tanto intencionales como automáticos*.<sup>30</sup> El núcleo estriado está conformado por el *putamen*, el *núcleo caudado*, el *núcleo accumbens*, el *tubérculo olfativo*, el *globo pálido*, la *sustancia negra* y el *núcleo subtalámico*.

Veremos seguidamente en qué consisten.

**A. PUTAMEN** es una estructura situada en *el centro del cerebro* que junto con el núcleo caudado conforma el núcleo estriado. Es uno de los tres núcleos principales de los núcleos basales del cerebro, los cuales se encargan principalmente

Parkinson y la de Huntington son dos ejemplos básicos de disfunción en los ganglios basales. Sin embargo, ciertas alteraciones psicológicas parecen influidas por el funcionamiento de esta estructura, principalmente en relación a su rol en el sistema cerebral de recompensa. Ejemplos de esto son el trastorno bipolar, el trastorno obsesivo-compulsivo, la depresión y ciertas adicciones.

<sup>30</sup> Algo que fue recientemente confirmado.

del control motor del cuerpo humano. Tiene un papel central en la mayor parte de FUNCIONES MOTORAS del cuerpo estriado.

B. Por su parte, los **núcleos CAUDADOS** se encuentran cerca del centro del cerebro y en la profundidad de los hemisferios cerebrales. Estos núcleos, junto al cerebelo, participan en la modulación del movimiento, en forma indirecta, desde la corteza a los núcleos y de estos de vuelta a la corteza motora vía núcleos. El núcleo caudado es muy inervado por *neuronas dopamínicas*. Estas neuronas se originan principalmente del *área tegmental ventral (VTA)*<sup>31</sup> y de la *sustancia negra (SNC)*. También hay entradas adicionales de distintas cortezas asociadas. También

está involucrado en FUNCIONES COGNITIVAS (aprendizaje), ya que recibe proyecciones de áreas de asociación de la corteza y las envía a la corteza prefrontal.

C. El **globo pálido** es uno de los tres núcleos que forman los núcleos basales, transmitiendo información desde el putamen y el caudado hacia el tálamo. Se llama así porque presenta axones bien mielinizados y también se halla ubicado bien al centro del cerebro.

D. El **núcleo accumbens** y el **tubérculo olfatorio** es un grupo de neuronas del encéfalo ubicadas en la confluencia entre el núcleo caudado y la porción anterior del putamen. Junto con el tubérculo olfatorio constituyen la parte ventral del cuerpo estriado, que es parte de los ganglios basales. El principal tipo neuronal que se encuentra en el núcleo accumbens es la neurona de proyección espinosa media y el neurotransmisor generado por estas neuronas es el *GABA (ácido gamma amino butírico)* que es un importante inhibidor del sistema nervioso central (SNC). Pero algunas investigaciones de los años 50' y 60' afirman que esta área es el “centro del placer” del cerebro y se lo vincula con la copulación, la música y las adicciones. También se lo asocia particularmente con

---

<sup>31</sup> El ATV, al igual que la *substantia nigra*, se encuentra poblada por neuronas dopaminérgicas pigmentadas con *melanina*. Recientes estudios han sugerido que las neuronas dopaminérgicas comprenden entre el 50 y el 60% de todas las neuronas del ATV, lo que resulta contrario a la evidencia previa que afirmaba que el 77% de las neuronas dentro del ATV eran dopaminérgicas. Además existe una población medible de neuronas GABAérgicas en el ATV. Estas neuronas GABAérgicas regulan el disparo de sus contrapartes dopaminérgicas y envían proyecciones a través del cerebro, hacia, pero no limitado a, las siguientes regiones: la corteza prefrontal, el *nucleus accumbens*, y el *locus coeruleus*. El ATV contiene además un pequeño porcentaje de neuronas excitatorias glutamatérgicas.

respuestas emocionales en etapas tempranas del “amor romántico” o estado de enamoramiento y de apego.

- E. **La sustancia negra**, es una porción heterogénea del mesencéfalo y un elemento importante del sistema de ganglios basales (aunque no se la considera como tal) En la parte compacta de la sustancia negra se encuentran neuronas dopaminérgicas cuya función está relacionada con el *aprendizaje*.
- F. **El núcleo subtalámico**, es una estructura celular situada en el diencefalo o sea, la parte central del cerebro humano y se lo considera un componente del cuerpo estriado e indirectamente, de los ganglios basales (pero sobre esto hay discusiones). Las neuronas de los núcleos subtalámicos son *glutamatérgicas* (Glutamato como neurotransmisor) excitatorias y poseen muchas conexiones con el globo pálido y la sustancia negra.

racional” que correspondería a las zonas ocupadas por la corteza cerebral (especialmente el lóbulo frontal). Sin embargo, ni el sistema límbico ni el córtex pueden funcionar bien de manera independiente. El sistema límbico responde a ciertos estímulos ambientales produciendo respuestas emocionales ante ello; como miedo, alegría, ira-enojo o tristeza. Sintetizando: es la parte del cerebro especializada en *la gestión de las emociones*, el aprendizaje y la memoria.

Si bien pueden identificarse diferentes partes que lo componen, aclaramos que se basa *más en relaciones funcionales que en estructuras anatómicas*. De otra parte, se mantiene una fuerte controversia sobre la definición de lo límbico ya que, si inicialmente cuando se acuñó la palabra, se postuló que el área límbica era sólo el centro instintivo y emocional del cerebro, quedando las actividades cognitivas, intelectuales y racionales como una actividad típica del neocórtex, pronto se descubrió que tal taxativa diferenciación era más bien difusa, puesto que, por ejemplo, una lesión en el hipocampo acarrea graves deficiencias cognitivas. Más aun, últimamente se han descubierto multitud de funciones asociadas a las diferentes estructuras que lo componen y a su funcionamiento conjunto. De modo que ya no sólo impacta en las emociones, sino que también

Ahora pasemos al

#### 1.4 Sistema límbico

Se denomina sistema límbico al conjunto de estructuras encefálicas consideradas como “*cerebro emocional*” -en contraposición al “cerebro

resulta de vital importancia *en la motivación, el desarrollo de aprendizajes y la memoria*. Por eso, al pensar en el Sistema Límbico debemos ir más allá de la consideración del mismo como cerebro emocional.

Veamos ahora cuáles son las

#### 1.4.1. Funciones del sistema límbico

Se encarga de la motivación por la preservación del organismo y la especie (comer, dormir, instintos sexuales, entre otros), la integración de la información genética y ambiental a través del aprendizaje, la tarea de integrar nuestro medio interno con el externo antes de realizar una conducta, la memoria. Ahora veamos

¿Cuáles son sus **COMPONENTES**? El sistema límbico no es una región anatómicamente exacta del encéfalo, sino que es más bien una **RED DE NEURONAS DISTRIBUIDAS POR EL CEREBRO** y que quedan mezcladas entre muchas estructuras diferentes (corticales, nucleares y de asociación). Sin embargo se pueden señalar partes del encéfalo que tienen un papel de suma importancia dentro de la red de interconexiones del sistema límbico y que, por lo tanto, sirven para darnos una idea sobre cuáles son las zonas por las que pasa este circuito. Ellas son:

**EL LÓBULO LÍMBICO:** circunvolución del cuerpo calloso, la circunvolución subcallosa y el giro parahipocampal.

**FORMACIONES HIPOCÁMPICAS:** hipocampo dorsal e hipocampo ventral (formado por el asta de Amón, cuerpo franjeado, giro dentado y el subículo)

El **HIPOCAMPO** es una estructura alargada situada en la parte interna de los lóbulos temporales, muy cerca del tálamo y las amígdalas; encuadrado dentro de la arquicorteza (parte de la corteza cerebral más antigua, es decir, que apareció pronto en la línea evolutiva del ser humano). El hipocampo es el componente principal de los sistemas de la memoria, desempeñando un papel primario en el aprendizaje normal y la retención. *Actúa obteniendo fotografías de los diferentes elementos y rasgos contextuales de una escena, de tal manera que en el futuro, cuando tiene lugar la representación de una parte de la escena se activa el conjunto y puede recordarse.* La lesión del hipocampo izquierdo altera la memoria verbal y la del derecho la memoria visual.

**COMPLEJO AMIGDALINO:** El complejo *amigdalino* es un conjunto de núcleos que *se localizan en la profundidad del lóbulo temporal*, y que guardan estrecha relación con el sistema lím-

bico. Está constituido por diferentes núcleos con fibras que conectan el hipocampo, los ganglios basales, el hipotálamo, el tálamo y los núcleos del tronco cerebral, desempeñando un papel fundamental en el procesamiento emocional, el aprendizaje y la atención (corteza periamigdalina, núcleo amigdalino y estría terminal).

**5. LA AMÍGDALA:** es un conjunto de neuronas que se agrupan en la cara interna del lóbulo temporal de cada uno de los hemisferios. Las amígdalas cerebrales, tienen forma de almendra y están situadas al lado de cada hipocampo, o sea que hay una en cada uno de los hemisferios del cerebro. Forman parte del sistema límbico y juega un papel clave en los procesos mentales relacionados con la memoria emocional y los aprendizajes vinculados a esta. También está involucrada en el condicionamiento apetitivo. Y, no menos importante, en la consolidación de la memoria.

El **ÁREA SEPTAL**. Compuesta por estructuras que se encuentran por debajo del pico del cuerpo caloso en la parte delantera de la lámina terminal compuesto por neuronas de tamaño medio agrupadas en grupos: medial, lateral y posterior. (compuesto por el cuerpo caloso, el fórnix y las fibras de asociación). Está estrechamente asociada al hipocampo, motivo por el cual también colabora en la regulación de la conducta agresiva, la rabia y la

modulación de la actividad endócrina a través del eje hipotálamo-hipofisiario. En el área septal se generan sensaciones como el placer y el displacer, así como el erotismo y la procreación. El *área septal* se compone del cuerpo caloso, el fórnix y las fibras de asociación y todos ellos reciben fibras aferentes desde múltiples localizaciones: del bulbo olfatorio por la estría olfatoria medial, del hipocampo por el fórnix, del cuerpo amigdalino por la estría terminal y también de la corteza prefrontal. Así pues, son un centro de relevo crucial, un centro de asociación entre el rinencéfalo, la corteza visceral, el hipotálamo y el epitálamo. Los núcleos septales envían sus fibras eferentes hacia el hipotálamo y el epitálamo.

**7. Las FORMACIONES OLFATORIAS:** bulbo, pedúnculo olfatorio, estría olfatoria y lóbulo piriforme.

**8. NÚCLEO DORSO MEDIANO** y núcleo anterior del tálamo óptico.

Ahora volvemos a la **CORTEZA ORBITOFRONTAL (COF)**: Anatómicamente, la COF se define como la parte de la corteza prefrontal que recibe proyecciones desde los núcleos mediales magnocelulares del tálamo mediodorsal. Su nombre se debe a su posición, ya que se encuentra situada inmediatamente sobre las órbitas en las que se ubican los ojos y la imagen así lo demuestra.. Se considera a la COF como *la válvula de salida de las órdenes "emocionales" hacia zonas del*

*lóbulo frontal encargadas de la planificación y creación de estrategias. Por tanto, tiene un importante papel a la hora de aplacar los “impulsos irracionales” que llegan del sistema límbico y hacer pasar solo parte de estas señales, aquellas que servirán para definir bien los objetivos de las acciones con metas a medio o largo plazo. Concretamente, se cree que la COF humana regula la planificación conductual asociada a la sensibilidad a la recompensa y el castigo.*

- **MESENCÉFALO (CEREBRO MEDIO)**

El mesencéfalo (cerebro medio), está situado debajo de la parte central del cerebro anterior, coordinando todos los mensajes que llegan al cerebro y los que salen hacia la médula espinal. Siendo formado por a. el **TECTUM** que se localiza en la porción dorsal del mesencéfalo y sus funciones están relacionadas con reacciones automáticas ante estímulos auditivos y controlando los movimientos oculares y b. el **TEGMENTUM**: que se localiza debajo del tectum. Dividido a su vez en 3 regiones (la sustancia gris, el núcleo rojo y la sustancia negra), forma parte del sistema motor.

- **EL ROBENCÉFALO (CEREBRO POSTERIOR)**

Se encuentra localizado entre la parte inmediatamente superior de la médula espinal y el mesencéfalo. Se encarga de controlar las funciones

vitales como *la respiración y la circulación de la sangre*. Está formado por tres estructuras **1. el BULBO RAQUÍDEO**, la parte inferior del tronco encefálico, actuando de enlace entre el encéfalo y la médula espinal. **2. el PUENTE**: Funciona como puente entre el tronco encefálico y el cerebelo. Recibe la información de la vista y realiza funciones de los patrones de sueño y la vigilia y **3. el CEREBELO**, una de las partes del cerebro con una mayor concentración de neuronas y entre sus muchas funciones la más estudiada es la regulación y monitorización de movimientos complejos que requieren una cierta coordinación. También tiene un papel en el mantenimiento del equilibrio al estar de pie y caminar.

Destacamos aquí que el rombencéfalo y el mesencéfalo forman **EL TRONCO ENCEFÁLICO** que es la parte del encéfalo que está más directamente conectada con la médula espinal. *Envía y coordina todos los mensajes cerebrales*. También controla muchas de las funciones que el cuerpo realiza automáticamente, como la respiración, el ritmo cardíaco, la presión arterial, el tragar, la digestión y el parpadeo.

- **EL DIENCÉFALO**

A medida que el feto crece el prosencéfalo o cerebro anterior se divide en dos secciones: el diencéfalo y el telencéfalo (acompañando el creci-

miento de todo el SNC). El diencéfalo se localiza en la región medial, entre los hemisferios y el tronco del encéfalo y consta de diversas estructuras que se encuentran conectadas entre sí y con el resto del SNC, además de relacionarse con el sistema endócrino. Ellas son: **1. El TÁLAMO.** Que funciona como núcleo de relevo para las conexiones entre la corteza cerebral y las estructuras subcorticales y se encarga de enviar los mensajes procedentes de los órganos sensoriales (excepto las olfativas) a la corteza cerebral, para que allí se siga procesando la información que ha empezado a sintetizarse en él. También esta estructura tiene un papel en la regulación de la conciencia y del ciclo sueño-vigilia influye en la motricidad a través de las aferencias que se proyectan desde el tálamo a los ganglios basales y al cerebelo. **2. El HIPOTÁLAMO.** Que se sitúa debajo del tálamo y forma parte del Sistema Límbico, encargándose principalmente de hacer que todo el organismo se encuentre en equilibrio en todos los sentidos (homeostasis): controla la temperatura del cuerpo, niveles de hormonas en sangre, ritmo de la respiración y otros procesos corporales que ocurren en el organismo de forma automática. Es una de las zonas más involucradas con la regulación de las emociones porque controla. **3. La GLÁNDULA PITUITARIA O HIPÓFISIS,** esta glándula es el nexo

entre neurona y hormonas y es muy importante para el crecimiento y la regulación de los riñones, para la función sexual y la reproducción. Ella consta de dos lóbulos; la hipófisis anterior o adenohipófisis y la posterior o neurohipófisis. Mientras que la neurohipófisis secreta oxitocina y vasopresina, sintetizadas por el hipotálamo, la adenohipófisis produce y libera corticotropina, hormona del crecimiento, prolactina, hormona luteinizante<sup>32</sup> y hormona estimulante del folículo, entre otras. **4. EPITÁLAMO.** Esta estructura cerebral esta compuesta principalmente por la glándula pineal, fundamental en los ciclos circadianos y estacionales y la hipófisis, implicada en la función de los neurotransmisores dopamina, noradrenalina y serotonina. **5. SUBTÁLAMO.** Que se encuentra unido al globo pálido, uno de los núcleos principales de los ganglios basales, cumpliendo un rol regulatorio en los movimientos involuntarios; **6. RETINA Y NERVIO ÓPTICO,** desarrollados a partir del diencéfalo y **7. El TERCER VENTRÍCULO.** Estos permiten la circulación del líquido cefalorraquídeo, que cumple funciones similares a las de la sangre en el encéfalo y la

<sup>32</sup> Hormona de naturaleza glucoproteica que induce la maduración final del folículo, la secreción de estrógenos, la ovulación, la formación del cuerpo lúteo y la secreción de progesterona.

médula espinal, además de proteger el tejido neural de golpes y lesiones.<sup>33</sup>

Luego de este fugaz recorrido de nociones básicas sobre neuroanatomía y neurofisiología introducimos las siguientes

#### 1.4.2 Observaciones preliminares

- Contrario a lo que se cree, el proceso de toma de una decisión es mucho más emocional que racional. Es decir, lejos se está de creer que la toma de decisiones implica sopesar o contabilizar los pro y los contra que resultan de una elección determinada. Las emociones guían la toma de decisiones, simplificando y acelerando el proceso y atenuando el posible conflicto entre opciones similares. Los recuerdos profundos, la memoria de anteriores situaciones —propias o ajenas— intervienen en esta etapa conformativa, previa a la decisión.
- Experimentos en roedores han demostrado que las lesiones, así como los padecimientos pre y postnatales (dietas isocalóricas y/o bajas en proteínas) y las alteraciones ambientales, afectan sensiblemente el desarrollo de la conectividad neuronal, produ-

ciendo una disminución de las ramificaciones dendríticas de la neuronas.

- La topografía del cerebro es mucho más sofisticada y complicada de lo que se piensa, por lo que se coincide en afirmar que no cabe atribuir a una exclusivamente, sino a muchas áreas que intervienen en el proceso decisorio. No hay un único centro, sino que cuando el cerebro piensa la energía circula por todas sus partes. Entonces, más que a una organización jerárquica conviene referirse a una *red de participantes*.

Dejaremos para el final la cuestión del “viaje de salida” y las respuestas a la primera pregunta y ahora proseguimos con la segunda pregunta de nuestra investigación.

## 2. Segunda parte

*¿Qué sustancias químicas actúan para preparar dicho proceso decisorial?*

Sabemos que existen dos sistemas que gobiernan la comunicación y el funcionamiento interno de nuestro cuerpo: el sistema nervioso (o SNC),<sup>34</sup>

<sup>33</sup> Cfr. autor: Alex Figueroba en <https://psicologíamente.net/neurociencias/diecefalo>, acceso en 12—11-17.

<sup>34</sup> Por razones de brevedad nos hemos concentrado en al *sistema nervioso central* (SNC) constituido por la médula espinal y el encéfalo (cerebro, bulbo raquídeo y cerebelo-) y hemos

regulado por señales eléctricas y el sistema endocrino<sup>35//36</sup> que regula las funciones metabólicas del cuerpo, principalmente a través de las hormonas. Sin embargo por muchos años se creyó que eran dos sistemas aislados. Al presente podemos afirmar que estamos frente a un sistema neuroendocrino,<sup>37</sup> debido a la superposición e interrelación entre ambos sistemas, ya que el sistema nervioso controla la secreción hormonal y las hormonas afectan el funcionamiento del sistema nervioso.<sup>38</sup> Es decir, ambos actúan coordinadamente frente a los

diversos sistemas celulares. El sistema neuroendocrino se fundamenta en diversos sistemas de comunicación química distribuidos por todo el cuerpo, que utilizan hormonas en la sangre como la principal fuente de transmisión de información y es responsable de un gran número de funciones esenciales de desarrollo y activación, ejerciendo efectos significativos sobre el cerebro y el funcionamiento mental.

De modo que los procesos mentales llevados a cabo por el cerebro, desde la gestión de las emociones hasta la planificación y creación de estrategias, pasando por la realización de movimientos involuntarios –vgr. la digestión- y el uso del lenguaje, es el resultado de la interacción de una vasta red de neuronas que, de manera electroquímica, hacen que las diferentes partes del cerebro funcionen de manera coordinada, y para ello es necesario que cuenten con un modo de comunicación capaz de adaptarse a muchas situaciones. Entre las principales sustancias químicas intervinientes en la actividad cerebral se encuentran los neurotransmisores, las hormonas y los neuropéptidos.

## 2.1. Los neurotransmisores

Son sustancias químicas creadas por el cuerpo que transmiten información desde una neurona hasta la siguiente

---

omitido hacerlo respecto del sistema nervioso periférico formado por las fibras nerviosas que comunican los órganos internos, los músculos y la piel con la médula espinal.

<sup>35</sup> El adjetivo endócrino es una formación científica moderna a partir del griego *endo* = “interior” y *crino* = “referido a la excreción”. El sentido que se pretende es que “vierte hacia adentro”.

<sup>36</sup> El sistema endocrino está compuesto principalmente por glándulas que producen mensajeros químicos llamados hormonas. Entre las glándulas del sistema endocrino se encuentran la glándula pituitaria, la glándula tiroides, las glándulas paratiroidales, el timo y las glándulas adrenales

<sup>37</sup> El Sistema Neuroendocrino: hipotálamo, hipófisis y su funcionamiento. Se consideró que la regulación química pertenecía al sistema endocrino, el cual está formado por el conjunto de glándulas que sintetizan hormonas y las liberan a la circulación sanguínea

<sup>38</sup> El punto de encuentro y coordinación es el hipotálamo. A través de la liberación de hormonas, el hipotálamo se encarga de la regulación de la temperatura del cuerpo, la sed, el hambre, el estado anímico y otras cuestiones de gran importancia.

a través de unos *puntos de contacto llamados sinapsis*.<sup>39</sup> Cuando esto ocurre, la sustancia química se libera por las vesículas de la neurona pre-sináptica,<sup>40</sup> atraviesa el espacio sináptico y actúa cambiando el potencial de acción en la neurona post-sináptica.

Se han identificado un sinnúmero de moléculas que cumplen una función neurotransmisora en el sistema nervioso.<sup>41</sup>

La síntesis de los neurotransmisores ocurre en el citoplasma de las neuronas, el proceso de empaquetamiento de los neurotransmisores está mediado por una familia de proteínas transportadoras localizadas en la membrana de las vesículas sinápticas. El neurotransmisor adecuado abre la pared celular para dar entrada a diminutos elementos que dan lugar a la modificación eléctrica de la célula acoplada. A su vez, un neurotransmisor sólo puede actuar sobre su célula productora y regular la liberación de sí mismo o de otros neurotransmisores.

Los neurotransmisores pueden ser agrupados en dos grandes familias: *moléculas pequeñas* y *neuropéptidos*. Las moléculas pequeñas más prevalentes que cumplen una función neurotransmisora son: *los aminoácidos (glutamato, aspartato, ácido alfa-amino butírico [GABA] y glicina), acetilcolina, y aminas biógenas o monoaminas (dopamina, adrenalina, noradrenalina, serotonina [5HT], histamina)*. Para que el cerebro funcione normalmente debe disponer de todos los mensajeros químicos o neurotransmisores, en las proporciones adecuadas. Cualquier alteración de los niveles normales o cualquier lesión de las áreas sensibles a ellos tiene efectos sobre la manera de pensar, sentir, actuar y reaccionar.

Entonces nuestra armonía interior depende de *una eficiencia química*

---

<sup>39</sup> La comunicación entre neuronas ocurre por lo menos a través de tres mecanismos diferentes: *sinapsis eléctricas, interacciones efápticas y sinapsis química*. La *sinapsis química* constituye el mecanismo más común de interacción entre las neuronas del sistema nervioso y son consideradas las unidades funcionales y estructurales básicas de los circuitos neuronales. La característica fundamental de la transmisión de información en este tipo de sinapsis es la liberación, por parte de una neurona determinada, de moléculas denominadas neurotransmisores, que tienen la capacidad para modificar el estado fisiológico de otra u otras neuronas, o de sí misma.

<sup>40</sup> La neurona que libera el neurotransmisor se la llama neurona presináptica, mientras que a la neurona receptora de la señal se la llama neurona postsináptica.

<sup>41</sup> Para que una molécula neuroactiva sea considerada como neurotransmisor debe: I. Poseer un mecanismo para su síntesis en las neuronas presinápticas; II. Tener una localización presináptica; III. Tener un mecanismo de liberación; IV. Su actividad sináptica debe ser replicable a través de la aplicación exógena de la molécula; V. Tener un mecanismo efector identificable (receptor) y de determinación de la señal.

*cerebral con neurotransmisores que viajan de ida y vuelta comunicando los centros emocionales con los pensantes.* Nuestra facultad de sentir, pensar y actuar; así como de permanecer en armonía con nosotros mismos depende del funcionamiento normal del cerebro, en niveles adecuados tanto de impulsos eléctricos como de neurotransmisores.

Cuando la producción de neurotransmisores es excesiva, deficiente o nula se presentan problemas mentales como la esquizofrenia, Parkinson, Alzheimer, depresión, etc.

El exceso de un químico o la escasez de otro pueden desencadenar periodos de conductas inadecuadas como momentos de euforia inesperados o sensación de angustia sin motivo aparente, seguidos de estados depresivos. En el ámbito de la medicina para poder restaurar el equilibrio entre distintos neurotransmisores, se utiliza el suministro de determinadas drogas.

Ahora veamos las

---

272

### 2.1.1. Características de los neurotransmisores más importantes

Dentro de aquellas sustancias que actúan a nivel cerebral contribuyendo a la transmisión de información entre las diferentes neuronas, podemos

destacar las más importantes con sus principales funciones y en la región donde se localizan:

#### a. Dopamina

Se libera en unas neuronas que se originan en una zona del cerebro llamada *sustancia negra* y en el *hipotálamo*. Desempeña una función importante en el control del sistema musculoesquelético (coordinar el movimiento) y es un neurotransmisor esencial para el funcionamiento del sistema nervioso central; por eso desempeña un papel clave en la conducta humana,<sup>42</sup> y se le conoce como el *neurotransmisor de la felicidad*. Otros científicos lo llaman el neurotransmisor del aprendizaje, de la atención y de la memoria, porque tiene un efecto despolarizador en las neuronas, que hace que estén más dispuestas a dispararse favoreciendo una eficiente comunicación entre ellas. Muchas sustancias adictivas, como la nicotina, los narcóticos y el alcohol elevan los niveles normales de dopamina. *Se considera el centro del*

---

<sup>42</sup> El co-fundador y ex presidente de *Facebook*, *Sean Parker* explicó que cuando *Facebook* se estaba desarrollando, sabían que estaban creando algo adictivo que explotaba <una vulnerabilidad de la psicología humana>. El objetivo de la red era: “¿cómo podemos conseguir que consuman tanto tiempo y atención consciente como sea posible?”. Fue esta mentalidad la que llevó a la creación de funciones como el botón de “me gusta”, que daría a los usuarios un pequeño golpe de dopamina para alentarlos a subir más contenido.

*placer, regula la motivación y el deseo liberando tanto estímulos agradables como desagradables, generando que nos acerquemos o alejemos de la decisión, relacionándolo con el sistema de recompensas y castigos.*

#### **b. Serotonina**

Se encuentra en muchas células nerviosas del tronco cerebral y transfiere información por una vasta red de neuronas que regula muchas funciones orgánicas, incluyendo las emociones y los patrones del apetito y el sueño. Un alto nivel de serotonina reduce la actividad encargada de producir hambre y si baja el nivel aumenta el apetito. La serotonina, en niveles normales, tiene una influencia calmante estabilizando cuerpo y mente, lo cual evita que una persona se des controle desmedidamente por situaciones estresantes. Se estima que solamente 1 a 2% del total de la concentración de serotonina se encuentra en el cerebro. Gran parte de la serotonina se encuentra por fuera del sistema nervioso central, en las plaquetas y los mastocitos. Quienes presentan bajos niveles de serotonina experimentan diversos grados de obsesión, angustia y depresión; también se sabe que los asesinos y los iracundos que han llegado a cometer crímenes en arrebatos de ira, poseen bajos niveles de serotonina. Los medicamentos inhibidores de la recaptura

de serotonina son antidepresivos altamente efectivos y ampliamente utilizados en la práctica clínica, los hidratos de carbono contenidos en las pastas, el pan y otros alimentos son recomendables para mejorar los niveles de serotonina.

#### **c. Noradrenalina y adrenalina**

Producen efectos inhibitorios y excitatorios. Por este motivo también es frecuente que se dé más importancia a la *noradrenalina como neurotransmisor* y a la *adrenalina como hormona*, aunque *las dos actúen como tal*. De hecho, ambas sustancias interaccionan con el mismo tipo de receptores, conocidos como receptores adrenérgicos, y provocan los mismos efectos al unirse a ellos. Cuando se liberan al torrente circulatorio para que alcance a los diferentes órganos donde ejercerán su acción, actúan a distancia como hormonas. Cuando se liberan al espacio sináptico entre dos células contiguas, actúan como neurotransmisores.

*Ambas son hormonas y neurotransmisores*, la adrenalina actúa principalmente en forma hormonal y la libera la glándula suprarrenal y el principal neurotransmisor que actúa en el sistema nervioso es la noradrenalina. Desde un punto de vista funcional no hay diferencia entre las dos pero, si existen funciones específicas de cada una es algo aun desconocido.

Alteraciones de la neurotransmisión mediada por noradrenalina están asociadas a enfermedades del afecto como depresión, trastornos de ansiedad y procesos fisiológicos como el estado de alerta, atención, respuestas al estrés y el sistema de recompensa cerebral.

#### d. Glutamato

Es el *neurotransmisor excitatorio* más importante del sistema nervioso central, localizado en la gran mayoría de proyecciones nerviosas excitatorias del sistema nervioso en la corteza cerebral. Es el principal mediador de la información sensorial, motora, cognitiva, emocional e interviene en la formación de memorias y en su recuperación.

En los últimos años su estudio ha ido en aumento debido a su relación con diversas patologías neurodegenerativas, como por ejemplo la enfermedad de Alzheimer.

#### e. GABA

Es la abreviatura de *ácido alfa-aminobutírico*, al contrario del glutamato, es el principal neurotransmisor inhibitorio en el cerebro. Su rol consiste en inhibir o reducir la actividad neuronal jugando un papel importante en el comportamiento, la cognición y la respuesta del cuerpo frente al estrés. Ayuda a controlar el miedo y la ansiedad cuando las neuronas se

sobreexcitan. Se encuentra en grandes concentraciones en el cerebelo y menores concentraciones en el tálamo e hipocampo. Así mismo, desórdenes en la neurotransmisión mediada por el GABA han sido implicadas en la patogénesis de un número extenso de enfermedades neurológicas incluyendo la enfermedad de Huntington, el parkinsonismo, la epilepsia, la esquizofrenia, la demencia y las discinesias tardías. El equilibrio entre la transmisión glutamatérgica y GABAérgica es esencial para el mantenimiento de la homeostasis de los circuitos neurales.

#### f. Acetilcolina

La acetilcolina (Ach) es el neurotransmisor más ampliamente distribuido en el sistema nervioso, ayuda en la conducción de impulsos eléctricos entre las neuronas a través de la sinapsis y desde las neuronas hasta los músculos para producir contracciones. Su deficiencia produce debilidad progresiva y fatiga de los músculos voluntarios como los que se utilizan para caminar, masticar, hablar y respirar. Este neurotransmisor regula la actividad en áreas del cerebro relacionadas con la tensión, el aprendizaje, y la memoria. Los pacientes con Alzheimer por lo general tienen bajos niveles de acetilcolina en la corteza cerebral; por esto los fármacos usados la contienen.

## 2.2. Las hormonas

Una hormona es una sustancia química secretada por una célula o grupo de células, que ejerce efectos fisiológicos sobre otras células del organismo.

Las hormonas son de carácter proteico producidas por diferentes órganos con funciones secretorias, que son transportadas por el torrente sanguíneo hacia las diferentes partes del cuerpo y que producen efectos activadores o inhibidores sobre otras células del organismo.

En la comunicación endocrina u hormonal, las células de *las glándulas de secreción interna, vierten su mensajero, es decir, las hormonas, al torrente circulatorio.*

*Diferencia con los neurotransmisores.* Aunque existen diferencias importantes entre el modo de liberación y acción, los neurotransmisores y las hormonas comparten varias características comunes. Algunas hormonas

son locales y se liberan a los vasos sanguíneos regionales del cerebro e influyen en las neuronas de manera muy similar a los neurotransmisores. Estas neurohormonas son importantes por ejercer efectos moduladores generales bañando circuitos neuronales con hormonas específicas. La distinción clara entre hormonas y neurotransmisores también se difumina cuando se consideran que ciertas sustancias son tanto neurotransmisores como hormonas (ej., adrenalina y noradrenalina y serotonina). Aunque es posible que las hormonas modulen la transmisión neuronal quizás el actuar como un control amplificador no parecen funcionar como mensajeros químicos específicos en la hendidura sináptica. *En términos generales es posible distinguir las hormonas y neurotransmisores por su modo de liberación y la distancia que recorren* (cuadro comparativo extr. de Revista Cubana de Endocrinología, vol. 24, n° 1, La Habana 2013).

HORMONA	NEUROTRANSMISOR
Se liberan a cierta distancia de su célula blanco.	Se liberan en una neurona y se enlazan con los receptores de las células adyacentes.
Puede viajar por todo el cuerpo.	Es de acción local.
Utiliza la sangre como medio de transporte.	Viaja a través de la hendidura sináptica.
La acción hormonal es mucho más amplia.	Tienen un inicio y final bien definidos en cuanto a su acción.
Sirven solo como un medio de transmisión general de información.	Decodifican información específica.

*Efectos de las hormonas* Las hormonas, en su condición de factores epigenéticos, influyen en la conducta mediante los procesos de plasticidad, y provocan dos efectos principales: el organizador y el activador. El *efecto organizador* se refiere a la capacidad de las hormonas de influir en la citoarquitectura y estructura del cerebro de manera permanente durante el desarrollo, desde el período fetal hasta el final de la adolescencia, aunque algunos estudios sugieren que este efecto se mantiene más allá del período de la pubertad. El efecto organizacional puede también observarse en la acción de las hormonas tiroideas sobre la conducta. Las hormonas tiroideas son esenciales para el desarrollo de la neurona durante los últimos meses de la vida fetal y el primer año de vida. De producirse una carencia, se compromete la estructura y funciones de la red neuronal, y sobreviene un tipo de retraso mental llamado cretinismo. El *efecto activador* se relaciona con la activación de células diana<sup>43</sup> para facilitar conductas en contextos específicos. Se trata de influencias transitorias, puntuales,

determinadas por la concentración de las hormonas en cada instante.

### 2.2.1. Hormonas que actúan en el sistema nervioso central

#### a. Serotonina

Es una sustancia que *en la sangre se comporta como una hormona y en el cerebro como un neurotransmisor*. Las mayores concentraciones de serotonina no se encuentran en el cerebro sino en el tracto gastrointestinal, regulando la digestión. Niveles demasiados altos de esta hormona están ligados a la aparición de diarrea, mientras que un déficit excesivo ocasiona estreñimiento, y también influye en la aparición o ausencia del apetito. Un desajuste general en la producción de esta sustancia puede tener efectos drásticos sobre varios factores que afectan nuestra manera de sentir y comportarnos. Las personas que tienen bajas concentraciones de serotonina en sangre, suelen presentar síntomas de depresión. Otra de sus funciones es la de estabilizar el estado emocional del ser humano ante situaciones de tensión para inhibir la agresividad y conductas violentas. A lo largo del día, los niveles de serotonina suben y bajan describiendo las curvas que marca el ritmo circadiano, que es el horario que sigue nuestro cuerpo para saber cuándo toca dormir y cuando no. De esta manera, la serotonina actúa como un reloj interno

<sup>43</sup> Cada célula blanco o *diana* presenta receptores que al unirse con su hormona específica desencadenan una respuesta celular, de ahí su nombre, pues son blancos de la acción de una hormona determinada. ... Estas células producen hormonas amínicas y constituyen el denominado sistema APUD (Sistema Digestivo).

de nuestro cuerpo, para determinar los ciclos de sueño y vigilia.

### b. Adrenalina

Como hormona es secretada por las glándulas suprarrenales bajo situaciones de alerta o emergencia. Es la llamada hormona de la acción. Su función básica consiste en generar una eficaz adaptación al estrés, entendido como la capacidad de adecuarse a una determinada circunstancia. La adrenalina actúa cuando se produce una situación de tensión (agradable o desagradable) a la que el cuerpo debe adaptarse. La presencia de adrenalina es una respuesta involuntaria frente a la percepción del riesgo. Tiene efectos fisiológicos como aumentar la concentración de la glucosa en la sangre, aumentar la tensión arterial, aumentar el ritmo cardíaco, dilatar la pupila para tener una mejor visión y aumentar la respiración. Puede también estimular al cerebro para que produzca dopamina, hormona responsable de la sensación de bienestar, pudiendo crear adicción positiva. Es metabolizada por el hígado y se elimina por la orina.

### c. Oxitocina

Esta hormona y neuropéptido se sintetiza principalmente en el hipotálamo y se almacena en la hipófisis o glándula pituitaria desde donde será excretada al torrente sanguíneo.

La oxitocina tiene múltiples funciones a nivel central y periférico, que impactan en la persona tanto en los ámbitos relacional como orgánico. Cumple funciones relacionadas con la regulación de la conducta sexual, con la felicidad y con el sentimiento maternal y paternal. Contribuye a modular el estado de ánimo así como a fraguar las relaciones sociales entre las personas. Interviene en la memoria social, el emparejamiento, los lazos maternales, la confianza, el desarrollo cerebral, el aprendizaje y la memoria, el aumento de confianza y la disminución de la fobia social, la empatía y la capacidad relacional. Otras funciones más conocidas de la oxitocina se relacionan con el ciclo reproductivo, la lactancia y las contracciones uterinas pero también se encuentra implicada en la respuesta inmune, la percepción del dolor, la actividad cardiovascular, la digestión y gasto energético, la termorregulación y la tolerancia y dependencia a algunas drogas.

## 2.3. Los neuropéptidos

Son cadenas cortas de aminoácido que se sintetizan en el sistema nervioso. *Pueden actuar como neurotransmisores, neuromoduladores y como neurohormonas.*

Se trata de pequeñas moléculas encargadas de producir las respuestas

más inmediatas del sistema nervioso, transmitiendo señales sensitivas hacia el encéfalo y señales motoras hacia los músculos. Anteriormente ya nos referimos a la vinculación entre los neuropéptidos y los neurotransmisores.

Respecto a la vinculación con las hormonas, podemos concluir lo siguiente: hay determinadas hormonas que no son liposolubles y por tanto, no pueden pasar a través de la membrana celular como sucede con la adrenalina y la noradrenalina. (a diferencia de las hormonas esteroideas y tiroideas que pasan fácilmente a través de ella penetrando directamente en el núcleo, porque éstas sí son liposolubles). Las hormonas requieren de receptores que se encuentran en la superficie externa de la membrana plasmática, para poder constituirse como un primer mensajero químico. Pero necesitan de un segundo mensajero para trasladar el mensaje dentro de la célula donde tienen lugar las respuestas hormonales. Estos segundos mensajeros al unirse una hormona -que es el primer mensajero- a su receptor de la membrana activa proteínas reguladoras a esa membrana, que generalmente se tratan de proteína G (péptidos hormonales).

Una hormona puede ser peptídica, amínica o esteroidea, es decir que un péptido puede ser una hormona, dependiendo de cómo está compuesta

su cadena de aminoácidos. Entonces, según la estructura química que tengan va a determinar su actuación.

Los neuropéptidos tienen una función tanto estimulante como inhibitoria, dentro de ellas regular mecanismos de aprendizaje y memoria, control del dolor, comportamiento sexual, control neuroendocrino, la regulación gastrointestinal, la regulación del sistema inmune, etc.

#### a. Endorfina

Estos son *péptidos opioides* endógenos producidos por la glándula pituitaria y el hipotálamo. Se encargan de estimular las áreas cerebrales que producen placer al organismo. Estas sustancias son conocidas también como opiáceos endógenos, debido a que su composición química y su actuación es muy semejante a la de los derivados del opio, como la heroína y la morfina. Su ausencia o un bajo nivel de ellas induce sintomatología depresiva y ansiosa, haciendo más difícil superar situaciones adversas y traumas. Su actuación más conocida tiene que ver con las *sensaciones de placer*, creando una sensación de bienestar y calma tanto a nivel físico como mental, que induce la sensación de felicidad. De hecho, esto hace que su segregación sea percibida por el organismo como una especie de recompensa, lo cual nos lleva a repetir la

conducta que provoca ese mecanismo de liberación hormonal. La liberación de endorfinas inhibe o disminuye temporalmente la sensación de dolor tanto físico como psicológico, reduciendo el nivel de tensión y estrés inicial. Tienen gran relevancia ya que son el eslabón fundamental de la conexión entre la mente, el cuerpo y el vehículo del placer.

#### b. Encefalina

Interviene en la regulación del dolor y en la nocicepción corporal. También son producidos por la glándula pituitaria y liberadas como hormonas. Además, están involucradas en la liberación de dopamina, bloquean la secreción exócrina pancreática de insulina y glucagón,<sup>44</sup> relajan la musculatura del estómago y su acción tiene una vida muy corta.

Hasta aquí hemos descrito las distintas sustancias químicas que intervienen en el procesamiento cerebral de una decisión con sus distintos niveles de intervención: sea como neurotransmisores, como hormonas o como neuropéptidos. Dejando en claro que algunos, como es el caso de la adrenalina y la noradrenalina,

pueden actuar tanto como neurotransmisores como neurohormonas.

**Síntesis de la contestación a la 2ª. pregunta:** estimamos que los tres grupos influyen en el proceso decisorio, pero con una clara predominancia de las sustancias neurotransmisoras y las hormonales.

Habiendo terminado nuestro recorrido y explicación *pasamos a contestar la cuestión pendiente de la primera parte.*

#### 2.4. Contestación a la 1ª. pregunta

Por lo antes explicado, si intentamos dar una respuesta al primer interrogante (*¿qué regiones del cerebro se activan cuando nos disponemos a exteriorizar el consentimiento?*) decimos lo siguiente:

- **La ruta o portal de entrada** de una oferta ingresa por el córtex prefrontal, que es lo que comúnmente denominamos “la frente”, la región ubicada justo arriba de los ojos. Debiéndose aclarar aquí que se trata de un mecanismo complejo, donde actúan los mediadores químicos que condicionan la realización de juicios de coherencia intuitiva y de juicios de valor, regulando la motivación y el deseo y permitiendo trabajar conforme a metas determinadas de antemano.

---

<sup>44</sup> Hormona producida por el páncreas, formada por la unión de 22 aminoácidos, que se encarga de regular la cantidad de glucosa de la sangre.

- La siguiente “parada” parece ser el tálamo y los ganglios basales a él conectadas, distribuyendo la información sensorial que es enviada tempranamente, en bruto y pobre en detalles al área Prefrontal Ventro Medial .
- Un segundo circuito se da entre la Corteza Prefrontal Ventromedial (CPFVM) la amígdala y la ínsula. A su vez la amígdala actúa con el Hipotálamo y la Sustancia Gris que ya envían información para modular la atención. Esta estructura del sistema límbico desempeña un papel fundamental en la decodificación emocional de los estímulos ambientales. En particular, *la amígdala desempeña un papel muy importante en esta fase, reaccionando frente a situaciones de decisión novedosas que requieren evaluaciones rápidas y garanticen respuestas adaptativas en breves períodos*
- La tercera fase del recorrido se verifica en torno al **hipocampo**, fuertemente relacionado con la memoria, tomando fotografías de los diferentes elementos y rasgos contextuales de una escena y que en el futuro pueden reproducirse, total o parcialmente. De modo que los comportamientos ligados al temor se vinculan con esta parte del cerebro.
- Por último cabe mencionar las proyecciones con el área motora ejecutiva y los cambios autonómicos, que apoyan la ejecución motora, estando también relacionadas con el hipotálamo y la amígdala.

## 2.5. La “ruta de salida”

Ahora veamos cómo se conforma la “Ruta de Salida” para la exteriorización del consentimiento:

- a. El proceso de evolución en la red neuronal tiene como resultado *UNA DECISIÓN* que se ejecuta a través del **lóbulo frontal**. Ya que las redes neuronales convergen en los procesos cognitivos complejos, tales como juzgar, organizar, priorizar, valorar riesgos, hacer análisis críticos, desarrollar conceptos, elegir, planificar, tomar decisiones voluntarias y conscientes. Pues es el lóbulo frontal que dirige y regula cada una de estas operaciones mentales, luego del procesamiento realizado por la corteza pre-frontal.
- b. A su vez, dentro del lóbulo frontal *la corteza pre-frontal* desarrolla su función ejecutiva a través de la *integración de la información, permitiendo su elección y organización así como en el procesamiento y el control socioemocional*, en el trabajo

cooperativo y su responsabilidad en las funciones frontales debido a las conexiones entre la Corteza Prefrontal Ventro-Medial (CPFVM), la Corteza Cingulada Anterior (CCA) y la Corteza Prefrontal Dorso Lateral (CPFDL), con las respuestas que se filtran por *la amígdala, el tálamo* y con la consecuente producción de sustancias químicas, que motivan a tomar decisiones.

- c. Cada una de las regiones que integran la corteza prefrontal desarrolla funciones que el lóbulo frontal -como ruta de salida- deberá regular y coordinar para arribar a una decisión, que se verá materializada a través de la acción.
- d. Este proceso -como dijimos antes- no consiste simplemente en la evaluación racional de los costos y beneficios, ya que puede estar influenciado por lesiones (sean estas pre o postnatales), alteraciones ambientales (epigenéticas), emociones generadas a través de la percepción sensorial recibidas del mundo exterior, o por el contrario, a través de experiencias propias o ajenas que se graban en la memoria de cada persona interviniendo en la etapa formación.

**Síntesis de la contestación a la 1ª pregunta:** el cerebro humano con

un peso promedio de entre 1300 y 1400 gramos. y estando constituido por un 78% de agua, 10% de grasa y 8% de proteína, así como unos 86 millones de neuronas, contiene en su interior numerosas regiones y sub-regiones que complejizan su estudio integral, si bien todo el proceso decisional pasa por el córtex prefrontal.

### 3. Tercera parte

Hasta aquí hemos contestado -dentro de nuestras modestas posibilidades- las dos preguntas iniciales. Pero luego se plantearon otras cuestiones no menos importantes.

Por ejemplo: ¿supongamos que dentro de un proceso judicial o arbitral queremos demostrar la existencia de vicios en la formación del consentimiento -obviamente no visibles ni aparentes- de la parte a quien representamos y que para ello nos retrotraernos a uno o dos años o tal vez a un período de tiempo mayor? ¿qué hacer? ¿es posible después de tanto tiempo impugnar o nulificar el consentimiento prestado bajo condiciones de vulnerabilidad, temor, amenaza, engaño-seducción o falta de libertad?<sup>45</sup> ¿cómo probar esos extremos?

---

<sup>45</sup> El típico caso del enamorado/a : “cielo” firmame aquí o bien, mi amor: ¿me podrías firmar esta garantía?

Así entramos en una nueva fase de nuestra investigación que es la denominada "Foto del Cerebro" (Brain Image) y la *Reconstrucción por Neuroimagen*, buscando respuestas a los problemas de prueba procesal y, para ello, ya no la neurociencia sino en todo caso la ingeniería médica<sup>46</sup> nos prestarán auxilio con los avances tecnológicos que nos llevaron a conocer su herramienta más valiosa: la NEUROIMAGEN /BRAINIMAGE (la foto del cerebro). Explicaremos algunas de las técnicas utilizadas para decodificar la fisiología cerebral y su aplicación práctica.

En general, las técnicas de neuroimagen, permiten ver imágenes en vivo del sistema nervioso central, imprescindibles para el estudio del cerebro.

### 3.1. Imagen estructural

Entre estas técnicas están las de imagen **ESTRUCTURAL**, que proporcionan información acerca de la *integridad de la estructura* del cerebro. Tales como:

- 1) **La imagen por resonancia magnética estructural** que se basa en las propiedades magnéticas de los diferentes componentes del cerebro.
- 2) **LA IMAGEN POR TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTARIZADA (TAC)**: también conocida como escáner o TC (tomografía computarizada), es una prueba diagnóstica que, a través del uso de rayos X, permite obtener imágenes radiográficas del interior del organismo en forma de cortes transversales o, si es necesario, en forma de imágenes tridimensionales. se basa en las diferencias de densidad de los diferentes tejidos del cerebro, es el primer paso para detectar daño cerebral (muchas veces desconocido por el propio paciente).
- 3) **ESPECTROSCOPIA POR RESONANCIA MAGNÉTICA**: ésta se fundamenta en la localización de protones en sustancias neuroquímicas que se encuentran en pequeñas proporciones en los diferentes tejidos cerebrales
- 4) Otro es el **ESCÁNER ELECTROMAGNÉTICO TRANSCRANEAL** que genera un gran pulso de electricidad y que a su vez crea un descarga de energía magnética. Este aparato se coloca junto al

<sup>46</sup> Y también la Física Médica, pues como se sabe, la mayoría de los avances en aparatología médica son obra de ingenieros, físicos y diseñadores que colaboran en los avances de la medicina.

cerebro para que ese pulso magnético original penetre en el cráneo y cree otro pulso eléctrico en su interior. Ese pulso eléctrico secundario es suficiente para reducir la actividad o desactivar determinadas áreas del encéfalo y se puede realizar con cualquier área del cerebro sin producir ningún tipo de daño. Se hace incidir energía magnética sobre cualquier punto concreto del cerebro y se puede establecer su función simplemente con observar cómo ha variado el comportamiento de una persona, como ejemplo puede decirse que si los pulsos magnéticos se lanzan contra el lóbulo temporal izquierdo se verá cómo estos afecta negativamente a nuestra capacidad de hablar. El inconveniente de esta metodología es que estos campos magnéticos no penetran demasiado en el interior del cerebro. El escáner electromagnético transcraneal es muy útil para neutralizar áreas cercanas al cráneo, pero el campo magnético es incapaz de alcanzar centros importantes ubicados en zonas profundas del cerebro, como el sistema límbico.

- 5) **NEUROIMAGEN POR TENSIÓN DE DIFUSIÓN (DTI):** esta técnica es para daños más sutiles, detectando el flujo de agua en el cerebro, toda vez que el agua recorre

las vías nerviosas del cerebro, al punto que se puedan llegar a distinguir cómo están conectadas las distintas partes del cerebro.

Además de ellas están las técnicas de neuroimagen **FUNCIONAL** que proporcionan información sobre la **integridad funcional** de diferentes áreas cerebrales. Cabiendo mencionar las siguientes:

- 6) **RESONANCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL (RMF):** técnica que genera imágenes utilizando la combinación de propiedades físicas de los campos magnéticos y ondas de radiofrecuencia. Evalúa los efectos de las sustancias psicoactivas sobre el cerebro humano, estableciendo relaciones entre la respuesta conductual y los efectos sobre determinados neurotransmisores. *Permite detectar cambios en la distribución del flujo sanguíneo con relación a determinados paradigmas emocionales o cognitivos.*<sup>47</sup> *Se obtiene una imagen de lo que ocurre mientras está ocurriendo, en colaboración con las*

---

<sup>47</sup> Al detectar la presencia de oxígeno en la sangre del cerebro, elemento necesario para llevar energía a las neuronas, (puesto que no se puede detectar directamente el flujo de electricidad en las células cerebrales) la detección de la sangre oxigenada puede mostrar cómo interaccionan entre sí diferentes regiones cerebrales.

áreas en ciencias matemática o computacional. Neurocientíficos de la Universidad de Duke ( EE UU) señalan que pueden ver los distintos estados emocionales que parpadean a través del cerebro, concluyendo que están avanzando para llegar a lo similar de “ leer la mente“. Estudios anteriores demostraron que las imágenes por RMF pueden identificar si una persona está pensando en una casa o una cara , pero con el avance precisamente del equipo interdisciplinario lograron demostrar las emociones específicas como las del miedo y la ira que pueden ser decodificadas a partir de la exploración del cerebro y realizado con la aplicación de nuevas estadísticas multivariantes a las exploraciones de la actividad cerebral para ver diferentes emociones en forma de redes de actividad distribuidas en las áreas del cerebro consciente e inconsciente . Se identifican siete patrones de actividad cerebral diferentes que reflejan alegría, ira, tristeza, miedo y neutralidad.<sup>48</sup>

medicina nuclear que utiliza rayos gamma que producen isótopos radioactivos como el tecnecio 99 (Tc99). Las imágenes que se obtienen son bidimensionales, pero pueden combinarse para formar imágenes tridimensionales.

- 8) TOMOGRAFÍA POR EMISIÓN DE POSITRONES (PET), ésta se basa en la captación de energía derivada de la emisión de positrones. Detecta los rayos gamma que emiten ciertas zonas del cerebro, cuando se ha colocado en el torrente sanguíneo material radioactivo. Estas sustancias circulando en sangre se depositan en lugares en actividad que las requieren. En ese momento, por su carácter radioactivo, generan neutrones y positrones. Cuando el positrón se une a un electrón, ambos son destruidos emitiendo rayos gamma. Captan el flujo de sangre en el cerebro localizando la *presencia de glucosa*, la molécula de azúcar que sirve de combustible para las células. Este es el más moderno sistema para obtener información, aunque es riesgoso para el paciente y se recomienda hacerlo sólo una vez al año<sup>49</sup> método no está aun

- 7) TOMOGRAFÍA POR EMISIÓN DE FOTÓN SIMPLE (SPECT), basada en la detección de fotones, es una técnica de imagen de

<sup>48</sup> Tendencias científicas. Revista Electrónica de ciencia, tecnología y cultura.

<sup>49</sup> Hay, por supuesto, otros métodos conocidos y algunos otros aún en desarrollo como por ejemplo: 1. EYE TRACKING, podemos defi-

## preparado para ser aplicado en seres

nir el eyetracking como una tecnología que permite seguir los movimientos oculares de una persona para inferir qué mira y qué ve. Actualmente esto se consigue mediante un eyetracker o sea, un monitor especial que lanza rayos infrarrojos a los ojos de quien lo usa. Estos rayos rebotan en su pupila y vuelven al aparato, monitorizando y registrando la forma en que una persona mira una determinada escena o imagen, en qué áreas fija su atención, durante cuánto tiempo y qué orden sigue en su exploración visual y tomar medidas de reacción cognitiva del sujeto ante diversos estímulos. Es una técnica de seguimiento ocular que permite medir y evaluar la información adquirida por una persona durante el proceso de lectura y/o durante la exploración de una imagen. Los movimientos rápidos que realizan los ojos tienen como objetivo enfocar información de interés y es durante estas fijaciones que la información es adquirida e interpretada por el cerebro. Este sistema registra y graba el lugar de fijación ocular desde donde se extrae la información y el tiempo que necesita una persona para procesar dicha información (esta técnica es muy utilizada por los especialistas en Neuromarketing). Dentro del campo del derecho sirve para la detección de la mentira a partir de la observación y análisis de los movimientos oculares, midiendo a través del rastreo ocular las reacciones cognitivas de la persona analizada (la tan mentada “prueba de la verdad” que realizan los investigadores que estudian datos sobre el ojo, la dilatación pupilar teniendo en cuenta el tiempo de respuesta, de lectura y relectura y número de errores del sujeto etc.).

**2. El método OPTOGENÉTICO,** iluminando el cerebro. Este método permite iluminar ciertas vías que controlan nuestro comportamiento haciendo incidir un haz de luz sobre el cerebro, de modo que se introduce directamente en una neurona, con precisión quirúrgica, un gen sensible a la luz que hace que la célula se dispare. A continuación se enciende el haz de luz y la neurona escogida se activa. Lo importante es

que con este método los científicos pueden excitar los recorridos neuronales de manera de activar y desactivar determinados comportamientos con solo pulsar un interruptor. Es la herramienta más nueva con que cuenta la neurociencia y fue elogiada por toda la comunidad científica.

**3. El método “CLARITY” y el CEREBRO TRANSPARENTE.** Como en el caso de la optogenética este es otro avance importante que ha hecho que el cerebro se vuelva transparente y que sus vías nerviosas puedan observarse a simple vista. En 2013, científicos de la Universidad de Stanford anunciaron que habían logrado volver transparente el cerebro de un ratón, así como partes del cerebro humano. El principio es el siguiente: a escala celular cada célula por separado es transparente y todos sus componentes internos, microscópicos, están completamente a la vista, sin embargo, cuando miles de millones de células se unen para formar tejidos más complejos u órganos, como el cerebro, la adición de lípidos (grasas, aceites, ceras y compuestos químicos no solubles en agua), hacen que el órgano se vea opaco. La clave de esta técnica consiste en eliminar esos lípidos dejando las neuronas intactas. Los científicos de Stanford lo consiguieron introduciendo el cerebro en un hidrogel (una sustancia parecida a un gel compuesta en su mayor parte por agua) y que establece vínculos con todas las moléculas del cerebro, salvo con los lípidos, dejando las neuronas intactas. Si se introduce el cerebro en una solución jabonosa y se aplica un campo eléctrico, puede lavarse después la solución, que arrastra con ella los lípidos, dejando así el cerebro en estado de transparencia total. Si se agregan tintes, entonces podrán volverse visibles las vías nerviosas. Hacer transparente a un órgano no es nada nuevo, pero fue necesaria una gran creatividad para lograr las condiciones previas necesarias para que todo el cerebro se haga transparente. Uno de los directores científicos del proyecto “Clarity” –Dr. Kwanghun Chung- asegura que también puede aplicarse a otros órganos

humanos vivos, pero sí en cadáveres.<sup>50</sup>

### 3.2. Síntesis de esta parte

Más allá de las tecnologías en desarrollo y experimentales en general -como se vio- las tecnologías llamadas *funcionales* son admitidas en juicio con el alcance de sus respectivas capacidades clínicas y legales: SPECT, fMRI & PET son, tecnologías de escaneo funcional mientras que MRI, y la tomografía computada (CT) son tecnologías de escaneo *estructural*. Estando las primeras vinculadas con las funciones fisiológicas mientras que las segundas lo están con *aspectos fisiológicos notables o salientes* y cada una de ellas a su vez tienen diferentes niveles de validez científica y confiabilidad.

Independientemente de su valor clínico interesa aquí, saber *cuál es su fuerza probatoria en juicio* y con esa finalidad hemos tomado como referencia el trabajo del tesista Noel Shafi el cual

nos indica que la tecnología de *Resonancia Magnética*, si bien provee una visualización estática del cerebro, ha servido para detectar acertadamente lesiones axonales difusas, pequeñas hemorragias internas, edemas y contusiones que son patologías caracterizantes de lesiones traumáticas cerebrales (o TBI//*Traumatic Brain Injuries*) y los estudios concluyen en afirmar que la RM fue diseñada para detectar y diagnosticar anomalía en el cerebro,<sup>51</sup> superando en esto a la *Tomografía Computada* que tiene una resolución menor y una capacidad para detectar anomalías y traumas cerebrales en el rango de 63%- a 75% , siendo ambas tecnologías no invasivas.

Por su parte el método SPECT (Tomografía Computada por emisión de positrones) es una técnica de neuroimagen funcional que mide la actividad metabólica y los procesos cerebrales en varias estructuras para estudiar la neuroquímica del cerebro y desarrollar así un perfil cognitivo basado en el aumento o reducción del flujo sanguíneo. Tiene varias aplicaciones clínicas detectando desórdenes psiquiátricos y neurológicos, tales como demencia, epilepsia, esquizofrenia y depresión, pero tiene algunas desventajas que no la hacen totalmente

como ser: hígados, pulmones y corazones transparentes. Se considera que este método no está aun preparado para ser aplicado en seres humanos vivos, pero sí en cadáveres

<sup>50</sup> Esta información fue publicada originalmente en la revista británica Nature y fue recuperada en 15-12-17 a través de <https://www.nytimes.com/es/2016/08/28/cintificos-consiguen-vlver-transparente-un-razon-para-estudiar-su-sistema-nervioso/>

<sup>51</sup> Shafi, Noel (2009) quien cita varios antecedentes.

confiable como evidencia judicial pues presenta una baja resolución espacial

El método PET de imagen funcional mide los procesos metabólicos y detecta los procesos neurodegenerativos pero es menos específico que el anterior método y también adolece de protocolos claros sobre los valores de normalidad y anormalidad.

La **Resonancia Magnética Funcional** o fMRI es una tecnología de escaneo que mide la actividad cerebral localizada de acuerdo al flujo sanguíneo y la utilización de oxígeno en ciertas partes del cerebro. Este método que capta el correlato neuronal ente los procesos cognitivos y conductuales y sus cambios.<sup>52</sup> Siendo por ello considerado superior al SPECT y al PET, aunque también acusa limitaciones a la hora de determinar un diagnóstico de la lesión cerebral

Finalmente decimos que todos estos métodos pueden razonable y acertadamente probar las anormalidades cerebrales pero no con tanta seguridad se aproximan a probar la *causa* de tales anormalidades. De otra parte los aspectos éticos, que no abordaremos aquí, son una cuestión a tener muy en cuenta, vgr. privacidad vs.

compulsión para realizar un examen, “el sujeto como objeto” dentro del proceso etc.

### 3.3. Discusión sobre su admisión en los procesos civiles

La utilización y el aprovechamiento de los avances de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM por su acrónimo en inglés) tiene un largo historial que se puede remontar a los últimos doscientos años y que en las dos últimas décadas del siglo XX° se vio incentivada su aplicación en los litigios civiles concernientes a reclamos por daño cerebral (*brain injuries*). Esto para desvelo y preocupación de las compañías aseguradoras. Pero en general los abogados (y los jueces) civiles siguen demostrando una inocultable aversión a las pruebas “extrajurídicas” y son más bien hostiles al diálogo entre las ciencias y el derecho. Sin embargo ello no ocurre en el ámbito penal, donde los informes forenses, las pruebas balísticas y los estudios de ADN son moneda corriente.

Repasando la vasta literatura sobre el tema<sup>53</sup> se advierte que la capacidad de traspasar los límites disciplinarios no

<sup>52</sup> Las áreas frontales detectan mayor actividad cuando se está mintiendo a un cuestionamiento de los investigadores y por eso es un método admitido en juicios penales.

<sup>53</sup> El autor Francis X. Shen, registra 900 obras sobre el tema ingresadas a la Biblioteca del Congreso de Estados Unidos hasta ale año 2011.

es un tópico todavía superado dentro de la praxis judicial y aun persisten opiniones en contra de dicha iniciativa. Las opiniones en contra se basan en que estas evidencias no son del todo fiables y pueden ser manipuladas por los especialistas encargados de utilizarlas. De otro lado, solo prueban las anomalías anatómicas del cerebro pero no las reacciones o respuestas conductuales. En *síntesis* las pruebas de neuroimagen no pueden ser producidas aisladamente, ni pueden ser el único medio para probar una anomalía cerebral o conductual, sino en conjunto con otras evidencias científica.<sup>54</sup> Otras veces la demostración por vía de escaneo por neuroimagen es tan compleja que se vuelve confusa y difícil de entender para un juez o un jurado y dependerá de la capacidad del especialista para contribuir a hacerla más simple y entendible.

<sup>54</sup> En este aspecto cabe citar el art. 477 del Código Procesal Civil y Comercial de la Nación Argentina referido a la eficacia probatoria del dictamen pericial y que dice así: *“La fuerza probatoria del dictamen pericial será estimada por el juez teniendo en cuenta la competencia del perito, los principios científicos o técnicos en que se funda, la concordancia de su aplicación con las reglas de la sana crítica, las observaciones formuladas por los consultores técnicos o los letrados, conforme los arts. 473 y 474 y los demás elementos de convicción que la causa ofrezca”*. El art. 474 del Código Procesal Civil y Comercial de la Provincia de Buenos Aires, contiene un texto similar, aunque no idéntico.

Dando así por terminada nuestra investigación en Mar del Plata, a 16 de diciembre de 2017.

## Bibliografía

- Carretié, Luis; Sara López Martín y Jacobo Albert. “Papel de la corteza prefrontal ventromedial en la respuesta a eventos emocionantes negativos” en *Revista de Neurología* 2010; 50 (4): 245-252 del sitio [www.neurologia.com](http://www.neurologia.com), consultado en 30-10-17
- Chauchard, Paul. “La química del cerebro” (Biblioteca Central de la UNMDP), sin fechar.
- Davidson, Richard J, Jackson, Daren C., Kalin, Ned H. (2000). “Emoción, plasticidad, contexto y regulación: perspectivas de la neurociencia afectiva”, *Psychological Bulletin* (American Psychological Association) Nov. 2000, Vol. 126, No.6, pp. 890-909.
- Figueroba, A. “Diencefalo: estructura y funciones de esta región cerebral” en <https://psicologíaymente.net/neurociencias/diencefalo>, accedido en 12—11-17.
- Kedia, Gayannée & Lotte F. Van Dillen. “From the Brain to the Field: The Applications of Social Neuroscience to Economics, Health and Law” (1 August 2017), en <http://www.researchgate.net/publication/318758694>, consultado en 28-10-17.

- Martínez Selva, J.M. Sánchez-Navarro, J.P., A. Bechara, F. Román (2006). “Mecanismos cerebrales de la toma de decisiones” en *Revista de Neurología*, v. 42 (/) pp. 411-418.
- Narváez Mora, M. (2012). “El impacto de la neurociencia sobre el Derecho: El caso de la responsabilidad subjetiva”, *Revista Telemática de Filosofía del Derecho*, n° 15, pp.195-230 [D:L: M-32727-1998 ISSN 1575-7382].
- Noble, Kimberly G. (2017). “Pobres y cerebro infantil” en revista “Investigación y Ciencia” n° 488, Barcelona, mayo de 2017, pp. 44-49.
- Petoft, Arian (2015). “Neurolaw: A Brief Introduction”, publ. en *Iranian Journal of Neurology*, *IranJNeurol.* (14(1) pp. 53-58.
- Purves, Dale, et al. “Neurociencia” 3ra edición, Editorial Médica Panamericana (sin fechar).
- Reiriz Palacios, J. “Sistema endócrino” Colegio Oficial de Enfermeros y Enfermeras de Barcelona <https://www.infermeravirtual.com/files/media/file/101/Sistema%20endocrino.pdf?1358605551> (accedido en 8-12-17).
- Revista Cubana de Endocrinología*—vol. 24 no.1 La Habana, Cuba, ene.-abr. 2013 [www.researchgate.net/publication/302102187\\_Neuropeptidos\\_en\\_el\\_encefalo\\_humano](http://www.researchgate.net/publication/302102187_Neuropeptidos_en_el_encefalo_humano) (consultado en 6-12-17).
- Román Lapuente, Francisco; María del Pino Sánchez López y María José Rabadán Pardo. “Neuropsicología” Tema 2. Organización y Función Cerebral (trabajos pedagógicos de grado), no hay otros datos (consultado en 22-10-17).
- Ronzoni Blázquez, Giacomo (2017). “Corteza prefrontal, amígdala y estrés: estudio de la noradrenalina, corticosterona y memoria aversiva en la rata” (Tesis Doctoral) Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Medicina, Departamento de Fisiología, Madrid, , consultado en 6-12-17.
- Shafi, Noel. “Neuroscience and Law: The Evidentiary Value of Brain Imaging” (2009, tesis de maestría) *Graduate Students Journal of Psychology*, Department of Counseling and Clinical Psychology, Teachers College, Columbia University Vol. 11, pp.27-39 (consultado en 10-12-17).
- Shen, Francis X. “The Overlooked History of Neurolaw” en *Fordham Law Review*, Vol. 85 [2016] pp.667695 (consultado en 1-12-17).
- Sitios web. (varios temas) <https://curiosoando.com/que-diferencia-adrenalina-de-noradrenalina-epinefrina-norepinefrina> —<https://www.psicoadictiva.com/blog/sistema-neuroendocrino-funcionamiento/>—<http://salud.ccm.net/faq/20876-neuropeptido-definicion>— <http://www.fundacionineco.org/incyt/>

- Suárez, Gustavo Ramón. "Sistema neuroendócrino y actividad física", Universidad de Antioquía, Colombia [http://viref.udea.edu.co/contenido/menu\\_alterno/apuntes/ac23-sistemaNE.pdf](http://viref.udea.edu.co/contenido/menu_alterno/apuntes/ac23-sistemaNE.pdf) (accedido en 7-12-17).
- Szezupak, Lidia. "Cómo los animales controlan sus movimientos" (2017) Departamento de Fisiología y Biología Molecular y Celular, FCEN, UBA en revista Ciencia Hoy, (Bs. As.), vol. 26, n° 156, julio-agosto 2017, pp. 25-36.
- Uribe Ortiz, Daniel Santiago; Gómez Botero, Mónica & Arango Tebón, Olber Eduardo (2010). "Teoría de la Mente" (review) en Revista Colombiana de Ciencias Sociales, Medellín vol. 1, n° 1, pp.28-37.
- Valdez G., José Luis y Torrealba L., Fernando (2006). "La corteza prefrontal medial controla el alerta conductual y vegetativo. Implicancias en desórdenes de la conducta", en Revista Chilena de Neuro-Psiquiatría v. 44(3), Santiago, Chile, pp.195-204.
- Wikipedia informaciones sobre: "Anatomía de la Corteza Motora"; "Corteza orbitofrontal"; "Ganglios Basales"; "Imagen por Resonancia Magnética"; "Sustancia Gris Periacuetuc-tal" (SPGA); "Neuromarketing" "Neuromarketing: el caso de Martin Lindström"; "Tipos de Neurotransmisores y Hormonas", todos fueron consultados para la elaboración del presente informe, entre septiembre y noviembre de 2017.