



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
CARRERA DE PSICOLOGÍA**

**PAPEL DEL LÓBULO FRONTAL EN LA REGULACIÓN
DEL COMPORTAMIENTO EMOCIONAL**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN PSICOLOGÍA
P R E S E N T A:
CONCEPCIÓN MALDONADO MÉNDEZ**

JURADO DE EXAMEN

**TUTOR: MTRO. HUMBERTO ROSELL BECERRIL
COMITÉ: DR. EDUARDO ALEJANDRO ESCOTTO CÓRDOVA
DR. MIGUEL ÁNGEL VILLA RODRÍGUEZ
LIC. CARLOS MARTÍNEZ LÓPEZ
MTRO. GERARDO ORTIZ MONCADA**



México D.F.

OCTUBRE 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

- φ A mi familia por su amor que me da fuerza para conseguir mis objetivos y por su apoyo incondicional.
- φ A mis amigos, compañeros de vida con quienes he aprendido a lo largo de estos años.
- φ A la familia Salazar López, por su cariño y apoyo.
- φ Al Mtro. Humberto Rosell Becerril, Mtro. Gerardo Ortiz Moncada y Dr. Eduardo Alejandro Escotto Córdova; por compartir conmigo su conocimiento y exigir siempre un mejor desempeño.
- φ A la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme las puertas al conocimiento y la superación.

La mente del hombre es capaz de todo, porque todo está contenido en ella, tanto el pasado como el futuro.

Joseph Conrad

... no es en modo alguno el coronamiento de la creación; junto a él, toda criatura se encuentra al mismo nivel de perfección... y a sostener esto, sostenemos aún demasiado: el hombre es, en un sentido relativo el animal peor logrado, el más peligrosamente desviado de sus instintos, aunque por cierto, a pesar de todo esto, es el más interesante.

Friedrich Nietzsche

INTRODUCCIÓN

I. EMOCIÓN

1.1. Conceptualización.	4
1.2. Emoción, Afecto y Humor.	6
1.3. Emociones básicas.	7
1.4. Función de las emociones.	11
1.5. Activación del proceso emocional.	14
1.5.1. Teoría biológica.	14
1.5.2. Teoría cognitiva.	16
1.5.3. Teoría de los dos sistemas.	17
1.6. Comportamiento emocional.	19

II. BASES CEREBRALES DE LA EMOCIÓN

2.1. Sistema límbico.	22
2.2. Diferenciación hemisférica.	27

III. PAPEL DEL LÓBULO FRONTAL EN LA REGULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EMOCIONAL

3.1. Embriología del lóbulo frontal.	30
3.2. Maduración del lóbulo frontal.	32
3.3. Neurotransmisores.	33
3.4. Anatomía del lóbulo frontal.	34
3.4.1 Conexiones del lóbulo frontal con el sistema límbico.	41
3.5. Funciones del lóbulo frontal.	45
3.6. Lóbulo frontal y comportamiento emocional.	51
3.6.1. Modelos de la regulación del comportamiento emocional.	54
3.7. Efectos de la lesión del lóbulo frontal sobre la conducta emocional.	59

IV. DISCUSIÓN

62

V. CONCLUSIONES

71

Una de las ciencias que estudia la actividad psíquica del hombre es la Psicología, que busca establecer las leyes que rigen esta actividad, su origen y desarrollo, tomando en cuenta al cerebro como base material de la actividad mental. De esta manera se puede abordar la psique como función directa del cerebro y que se desarrolla por medio de la interacción social en un ambiente determinado (Luria, 1982).

El hombre cuenta con dos sistemas operativos que lo proveen de la capacidad de adaptarse al ambiente: el primero es considerado un sistema de emergencia capaz de interrumpir la actividad actual y seleccionar rápidamente un nuevo esquema de acción (sistema emocional). El segundo es un sistema complejo que requiere de un tiempo relativamente mayor para llevar a cabo una tarea adaptativa (sistema cognitivo) (Gianotti, 2012). Aunque para su estudio y descripción se han separado, ambos forman parte del aparato psíquico del hombre y juntos determinan el comportamiento humano.

Las emociones se encuentran presentes tanto en el hombre como en animales no humanos, sin embargo, es importante observar el especial vínculo entre las emociones y las ideas complejas, los valores, los juicios, etc., que con características propias del ser humano (Mestre y Palmero, 2004). La emoción “es un producto conjunto de una excitación fisiológica y de una evaluación cognoscitiva de la situación en la que tiene lugar la excitación” (Coffey, 2000, p. 91); y cada una de las emociones conlleva diferentes cursos de acción (Morales, 1996). Si las emociones tienen como función priorizar la conducta en formas que optimizan el ajuste del hombre a las exigencias del ambiente; se puede considerar a las emociones como un filtro selectivo de la información (Reeve, 2003).

Durante años el estudio e investigación de la emoción se llevó a cabo tomando en cuenta únicamente las estructuras subcorticales y separándola por completo de otros

procesos psicológicos como la cognición, incluso presentándolos como contrarios (Damasio, 1996 y Davidson, 2003). Hoy se sabe que ambas determinan las características intelectuales del hombre; la emoción como el mecanismo más antiguo de supervivencia y las funciones cognitivas como procesos complejos y *sofisticados* que favorecen la adaptación (Mestre y Palmero, 2004).

Son diversas las regiones cerebrales implicadas en el proceso emocional, entre ellas se encuentran la amígdala, el hipocampo, la corteza orbital frontal, las áreas basales y el hipotálamo (Rolls, 1999). Este trabajo se enfocará en el papel que tienen las funciones del lóbulo frontal en el proceso emocional dadas las conexiones que tiene con las estructuras subcorticales que son imprescindibles para explicar la emoción, ya que en el proceso emocional son necesarios los procesos cognitivos que permiten al individuo reaccionar de manera adecuada ante un estímulo. Qué, cómo y cuándo hacer, son preguntas resueltas por la actividad de lóbulo frontal (Barraquer, Estévez y García, 2000).

Los procesos mentales (formados en la filogenia y desarrollados durante la historia de vida de los individuos,) que permiten abstraer y crear representaciones proveen al ser humano de la capacidad de anticiparse a las probables consecuencias de un suceso y facilitar la solución de problemas de manera que permitan conservar la integridad del individuo (Goldberg, 2002). La experiencia emocional constituye un factor básico en los aspectos motivacionales de la conducta, y esta última debe ser activada, controlada y orientada hacia una meta, procesos en los cuales interviene el lóbulo frontal. La regulación del comportamiento emocional es importante para el

adecuado funcionamiento mental y la adaptación social. La regulación emocional incluye la inhibición o modulación de la emoción para producir la conducta apropiada al contexto (Hu, Lee, Mark, Xiao y Zhang, 2009).

Éste trabajo busca comprender cómo mecanismos biorregulatorios se han modificado de tal manera que se adaptan al medio del hombre con la presencia del lóbulo frontal. La comprensión de los mecanismos neuronales que determinan la regulación emocional, puede proveernos de parámetros esenciales dentro de las bases biológicas de la salud mental que faciliten el apropiado comportamiento emocional.

Se tiene como objetivo general entender cuál es el papel que lleva a cabo el lóbulo frontal en la regulación del comportamiento emocional. Por medio de un análisis teórico documental analítico-sintético, se caracterizará el desarrollo del proceso emocional identificando la función de las estructuras subcorticales en dicho proceso, y analizando las funciones del lóbulo frontal en el sistema emocional tomando en cuenta las conexiones que tiene con el sistema límbico. Todo esto teniendo como base la investigación neuropsicológica de la emoción y el lóbulo frontal. Se analizarán las implicaciones anatómicas y funcionales de la emoción; se llevará a cabo una conceptualización de la emoción y se expondrán las dos principales teorías (biológica y cognitiva) que intentan explicar el proceso de activación emocional. Se presentará la embriología y proceso de maduración del lóbulo frontal, su anatomía y división funcional, así como los neurotransmisores que están involucrados en su actividad. De igual forma se explicará qué son las funciones ejecutivas y las características de cada una de ellas.

I. EMOCIÓN

1.1. Conceptualización.

De acuerdo con los objetivos planteados, es necesario desarrollar el concepto de emoción que permita contextualizar el estudio de la emoción como un proceso psicológico en el que se ven implicadas las funciones del lóbulo frontal, además de otras estructuras como la amígdala, hipocampo, hipotálamo, etc.

Morales (1996) establece que las emociones son un proceso que está dirigido a objetos muy determinados y conllevan a un conjunto de evaluaciones y reacciones corporales características. La emoción implica reacciones viscerales y cognitivas, y suele ser provocada por situaciones con unas características definidas, que conlleva ciertos cursos de acción y que, además puede ser identificada cuando la experimentamos. Damasio (1999) establece que:

Las emociones son complicadas colecciones de respuestas químicas y neurales, siguiendo este modelo, las emociones tienen un papel regulatorio, conllevan diferentes cursos de acción de acuerdo a la circunstancia en la que el organismo “recibe” la excitación y tienen una función adaptativa [traducción de la autora] (p.51).

Es evidente que ambos autores consideran la emoción como un proceso con implicaciones fisiológicas, y que son mediados por procesos cognitivos, en el que se llevan a cabo elaboraciones complejas de evaluación y toma de decisión. Coincidiendo con Gianotti (2012) la emoción puede ser considerada como un sistema adaptativo multicomponente cuya estructura funcional se ha desarrollado a través de la filogenia, desde la época primitiva, que se ha consolidado como

sistemas de comportamiento complejo, normado socialmente y fuertemente integrado al sistema cognitivo.

De acuerdo con Gianotti (2012) los principales componentes del sistema emocional son:

- 1) Análisis de datos sensoriales: determinación (aun con poca información) que una situación tiene significado emocional para el individuo.
- 2) Esquema de acción: activado por el proceso de evaluación del dato sensorial emocional. Es seleccionado de manera automática de un pequeño número de patrones operativos innatos que incluyen los componentes expresivo-comunicativo, cambios posturales, locomoción, y activación del sistema nervioso autónomo.
- 3) Mecanismos de aprendizaje: construcción de nuevos esquemas de acción adecuados a la situación o la utilización de la memoria para recurrir a patrones almacenados.

Desde este modelo el sistema emocional esta organizado jerárquicamente de la siguiente manera:

- 1) Nivel sensoriomotor: conjunto innato y universal de programas motores-expresivos que son disparados por un grupo concreto de estímulos, que incluye componentes motores y de activación automática.
- 2) Nivel esquemático: mecanismos condicionados (aprendidos) de situaciones de experiencia individual que construyen el esquema emocional.
- 3) Nivel conceptual: mecanismos conscientes que hacen uso de la memoria declarativa, no necesariamente sobre experiencias emocionales concretas,

pero si sobre abstracciones a cerca de emociones y sobre las reglas sociales que delimitan su expresión.

La teoría presentada por Gianotti (2012) ilustra claramente que la emoción humana conlleva respuestas programadas de manera innata, pero que deben ser reguladas, y esta regulación se basa en mecanismos de origen social y determinados por estructuras y procesos cerebrales más sofisticados.

1.2.Emoción, afecto y humor.

Es necesario hacer una diferenciación de la emoción con otros conceptos de la vida afectiva y que quede claro el nivel en el que intervienen las funciones de lóbulo frontal:

Humor: denota la existencia de un conjunto de creencias acerca de la probabilidad que tiene el sujeto de experimentar placer o dolor en el futuro, esto es, de experimentar el afecto positivo o negativo. Un humor concreto puede durar varios días, variando según lo haga la expectativa de futuro del sujeto ésta experiencia no necesariamente es de carácter consciente (Catanzaro, 2001).

Afecto: posee tono o valencia, que puede ser positiva o negativa, e intensidad, que puede ser baja o alta. El afecto tiene que ver con la preferencia; permite el conocimiento del valor que tienen para el sujeto las distintas situaciones a las que se enfrenta. El afecto obedece a aspectos de integración de lo emocional, lo cognoscitivo y el apego. Se puede decir que el afecto representa la evaluación de una situación dada, es por eso que el término sentimiento suele ser utilizado como

sinónimo de afecto, ya que hace referencia al valor que atribuimos a su significado el cual es aprendido socialmente (Mestre y Palmero, 2004).

Emoción: es una respuesta multidimensional, con connotaciones adaptativas, que suele ser muy breve, muy intensa y temporalmente asociada con un estímulo desencadenante, que puede ser interno o externo. Esta respuesta multidimensional implica reacciones fisiológicas y procesos cognitivos complejos que permiten la adecuada solución o respuesta a las exigencias del entorno.

De acuerdo con Damasio (1996) la emoción y el afecto, junto con la maquinaria fisiológica oculta tras ellos, nos ayudan en la intimidatoria tarea de predecir un futuro incierto y de planificar nuestras acciones en consecuencia. Lo que demostraría la fuerte integración de la emoción en el sistema cognitivo; la emoción nos permite estar preparados para emitir una respuesta, la actividad cognitiva del lóbulo frontal nos permite regular ésta respuesta conforme a la situación dada y las normas sociales aprendidas.

1.3. Las emociones básicas.

La idea de la existencia de un conjunto limitado de emociones básicas o primitivas tiene su origen en una concepción evolucionista de la emoción. Estas emociones serían básicas en un sentido biológico, estando cada una de ellas relacionada con una diferente función adaptativa.

De acuerdo con Damasio (1996), las propiedades de las emociones básicas son:

- 1) Universalidad, pueden ser observadas en todos los seres humanos, independientemente de la cultura a la que pertenezcan.
- 2) Son primitivas tanto filogenéticamente como ontogénicamente, pueden ser observadas desde la niñez.
- 3) Conllevan expresiones funcionales específicas.
- 4) Van asociadas a diferentes tendencias de acción, probablemente no aprendidas.
- 5) Se diferencian entre sí, en cuanto al patrón de activación fisiológica provocado por el suceso emocional.
- 6) Están basadas en sistemas cerebrales especializados y preestablecidos.

El problema más obvio que plantea el enfoque de las emociones básicas es el decidir cuántas y cuáles son en la Tabla 1 se muestran los autores más representativos y sus propuestas.

Tabla 1

Emociones catalogadas como básicas y sus respectivos autores.

Autor (es)	Emociones	Criterio de exclusión
Ekman, Freisen y Ellsworth	Miedo, ira, alegría, tristeza, asco y sorpresa.	Expresiones faciales universales.
Izard	Ira, desprecio, asco, malestar, miedo, culpa, interés, alegría, vergüenza y sorpresa.	Basadas en circuitos cerebrales preestablecidos.

Oatley y Johnson-Laird	Ira, asco, ansiedad, felicidad y tristeza.	No requieren procesos cognitivos superiores.
Panksepp	Expectativa, miedo, ira y pánico.	Circuitos cerebrales preestablecidos.
Plutchnik	Aceptación, ira, anticipación, asco, alegría, miedo, tristeza y sorpresa.	Relación con procesos biológicos adaptativos.
Tomkins	Ira, interés, desprecio, asco, malestar, miedo, alegría, vergüenza y sorpresa.	Densidad de actividad neuronal.

Nota: Adaptado de “*The feeling of what happens. Body and emotion in the making of consciousness*” por A. R. Damasio, 1999, Barcelona: Grijalbo.

Las emociones básicas son aquellas en las que su proceso de valoración se encuentra unido a cualquiera de las metas universales y objetivos centrales que conforman ese particular y reducido grupo de procesos psíquicos, aunque las emociones básicas cambian dependiendo del autor, son cinco las que son aceptadas de manera predominante (Mestre y Palmero, 2004):

- Ira: Se caracteriza por la secreción de sustancias que aportan energía (catecolaminas, fundamentalmente norepinefrina y cortisol) y el predominio funcional del sistema simpático. La experiencia subjetiva es aversiva, asociada a la pérdida de algo positivo, con connotaciones presentes o inmediatamente pasadas. En el aspecto cognitivo se lleva a cabo una

evaluación y valoración asociadas a la intención de mantener un objetivo que se está perdiendo, o de recuperar algo que se acaba de perder.

- Miedo: Se caracteriza por la secreción de sustancias que aportan energía (catecolaminas fundamentalmente epinefrina y cortisol) y el predominio funcional del sistema simpático. La experiencia subjetiva es aversiva, asociada a la pérdida de algo positivo, con connotaciones de futuro. Se lleva a cabo una evaluación y valoración asociadas a la intención de preservar algo que se posee y que puede perderse de forma inmediata. La conducta asociada es la evitación activa en forma de huida (ocasionalmente, también puede producirse la lucha con connotaciones de defesa).
- Tristeza: Está definida por la secreción moderada de catecolaminas fundamentalmente epinefrina y el predominio funcional del sistema simpático. Se establece una evaluación y valoración asociadas a la constatación de que se ha perdido algo poseído; la experiencia es aversiva y se encuentra asociada a la pérdida. La conducta se encuentra caracterizada por evitación pasiva, encogimiento, disminución o ausencia de manifestaciones motoras
- Asco: está representado por la secreción moderada de catecolaminas y el predominio funcional del sistema para simpático. La experiencia es aversiva, asociada a la consecución, o anticipación de la consecución, de algo negativo. Evaluación y valoración asociadas a la intención de desprenderse de algo; la conducta es de evitación activa, con claras manifestaciones de rechazo y repulsión.
- Alegría: está definida por la secreción importante de catecolaminas, fundamentalmente norepinefrina y dopamina, así como el predominio funcional del sistema simpático. Se lleva a cabo una evaluación y valoración

asociadas a la intención de mantener un objetivo que se acaba de conseguir o que puede conseguirse de forma inmediata. La experiencia subjetiva es gratificante, relacionada a la consecución con connotaciones presentes o inmediatamente pasadas de algo positivo. La conducta que se presenta es de aproximación, apertura y aceptación. Se encuentra sujeta al aprendizaje social.

Quienes defienden el enfoque multidimensional de las emociones consideran que no es posible diferenciar entre categorías cerradas y bien definidas de emociones y que debemos concentrarnos con situar cada estado emocional concreto en un determinado punto y espacio definido por dimensiones como la valencia la activación o la controlabilidad (Aguado, 2002).

Relacionando ésta teoría de las emociones básicas con el modelo de emoción presentado por Gianotti (2012), se puede observar que las emociones (tomando en cuenta su universalidad, tendencias de acción y activación fisiológica) regulan el estado interno del sujeto para emitir una respuesta, pero a diferencia de otras especies, en el hombre, el comportamiento emocional no está definido por patrones innatos-instintivos, sino que el comportamiento emocional es complejo y normado socialmente, condiciones determinadas por la actividad del lóbulo frontal.

1.4. Función de las emociones.

Las emociones poseen funciones, pues, si no fuera así, la propia selección natural habría ido progresivamente depurando su presencia, hasta hacerlas desaparecer por completo del bagaje genético de las especies. Las emociones determinaban las

conductas que nuestros antepasados presentaban ante situaciones que podían suponer un peligro para su vida.

Mestre y Palmero (2004) afirman que algunas de las funciones más importantes de las emociones se refieren a los siguientes aspectos:

- 1) El escape o pérdida de la homeostasis. Permite la separación, muchas veces necesaria, de la *tendencia al centro* que muestra el organismo. Existe una tendencia a buscar el punto medio o punto óptimo, aunque una vez que se alcanza, se suele sobrepasar, tanto por exceso como por defecto. Este tipo de fluctuaciones son denominadas homeostasis, que se entiende como equilibrio dinámico. Si no existiera la posibilidad de rebasar con amplitud esos límites de la zona óptima, en muchas ocasiones el organismo no podría dar las intensas reacciones que muestra.

Estas respuestas que comúnmente serían evaluadas como desadaptativas si se mantuvieran mucho tiempo, o si se repitieran con demasiada frecuencia, o si su intensidad fuera muy elevada que llegarían a producir un desorden o disfunción en ese momento, pueden ser consideradas como respuestas necesarias, respuestas adaptativas en situaciones específicas. En el caso que se mantuvieran en frecuencia, duración o intensidad elevada, se incrementa el riesgo de que las emociones dejen de ser funcionales y se conviertan en un factor de riesgo.

- 2) La recuperación de la homeostasis. Supone que alguna emoción positiva, como la alegría, funciona como un mecanismo para retornar a los valores característicos de la homeostasis después de la separación importante ocurrida con las emociones negativas. Sugiere pues, que el hombre dispone

de una herramienta importante para contrarrestar los eventuales efectos negativos asociados a la ocurrencia sostenida de las emociones negativas.

- 3) Cambio de jerarquía cognitiva y conductual. Las emociones juegan un papel importante a la hora de establecer la jerarquía de las respuestas más probables, se lleva a cabo una reorganización de las respuestas, dando prioridad a la solución del problema o situación a la que se hace frente.
- 4) La motivación. Esta función de la emoción puede ser discutible en el sentido que las emociones se encuentran asociadas a la pérdida, obtención o mantenimiento de objetivos, lo que motiva al individuo es el objetivo en sí. No obstante, también es cierto que, en ocasiones, la sola obtención de afecto positivo, emoción o placer, puede ser lo suficientemente incentivadora como para desarrollar una conducta motivacional dirigida a la meta. No por la meta en sí misma, sino por las consecuencias hedónicas asociadas a dicha meta.

Las funciones de las emociones tienen que ver también con el ámbito social del individuo; por medio del aprendizaje de pautas sociales se determina cuándo una conducta es correcta y aceptable, las emociones se encuentran moldeadas por la relevancia de los factores históricos, sociales y culturales, de manera que determinan en un grado importante la experiencia y la expresión de las emociones. En el plano cultural, juegan un papel crítico en los procesos mediante los cuales los individuos asumen la identidad cultural.

Damasio, en 1999, establece que las emociones son parte de los mecanismos bioregulatorios con los que estamos equipados para sobrevivir y sus funciones pueden resumirse en:

1. La producción de una reacción específica en una determinada situación.

2. Regulación del estado interno del organismo para estar preparado para producir una respuesta.

Desde el punto de vista funcional, no existen “malas” emociones. Todas las emociones son benéficas ya que dirigen la atención y canalizan la conducta a donde es necesario, dadas las circunstancias a las que se enfrenta (Reeve, 2003).

Es importante observar entre las funciones que plantean Mestre y Palmero (2004) y las que presenta (Damasio, 1996) que en ambos modelos se propone una función enfocada al estado interno del individuo, en este caso, la emoción conlleva regulación de los sistemas autónomos. Sin embargo, hasta éste punto, no se plantean respuestas comportamentales complejas que estén determinadas por la actividad del lóbulo frontal.

1.5. Activación del proceso emocional.

Durante mucho tiempo se han investigado las causas o causa de la emoción. En esencia este debate se pregunta si las emociones son fenómenos sobre todo biológicos o predominantemente cognitivos.

1.5.1. Teoría biológica.

Los representantes de la perspectiva biológica, de acuerdo con Reeve, 2003, son Carroll Izard, Paul Ekman, Jaak Panksepp y Robert Zajonc. Carroll Izard descubre que los niños responden de manera emocional a ciertos sucesos a pesar de sus deficiencias cognitivas (vocabulario limitado, capacidad de memoria restringida). Por ejemplo a las tres semanas de edad, un niño responde con una sonrisa a la voz

humana aguda; y un infante de dos meses expresa ira como respuesta al dolor. Cuando el niño adquiere el lenguaje y comienza a usar capacidades de memoria complejas de largo plazo, la mayor parte de los acontecimientos emocionales involucran una mayor cantidad de procesamiento cognitivo.

No obstante, a pesar de la riqueza de la actividad cognitiva en el proceso de la emoción, Izard insiste en que gran parte del procesamiento emocional de los sucesos externos sigue siendo no cognitivo; es automático e inconsciente. Los niños, debido a que son biológicamente complejos aunque cognitivamente limitados, demuestran mejor la primacía de lo biológico en el proceso de la emoción.

Ekman (2006) apunta que las emociones surgen de manera rápida, son de breve duración y ocurren en forma automática o involuntaria. Para Ekman es necesario considerar a las emociones como un proceso que ha evolucionado por su valor adaptativo. Reconoce las contribuciones del aspecto cognitivo, social y cultural a la experiencia emocional, pero concluye que la biología (más que el aprendizaje, la interacción social o los procesos de socialización) es el núcleo causal de la emoción.

Para Panksepp (1998, 2005) las emociones surgen de los circuitos neurales genéticamente heredados que regulan la actividad cerebral (por ejemplo, sucesos bioquímicos y neurohormonales). Panksepp reconoce que resulta más difícil estudiar los sitios más recónditos de los circuitos cerebrales que analizar los sentimientos etiquetados de forma verbal. Sin embargo, insiste en que los circuitos cerebrales proporcionan el fundamento biológico esencial para la experiencia emocional. Por ejemplo, el ser humano ha heredado un circuito cerebral de ira, uno de miedo, otro de tristeza y algunos más. Los razonamientos para apoyar la perspectiva biológica de Panksepp provienen de tres importantes hallazgos:

1. Puesto que los estados emocionales con frecuencia son difíciles de verbalizar, deben por tanto tener orígenes que son no cognitivos (no basados en el lenguaje).
2. La experiencia emocional puede inducirse mediante procedimientos no cognitivos, como la estimulación eléctrica del cerebro o la actividad de la musculatura facial.
3. Las emociones ocurren tanto en infantes como en animales no humanos.

1.5.2. Teoría cognitiva.

Esta teoría parte del supuesto básico de que la causa inmediata de las respuestas emocionales reside en procesos de evaluación de la estimulación externa o interna. Se trata de fenómenos esencialmente conscientes y subjetivos. Esta teoría de la emoción supone que la reacción del sujeto a los estímulos está modulada por procesos cognitivos intermedios que les otorgan un significado subjetivo (Aguado, 2002).

De acuerdo con esta perspectiva, las emociones son provocadas por una evaluación cognitiva (pero no necesariamente consciente y controlada) de situaciones y eventos a las cuales pertenece una respuesta diferenciada dominante (expresión motora, fisiológica y evaluativa) que conlleva una respuesta adecuada a dicha situación (Scherer, 2000).

La suposición básica desde la que parten los modelos cognitivos de la emoción sostiene que las especies capaces de aprender, en especial los mamíferos, poseen la función de evaluar constantemente el entorno en relación al mantenimiento de su bienestar. Los animales más avanzados y complejos realizan evaluaciones acorde a

su evolución, estas evaluaciones permiten responder selectivamente a los cambios en las condiciones ambientales, favorecen la elaboración de estrategias, anticipaciones y en consecuencia la adaptación (Mestre y Palmero, 2004).

Lazarus (1999) argumenta que sin una comprensión de la relevancia personal del impacto potencial de un suceso sobre el bienestar personal, no existe razón para responder en forma emocional. Los estímulos valorados como irrelevantes no despiertan reacciones emocionales. Para Lazarus, la valoración cognitiva individual del significado de un acontecimiento (más que el suceso en sí) establece el escenario para la experiencia emocional. Esto es, un automóvil que lo rebasa es probable que no despierte su temor, a menos que la forma en que lo haga provoque que usted piense que su bienestar en cierta forma se pone en peligro. El proceso que genera emoción no comienza con el acontecimiento mismo ni con la subsecuente reacción biológica personal, sino con la valoración cognitiva de su significado.

La gente procesa información sin que necesariamente experimente una emoción que la acompañe. Ciertos encuentros producen emociones mientras que otros no lo hacen. Los encuentros se valoran en términos de su novedad, grado, significado de la meta, potencial de enfrentamiento o compatibilidad de procesamiento cognitivo que da origen a las emociones. (Johnstat, T.; Scherer, K. y Schorr A., 2001).

1.5.3. Teoría de dos sistemas.

Una respuesta a la pregunta sobre el origen de la emoción es que ambos procesos de emoción son correctos (cognitivo y biológico). Los seres humanos tienen dos sistemas sincrónicos que activan y regulan la emoción (Gianotti, 2012).

El sistema de emoción fisiológico se presentó primero en la evolución de la humanidad (sistema límbico), mientras que el sistema de emoción cognitivo apareció después, conforme los seres humanos se convirtieron en seres más sociales (el neocórtex) (Reeve, 2003). El sistema biológico primitivo y el sistema cognitivo contemporáneo se combinan para proporcionar un mecanismo de dos sistemas altamente adaptativo como se muestra en la Figura 1.

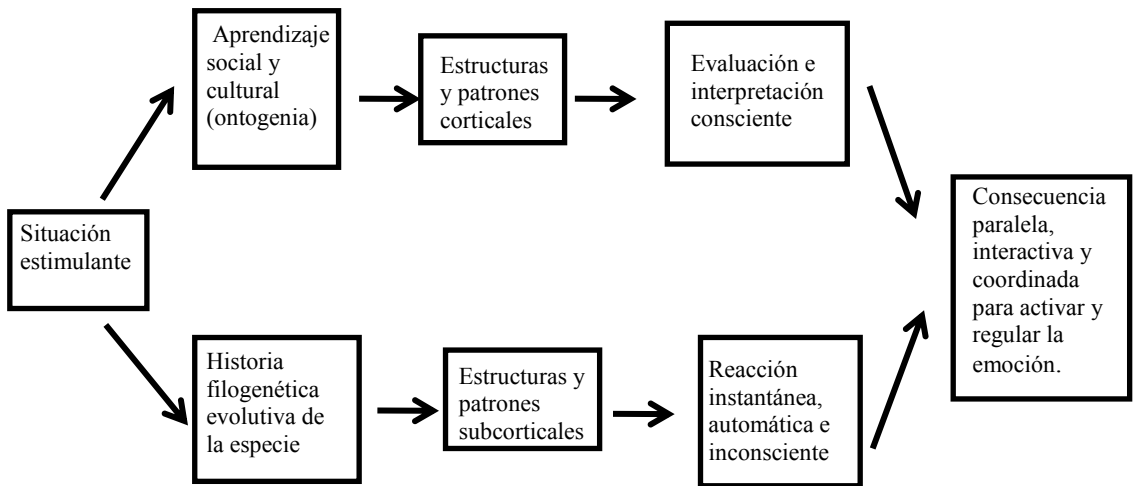


Figura 1. Proceso emocional basado en la teoría de los dos sistemas. Adaptado de "Motivación y emoción" por J. Reeve, 2003, México: McGraw-Hill.

En el modelo ilustrado el sistema biológico se encuentra en la parte de abajo y remonta sus orígenes hasta la antigua historia evolutiva de las especies. La información sensorial se procesa de forma rápida, automática e inconsciente mediante estructuras y retos subcorticales (límbicos). El segundo sistema es cognitivo y depende de la exclusiva historia de aprendizaje social y cultural del individuo. La información sensorial se procesa de modo valorativo, interpretativo y consciente a través de los caminos corticales. Los dos sistemas de emoción son

complementarios (más que competitivos) y trabajan juntos para activar y regular la experiencia emocional.

El enfoque del sistema dual de la emoción se perfecciona al hacer hipótesis respecto al modo en que interactúan los sistemas de emoción biológico y cognitivo. En vez de existir como sistemas paralelos, ambos interactúan y se influyen mutuamente. En este modelo, los acontecimientos significativos de la vida se valoran, estos juicios activan los sistemas biológicos y la forma en que tales sistemas biológicos se expresan mediante despliegues emocionales que el conocimiento cultural filtra (Catanzaro, 2001).

1.6. Comportamiento emocional

El comportamiento emocional hace referencia a los actos que expresa el individuo y las manifestaciones corporales que se presentan en determinados momentos. Dadas las condiciones anteriores, por ejemplo estímulos. Dadas las condiciones anteriores, son conductas emocionales la agresividad, impulsividad, irritabilidad, etc. (Pérez y Timoneda, 2002)- Se considera además comportamiento emocional las reacciones viscerales que conlleva el proceso emocional así como las elaboraciones cognitivas que se presentan. (García, 1993).

La expresión directa de las emociones puede ser socialmente inadaptada; es por esto, que muchas veces tratamos de regular voluntariamente nuestras emociones, de tal manera que sean adecuadas al contexto (Fucuyama, et al., 2006). El comportamiento emocional es complejo y se caracteriza por la acción de múltiples estructuras y

sistemas que permiten que el comportamiento emocional sea flexible y adaptado al medio del individuo (Hu et al., 2009; Hu et al., 2012).

La característica particular del comportamiento emocional en el hombre, está determinada por su origen social. Si bien es cierto que la emoción conlleva respuestas autónomas y patrones de comportamiento y expresión innatos, conforme el individuo se va desarrollando aprende normas de comportamiento que determinan cómo responderá a la experimentación de una emoción específica en un ambiente concreto; así como la adquisición de estrategias que le faciliten regular éste comportamiento.

II. BASES CEREBRALES DE LA EMOCIÓN

La organización neuronal de la emoción humana se está compuesta por múltiples niveles cerebrales, desde los reflejos adaptativos elementales del sistema cerebral más antiguo, pasando por la compleja integración visceral y somática del hipotálamo y el tálamo; hasta el control de la memoria y la cognición en los circuitos corticolímbicos (Derryberry, Luu y Tucker, 2000).

Las estructuras subcorticales son imprescindibles para entender todas las dimensiones de la conducta emocional. Las estructuras cerebrales que mayor atención han recibido en el ámbito del reconocimiento, evaluación y valoración de la emoción han sido las que conforman el sistema límbico (Mestre y Palmero, 2004). El sistema límbico proporciona al animal los medios para arreglárselas con el ambiente y con otras especies que se encuentran en ese lugar. La mayor parte del sistema límbico se ocupa de las actividades primordiales, mientras otras están relacionadas con sentimientos y emociones (Boutros, Clark, y Méndez, 2007).

El Sistema Límbico es una compleja parte del cerebro fundamental para la comprensión de las emociones. Papez en 1937 presentó una teoría de las emociones de los mamíferos superiores en términos de las funciones de la corteza, el sistema límbico y del hipotálamo (López, 1997). Sostuvo que las emociones influyen sobre la conciencia y por tanto, a la corteza, y a su vez las funciones cognitivas elevadas influyen sobre las emociones, por lo que el sustrato emocional debe comunicarse directamente con las funciones corticales superiores (Catanzaro, 2001).

2.1. Sistema límbico.

El sistema límbico incluye el lóbulo límbico y todas las estructuras corticales y subcorticales relacionadas con él como se muestra en la Figura 2, entre ellas las siguientes (Afifi y Bergman, 2006):

1. Núcleos septales
2. Amígdala
3. Hipotálamo
4. Tálamo
5. Formación reticular del tallo cerebral
6. Epitálamo
7. Áreas no corticales en la región frontotemporal basal
8. Corteza olfatoria
9. Partes ventrales del estriado

Las estructuras que están vinculadas estrechamente con el sistema límbico son:

- Sistema olfativo
- Cortezas de asociación sensorial
- Núcleo accumbens
- Corteza orbital prefrontal.

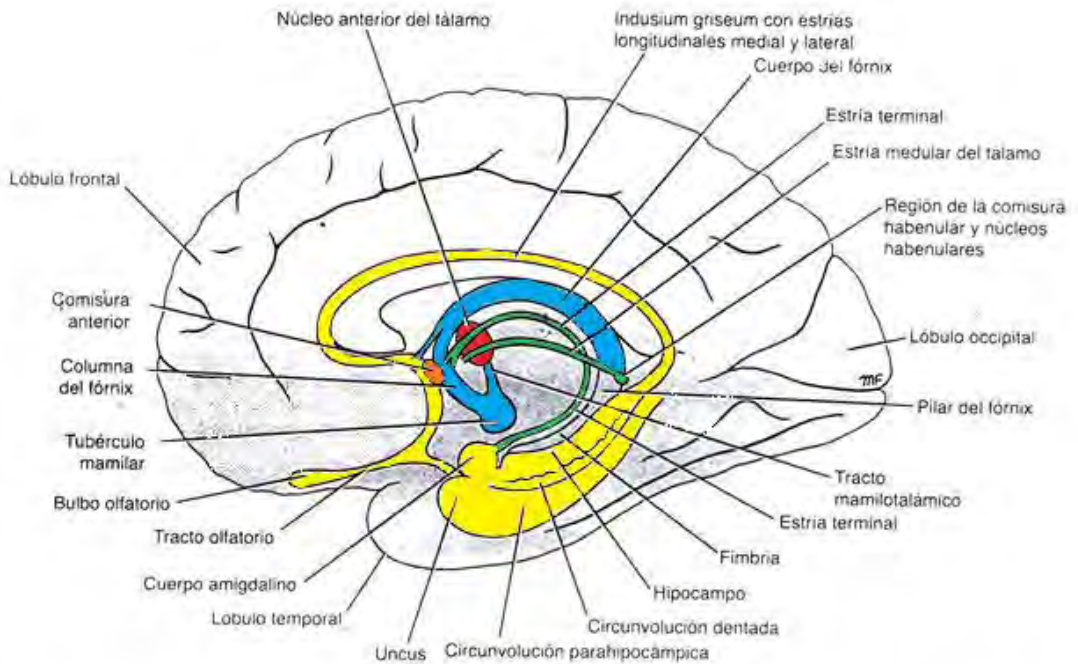


Figura 2. Cara medial del hemisferio cerebral derecho que muestra las estructuras que forman parte del sistema límbico. Tomado de *"Neuroanatomía Clínica"* por R. S. Snell, 2007, España: Panamericana.

El proceso emocional se lleva a cabo por estas estructuras de la siguiente manera (Barbas, Ghashghaei y Hilgetag, 2007; Boutros et al., 2007; Afifi y Bergman, 2006):

La amígdala recibe información sensorial de todas las modalidades y está en contacto con el hipocampo, el prosencéfalo basal y los ganglios basales, que son estructuras importantes en los procesos de memoria y de atención, así como con el hipotálamo, que es fundamental para el control de la homeostasis y la regulación neuroendocrina.

El estímulo es reconocido y se asocia con una dimensión afectiva. La evidencia sugiere que la amígdala representa el sistema central del miedo y que es crítica en la adquisición y expresión del miedo condicionado, así como de la ansiedad. El

significado emocional apropiado es asociado si el hecho actual ocurre en una atmósfera aprendida previamente relacionada con hechos sociales y otras formas de comportamiento de afiliación (Boutros et al., 2007).

La amígdala responde activando grupos de conexiones: primero, recluta respuestas autónomas y endocrinas apropiadas por medio de sus conexiones con el hipotálamo y el tallo cerebral. Segundo, la amígdala envía señales de regreso al hipocampo para reafirmar el significado emocional de las señales que entraron simultáneamente al hipocampo. Por último, tanto el hipocampo como la amígdala proyectan señales de regreso a las cortezas de asociación sensorial, donde con el tiempo, probablemente se crea la memoria del suceso (Rolls, 1999; Aguado, 2002; Boutros et al., 2007 y Pessoa, 2010).

La amígdala interviene en la adquisición del miedo condicionado a señales que anticipan peligro o amenaza. La amígdala lleva a cabo una función selectiva sobre el material a memorizar de acuerdo al *arousal* emocional (Cahill y Kilpatrick, 2003). En este sentido, la amígdala tiene un papel importante en el desencadenamiento de respuestas emocionales, interviniendo de forma decisiva en el reconocimiento, aprendizaje y respuesta ante estímulos afectivos (Bechara, Martínez-Selva, Roman y Sánchez-Navarro, 2006).

La corteza cingulada anterior está relacionada con el proceso de control o monitorización de la propia conducta que incluye procesos evaluadores y de inhibición de respuesta, en el que también interviene la corteza orbitofrontal lateral.

En el proceso emocional, el estímulo, a través de las vías aferentes, alcanza la formación reticular, hasta llegar al tálamo; desde esta estructura diencefálica, y de forma específica, la estimulación se dirige hacia la zona cortical especializada en el

análisis y significación del mismo. Tras este proceso, en el que tiene lugar la evacuación y la valoración del estímulo o situación, se prepara la respuesta apropiada para superar la exigencia concreta (Crossman y Neary, 2007).

El hipotálamo y en especial el cuerpo mamilar, forman uno de los niveles básicos del circuito. Al hipotálamo llega información sensorial de los receptores periféricos. De aquí la información sensorial es proyectada por las fibras que forman las decusaciones supraópticas y tuberal del hipotálamo, las cuales están conectadas con el cuerpo mamilar. El hipotálamo conforma otro nivel de integración ya que recibe fibras de la corteza cerebral y transmite impulsos al cuerpo mamilar. Papez consideró que los mecanismos emocionales son integrados en la formación hipocámpica. De esta forma, los procesos implicados en la regulación de las actividades viscerales y la expresión emocional que ocurren a nivel del hipotálamo, se relacionarían con los fenómenos psíquicos que resultan de la actividad cortical (Crossman y Neary, 2007). Las conexiones que permiten ésta comunicación se ilustran en la Figura 3.

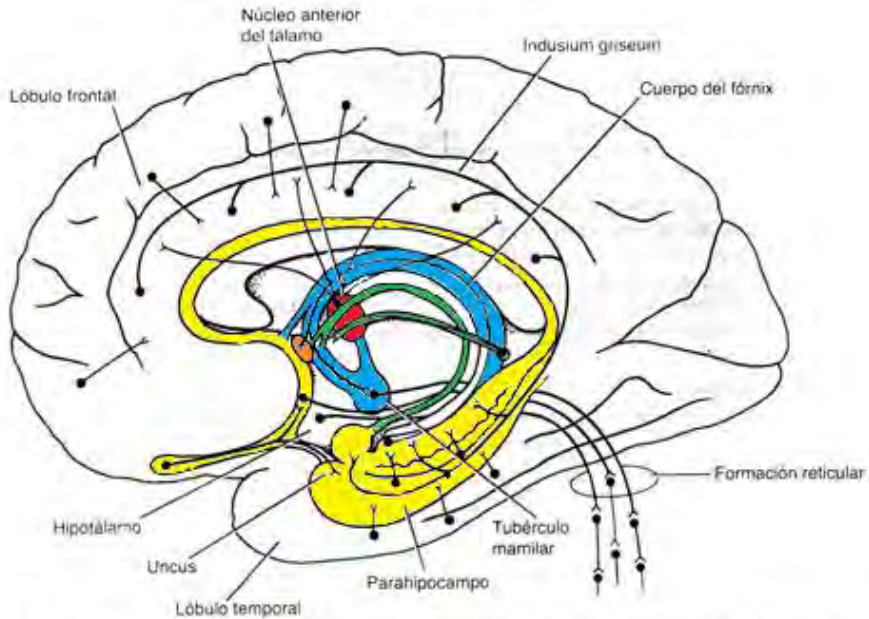


Figura 3. Diagrama que muestra algunas conexiones aferentes y eferentes importantes del sistema límbico. Tomado de de “*Neuroanatomía Clínica*” por R. S. Snell, 2007, España: Panamericana

De acuerdo con Crossman y Neary (2007) Paul MacLean desarrolló a partir de las ideas de Papez una teoría más elaborada y fundamentada empíricamente, llamada teoría del cerebro triuno. Esta teoría sitúa el estudio científico de la emoción en el contexto de la evolución del cerebro. Propone el proceso emocional en tres niveles:

- 1) El más primitivo o cerebro reptiliano, corresponde al sistema motor extrapiramidal que determina la ejecución de rutinas motoras tendentes a la conservación del individuo, además de las necesidades básicas.
- 2) Sistema límbico o cerebro paleomamífero, compuesto a su vez por:
 - a) Amígdala: conducta defensiva.
 - b) Septal: conducta sexual y reproductiva.
 - c) Talámico-cingulado: apego.

- 3) Neocorteza: corteza prefrontal como es sistema que permite tanto la experiencia emocional consciente como la influencia de los procesos cognitivos superiores.

Desde el modelo de proceso emocional descrito, así como el modelo del cerebro triuno, puede ilustrarse, los distintos niveles en los que intervienen las diversas estructuras cerebrales en la emoción. Como se puede notar en el proceso emocional, las estructuras subcorticales se encargan de preparar al cuerpo para una emitir una respuesta, pero son las estructuras corticales las que permiten emitir una respuesta compleja que se adapte al contexto.

2.2.Diferenciación hemisférica.

La distribución de los diversos elementos emocionales no es simétrica entre ambos hemisferios cerebrales; el hemisferio derecho se encuentra implicado en la comprensión y expresión de los aspectos afectivos del lenguaje y los elementos corporales de la expresión emocional, de modo que la mitad izquierda del cuerpo expresa las emociones en mayor medida. (Belmonte, 2007)

Gianotti (2012) afirma que son tres los principales modelos sobre la lateralización del proceso emocional:

- 1) Hipótesis de la valencia: propone la dominancia del hemisferio izquierdo para las emociones positivas y el hemisferio derecho para las emociones negativas.
- 2) Hipótesis del hemisferio derecho: supone la dominancia general del hemisferio derecho para cualquier tipo de emoción.

- 3) Hipótesis del tipo de emoción: establece la dominancia del hemisferio derecho en la modulación sobre las emociones básicas, y del hemisferio izquierdo sobre las emociones sociales.

El apoyo a la hipótesis del tipo de emoción se basa en los hallazgos que caracterizan la función del hemisferio derecho como procesos inconscientes y autonómicos, mientras que el hemisferio izquierdo está caracterizado por la prevalencia de procesos cognitivos conscientes e intencionados (Gianotti, 2012).

En el caso de la amígdala Aleman, Baas y Kahn (2004) afirman que tiene mayor actividad la izquierda que la derecha en el proceso emocional: sujetos con lesión en la amígdala indican que la actividad de ésta favorece la memoria de material emocional y la reconocimiento de expresiones afectivas La amígdala izquierda está relacionada con el procesamiento de información afectiva por medio del lenguaje, es decir obtenida por medio de lectura o comunicación verbal. Su activación se encuentra relacionada con la información emocional cognitivo-perceptual. La amígdala derecha se relaciona con el procesamiento de la información afectiva imagen-pictórica, es decir, tiene mayor actividad con estímulos emocionales visuales. Cuando el *arousal* emocional ocurre, automáticamente se activa la amígdala derecha (Aleman et al., 2004).

III. PAPEL DEL LÓBULO FRONTAL EN LA REGULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EMOCIONAL

Las primeras asociaciones del lóbulo frontal con las funciones intelectuales superiores se hicieron hace 2000 años, esto en Grecia y Roma (Jódar, 2004). En el siglo diecinueve Gall y Spurzheim propusieron que los lóbulos frontales podían ser los responsables del habla y del cálculo, en 1863 Broca describió diversos casos de “afemia” tras lesiones en el giro frontal izquierdo.

Finalmente en 1868 cuando el Dr. Harlow relató el caso de Phineas Gage, quien sufrió una herida penetrante en la región frontal causada por una barra de hierro, que produjo graves secuelas emocionales que privaron totalmente al sujeto del control sobre su conducta. Este fue el punto de partida del conocimiento actual acerca del papel del lóbulo frontal en la inhibición y el control del comportamiento emocional.

A medida que se fueron desarrollando especies superiores nuevos sectores del cerebro se añadieron a los viejos, y este *nuevo cerebro*; el neocortex, hizo posible formas más elaboradas de adaptación que no tenían disponibles las especies menos evolucionadas (Moltó, 1995).

Por la relación que presentan los lóbulos frontales con los procesos más complejos del ser humano, como formular metas, hacer planes para lograrlas y evaluar el éxito de nuestras acciones, Goldberg (2002) los ha llamado el *órgano de la civilización*; afirma que los lóbulos frontales otorgan al organismo la capacidad de crear modelos neuronales de cosas como un prerrequisito para que sucedan, modelos de algo que no existe aún pero que deseamos hacer real.

3.1. Embriología de los lóbulos frontales.

Durante el desarrollo embrionario ocurren procesos de reproducción, diferenciación y organización celular, que se llevan a cabo en una secuencia espacial y temporal sumamente precisa. El sistema nervioso se origina de la hoja blastodérmica externa del embrión, es decir, el ectodermo. Hacia el principio de la tercera semana del desarrollo embrionario se produce una proliferación celular en la parte media y dorsal del ectodermo, lo que ocasiona el engrosamiento de esta zona originándose así la placa neural. Los bordes laterales de la placa neural se elevan al mismo tiempo que su parte central se hunde ventralmente y se forma así el surco neural que se hace cada vez más profundo, sus paredes se elevan y se acercan gradualmente en su parte dorsal hasta fusionarse quedando constituido el tubo neural. La unión de las paredes neurales avanza hacia delante y hacia atrás, quedando abierto el tubo neural solamente en sus extremos cefálico y caudal, en los neuroporos anterior y posterior (López, 1997).

Antes del cierre de los neuroporos, aparecen dilataciones en la región cefálica del tubo neural, constituyéndose las vesículas cerebrales como muestra la Figura 4. Hacia el final de la cuarta semana del desarrollo pueden reconocerse tres vesículas cerebrales primarias: Prosencéfalo, Mesencéfalo y Rombencéfalo. Para la quinta semana, el encéfalo del embrión está constituido por cinco vesículas cerebrales secundarias que derivan de las primarias: del prosencéfalo provienen el telencéfalo y el diencefalo; el mesencéfalo no se divide ni cambia de nombre y del rombencéfalo se originan el metencéfalo y el mielencéfalo (Carlson, 2000).

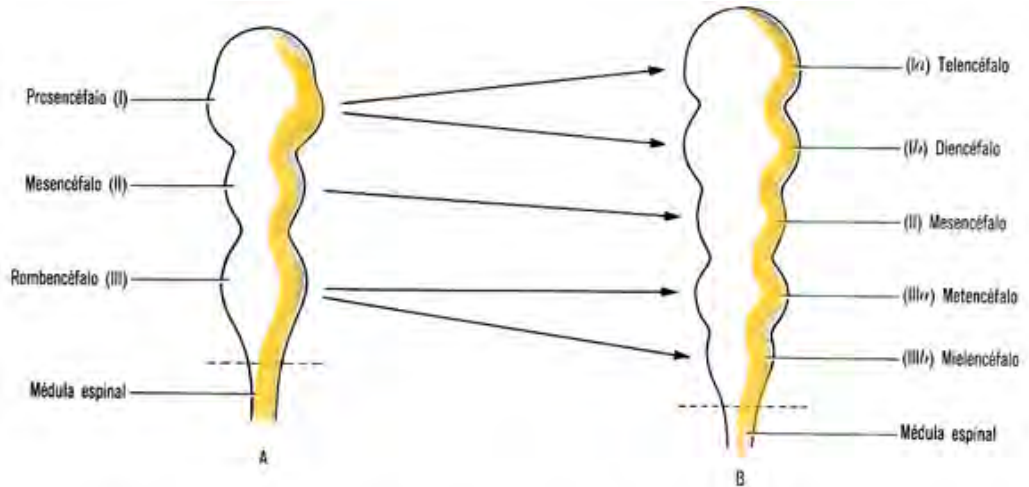


Figura 4. Esquema de las vesículas cerebrales primarias (A) y secundarias (B). Tomado de "Embriología humana y biología del desarrollo" por B. N. Carlson, 2000, México: Harcourt.

Embriológicamente la corteza cerebral deriva del telencéfalo, en su mayor parte de la región supraestriada de dicha vesícula. Hacia el segundo mes de gestación, la capa del manto prolifera en la zona basal del hemisferio, donde da origen a cuerpo estriado que llega a la cavidad del futuro ventrículo lateral. El resto de la vesícula telencefálica que ocupa la porción dorsolateral, permanece de poco espesor y forma el esbozo del palio o corteza cerebral.

El paleopalio o corteza piriforme, aparece en embriones de 20-25 mm. Finalmente, se desarrolla la neocorteza a partir de la región supraestriada de la pared de la vesícula cerebral. La primera región cortical que se diferencia es la correspondiente al área parietal; posteriormente se desarrollan los lóbulos frontal, temporal y occipital. Posteriormente se produce diferenciación en la población celular de la corteza y se inicia la estratificación característica. Simultáneamente, se originan

fibras que parten de la corteza a otras regiones de la misma o a niveles subcorticales y comienzan a llegar las procedentes de otras zonas corticales o del tálamo.

3.2. Maduración.

El desarrollo de los lóbulos frontales es reciente filogenéticamente y tardío durante la ontogenia. La maduración morfológica sólo se alcanza alrededor de la pubertad e incluso más tarde (Ardila y Rosselli, 2007). El cerebro es un órgano que continúa su desarrollo después del nacimiento, existe una secuencia natural en el desarrollo del sistema nervioso, el cual adquiere características particulares de cada especie. Esta secuencia temporal produce una serie de eventos tanto morfológicos como bioquímicos. En el neonato, los procesos de dendrogénesis y axogénesis se encuentran activos y continúan por lo menos hasta el cuarto año de vida (Flores, 2006).

La adquisición de las funciones ejecutivas muestra un comienzo alrededor de los 12 meses de edad y de ahí se desarrolla lentamente con dos picos a los 4 y los 18 años, se estabiliza posteriormente y declina en la vejez. El aumento del volumen de la corteza prefrontal es lento hasta la edad de 8 años , rápido entre los 8 y 14 años de edad y en adelante se estabiliza hasta adquirir los valores del adulto hacia los 18 años (Alfonso, Luzondo y Papazian, 2006).

La progresiva mielinización de las proyecciones desde dentro y hacia la corteza prefrontal se reflejan en un incremento de sustancia blanca; la mielinización de estos tractos axonales (que conectan la corteza prefrontal con otras estructuras corticales y subcorticales) puede incrementar las capacidades neurofisiológicas de la corteza

prefrontal. Esta mielinización de la corteza prefrontal, continúa aún en la segunda década de la vida, con cambios que se amplían hasta la edad de treinta años (Flores, 2006).

La maduración de los lóbulos frontales a lo largo de la vida, ilustra la complejidad de su actividad, así como el papel determinante que tiene la interacción social en su desarrollo. Éste carácter complejo y socialmente determinado, apoya la hipótesis de que efectivamente el papel que desempeña el lóbulo frontal en la regulación del comportamiento emocional se caracteriza por la presencia de procesos cognitivos complejos que se van perfeccionando (en cuanto a estrategias y éxito) a lo largo del desarrollo social del individuo.

3.3. Neurotransmisores.

Existen tres sistemas o circuitos dopaminérgicos en el cerebro: mesolímbico, mesocortical y nigroestriado (Alfonso et al., 2006).

- 1) El sistema mesolímbico se origina en la región ventral de tegmento mesocefálico y terminan haciendo sinapsis en el sistema límbico. La frecuencia y la descarga de estas neuronas aumentan en respuesta a una recompensa inesperada.
- 2) El sistema mesocortical se origina en la región ventral del tegmentomesocefálico y proyecta a la corteza parietal, temporal y prefrontal de asociación. Estas neuronas están involucradas en FE como la inhibición de la respuesta, control motor, atención y memoria de trabajo. La disminución

de la dopamina sináptica a nivel de la corteza prefrontal produce alteraciones en la función ejecutiva relacionada con el planeamiento de la respuesta.

- 3) Los tractos dopaminérgicos en las áreas prefrontales se originan en la región tegmental del mesencéfalo. Los blancos de estos tractos mesencefálicos incluyen las regiones límbicas periamigdalas y entorrinal. (Boutros et al., 2007).

Una de las principales funciones de la dopamina en la corteza prefrontal es inhibitoria y se relaciona con el soporte de procesos como la memoria de trabajo. Participa activamente en los mecanismos de recompensa y se ha identificado un rol activo en la neurofisiología de la esquizofrenia (Flores, 2006).

El papel que desempeña la dopamina en la corteza prefrontal se considera determinante para el control de respuestas que no son adecuadas, se inhiben las respuestas impulsivas y se llevan a cabo respuestas adaptativo-social, así como el aprendizaje de esquemas de respuesta que se adecuen a una situación dada.

3.4. Anatomía del lóbulo frontal.

El lóbulo frontal comprende a una amplia porción de la corteza delimitada por el polo anterior del cerebro, la cisura central de Rolando y una prolongación artificial que, desde el final de esta cisura, llega hasta la cisura de Silvio. Las cisuras frontal superior y frontal inferior delimitan de arriba y abajo. Una cisura precentral marca con la cisura central los márgenes de la circunvolución precentral. La base frontal se denomina zona orbital. En su cara medial, los márgenes son imprecisos, por lo que se debe guiar por la cisura callosa y por ramas marginales de las cisuras del cíngulo y

del cuerpo calloso. (Barraquer et al., 2000) Se extiende desde el polo frontal del hemisferio hasta las cisuras central y lateral. Presenta los surcos frontales superior e inferior casi paralelos al borde dorsal del hemisferio y el surco precentral casi vertical, paralelo al surco central. Los surcos frontales limitan tres circunvoluciones: frontal superior, frontal medial y frontal inferior (López, 1997).

Los lóbulos prefrontales forman la división de mayor tamaño de la corteza en el ser humano, con una eferencia diversa que se extiende al hipotálamo y también al estriado, subtálamo y cerebro medio. Recibe aferentes del núcleo dorsomedial del tálamo; éste a su vez recibe fibras no sólo de regreso desde el lóbulo frontal, sino también del hipotálamo y de otras partes del sistema límbico, un área predominantemente relacionada con funciones como la emoción y la motivación. (Carpenter, 1998)

Brodmann y revisiones posteriores dividieron la corteza frontal en 15 áreas citoarquitectónicas: 4,6,8,9,10,11,12,24,25,32,33,44,45,46 y 47 (Figura 5). Se ha encontrado además, la necesidad de separar la corteza frontal en al menos cinco zonas funcionalmente especializadas (Barraquer et al., 2000):

- La corteza motora o área primaria motora: se refiere preferentemente al área 4 de Brodmann. Considerada como el área primaria motora. Es una zona encargada del control de los movimientos aprendidos.
- Corteza premotora: tiene funciones motoras y cognitivas más complejas, incluye la región premotora que es el área 6 de Brodmann y la zona denominada corteza arqueada. Estos campos frontales controlan los movimientos oculares: sacádicos, voluntarios y, en parte, aquellos necesarios en el seguimiento o búsqueda de objetos.

- El *operculum* frontal: se refiere a la *parsopercularis* (área 44), *triangularis* (área 45) y *orbitalis* (área 47). Las áreas 44 y 45 constituyen en el hemisferio izquierdo el área de Broca del lenguaje; ésta área de Broca es una zona asociativa motora que integra los aspectos activadores (límbicos) del lenguaje, los aspectos semánticos y los aspectos de planificación motora involucrados en la iniciación del lenguaje y el habla.
- La zona prefrontal o corteza asociativa frontal.
- La zona paraolfatoria o subcallosa (área 25)

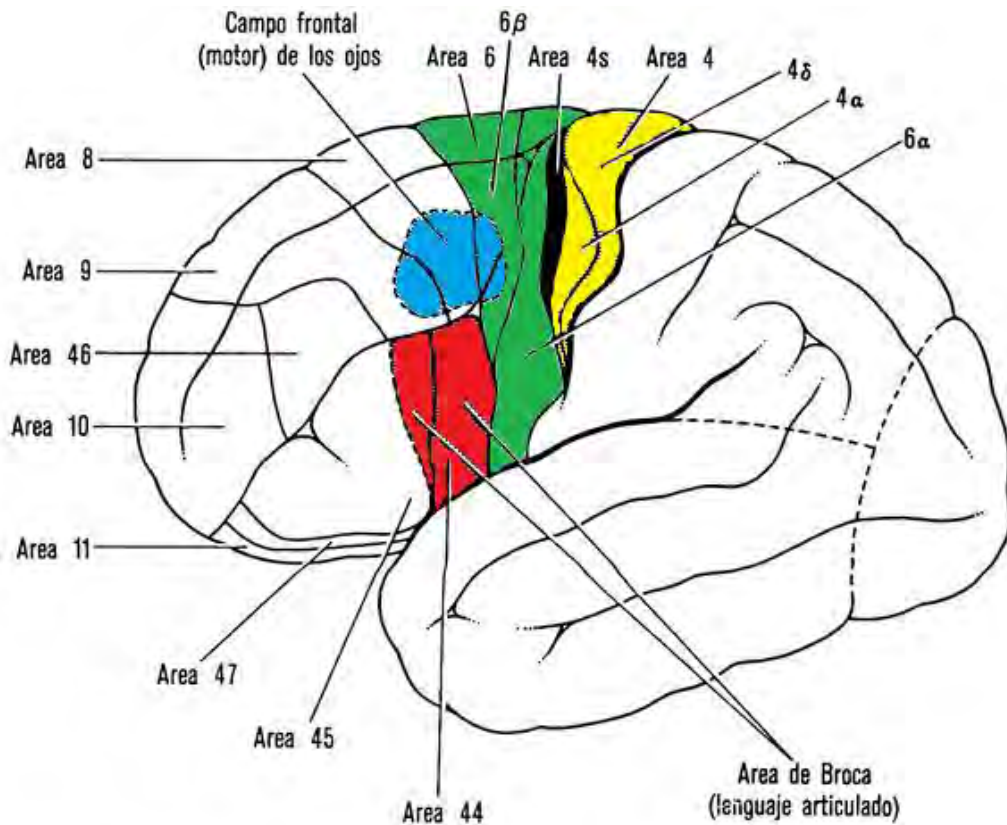


Figura 5. Áreas funcionales del lóbulo frontal. Tomado de "anatomía funcional del sistema nervioso" por L. A. López, 1997, México: Noriega Editores.

El mapa de Brodmann es el más utilizada en la clínica neurológica y neuropsicológica, sin embargo, a pesar de los minuciosos estudios histológicos en base a los cuales se han definido las áreas corticales, en la mayoría de los casos no ha sido posible establecer la correlación morfofuncional de estas áreas (Afifi y Bergman, 2006).

La división de la neocorteza en capas fue el resultado final de estudios citoestructurales (organización basada en estudios de células teñidas) y mieloestructurales (organización basada en el estudio de preparaciones de fibras mielinizadas). La neocorteza se divide en seis capas y su organización se muestra en la Tabla 2 (López, 1997; Afifi y Bergman, 2006).

Tabla 2

Capas que forman la corteza cerebral.

Capa	Nombre citoestructural	Nombre mieloestructural
I	Molecular	Tangencial
II	Granulosa externa	Disfibrosa
III	Piramidal externa	Supraestrial
IV	Granulosa interna	Externa de Baillarger
V	Piramidal interna	Interna de Baillarger e intersticial.
VI	Multiforme	Infraestrial

Nota: Adaptado de “*Neuroanatomía funcional. Texto y atlas*” por A. K. Afifi y R. A. Bergman, 2006, México: McGraw-Hill.

Estas capas corticales están configuradas de la siguiente manera (Figura 6) (López, 1997; Afifi y Bergman, 2006; Ray y Zald, 2012):

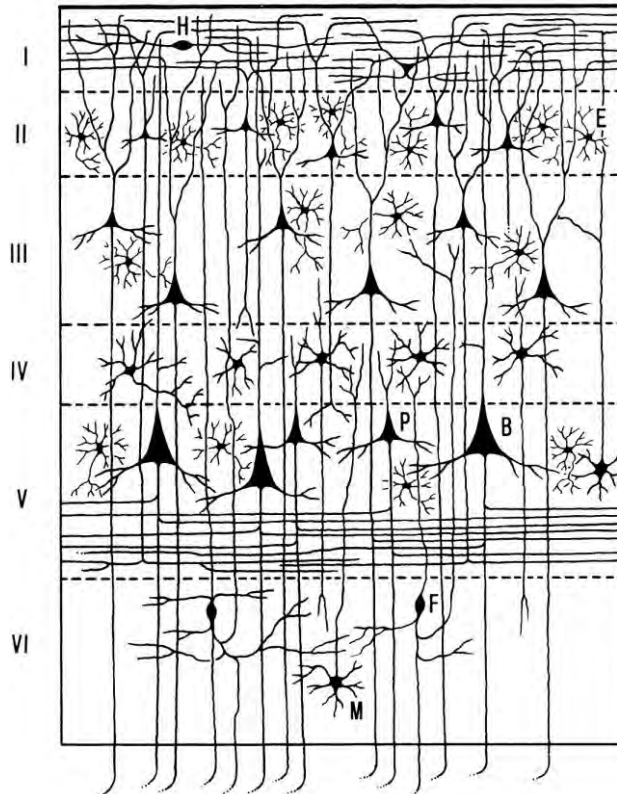


Figura 6. Capas y células corticales. I. Capa molecular II. Capa granular externa III. Capa piramidal externa IV. Capa granular interna V. Capa piramidal interna VI. Capa multiforme. E. Célula estrellada F. Célula fusiforme M. Célula de Martinotti P. Célula piramidal B. Célula de Betz. Tomado de “*Anatomía funcional del sistema nervioso*” por L. A. López, 1997, México; Noriega Editores.

- I. Capa molecular: está formada por un vasto plexo de fibras constituido por dendritas de células situadas en capas más profundas y eventualmente por axones de las células de Martinotti. Contiene células horizontales, de soma pequeño, cuyas prolongaciones se distribuyen tangencialmente en esta capa.
- II. Capa granular externa: contiene gran número de células granulares o estrelladas, células de Martinotti y piramidales de pequeño tamaño.
- III. Capa de piramidal externa: se encuentran numerosas células piramidales de tamaño mediano y algunas grandes en la zona profunda.
- IV. Capa granular interna: en ella abundan células granulares y se hacen escasas las piramidales. Esta capa recibe la información sensorial específica que procede de los núcleos talámicos correspondientes.
- V. Capa piramidal interna: contiene células piramidales de gran tamaño y en el área motora se hallan las células gigantes de Betz, cuyos axones se incorporan al sistema córticoespinal y conducen impulsos a las motoneuronas.
- VI. Capa multiforme: está formada por células de diferente forma, fusiformes, triangulares, redondas, etc., cuyos axones se dirigen a la sustancia blanca subcortical.

Aunque las seis capas pueden ser identificadas en todas las áreas de la existen diferencias entre unas regiones y otras. De acuerdo con Ray y Zald (2012) las características citoarquitectónicas de las diferentes regiones corticales influyen sustancialmente en cómo estas regiones interactúan con otras regiones cerebrales. La corteza del lóbulo frontal contiene en sus dos tercios anteriores células piramidales grandes ubicadas en las capas III y VI, células fusiformes en la sexta capa y las dos capas granulosas muy claras. La corteza motora casi no son aparentes las capas

granulares (II y IV). En cambio, son particularmente abundantes las células piramidales pequeñas y medianas que enriquecen las capas III y V.

De acuerdo con Ray y Zald (2012) otra forma de dividir la corteza para su estudio es por regiones, en el caso de la corteza prefrontal es dividida en seis: dorsal lateral (CPF_{DL}), ventral lateral (CPF_{VL}), frontopolar (FP), ventral medial (CPF_{VM}), orbital frontal (COF) y dorsal medial (CPF_{DM}) como se muestra en la Figura 7.

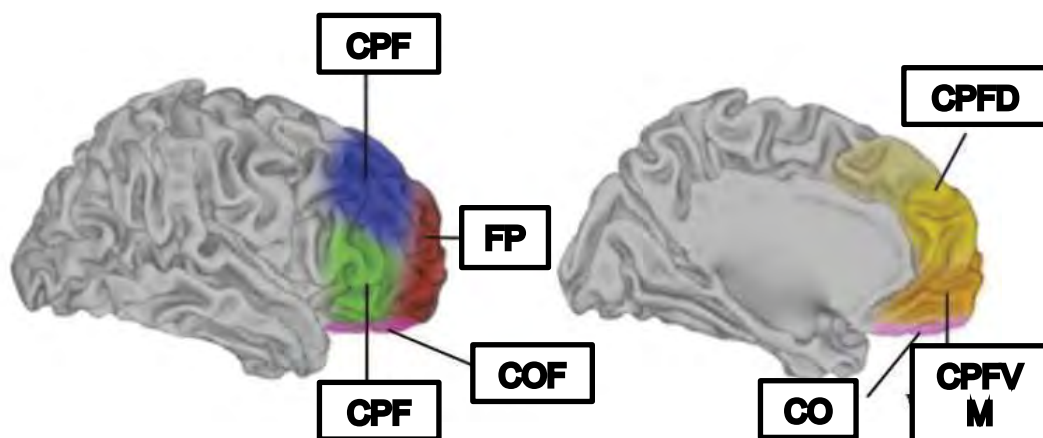


Figura 7. Seis regiones en las que se divide la corteza prefrontal. Tomado de *“Anatomical insights into the interaction of emotion and cognition in the prefrontal*

3.4.1 Conexiones del lóbulo frontal con el sistema límbico.

El lóbulo frontal tiene una importante relación con el Sistema Límbico, cuyos componentes son los núcleos septales, amígdala, hipotálamo, tálamo, formación reticular del tallo cerebral, epitálamo, corteza olfatoria y partes ventrales del estriado. Este conjunto de estructuras neurales, que constituye la parte antigua del cerebro e interviene en la conducta emocional, memoria, integración de respuestas homeostáticas, conducta sexual y la motivación. (Afifi y Bergman, 2006)

Se han demostrado conexiones directas entre la corteza del lóbulo frontal y el hipotálamo (Figuras 8 y 9). Dentro de las vías descendientes el área 6 descarga impulsos a la región mamilar, a las áreas hipotalámicas lateral y posterior y al núcleo ventromedial del hipotálamo. Las áreas 8, 10, 46 y 47 están relacionadas con los núcleos supraóptico y paraventricular de la parte supraóptica del hipotálamo, y la corteza orbital con la región tuberal. Por otra parte a través del fornix se establece una conexión directa entre la corteza y el hipocampo a la región mamilar del hipotálamo. La corteza orbitaria y las áreas 9 y 10 descargan impulsos por fibras que llegan al núcleo dorsomedial del tálamo y de aquí son proyectados al hipotálamo (López, 1997). En general las áreas prefrontales que reciben proyecciones de la amígdala las mandan de regreso a ella, sin embargo áreas que no reciben inputs directos de la amígdala si llevan a cabo proyecciones hacia la amígdala (Ray y Zald, 2012).

De manera ascendente el hipotálamo descarga impulsos a la corteza frontal por medio de los núcleos anterior y dorsomedial del tálamo. El núcleo anterior, recibe impulsos del cuerpo mamilar a través del haz mamilotalámico y los proyecta a la corteza del cíngulo y al área 32 en la superficie medial de lóbulo frontal que es considerada como una zona de integración de las actividades somáticas y viscerales (Afifi y Bergman, 2006). Ray y Zald (2012) afirma que la corteza orbitofrontal y prefrontal medial reciben un número considerable de inputs provenientes de la amígdala. Estos inputs son específicos y se concentran en las regiones citoarquitectónicamente menos desarrolladas.

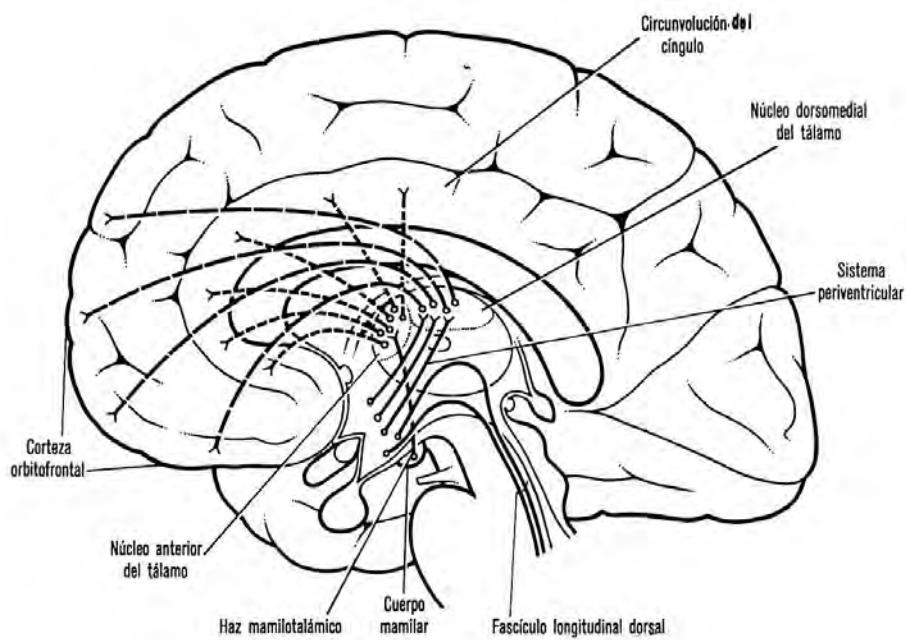


Figura 8. Esquema de algunas conexiones intrínsecas del hipotálamo y de éste con la corteza orbitofrontal. Tomado de “*Anatomía funcional del sistema nervioso*” L. A. López, 1997, México: Noriega Editores.

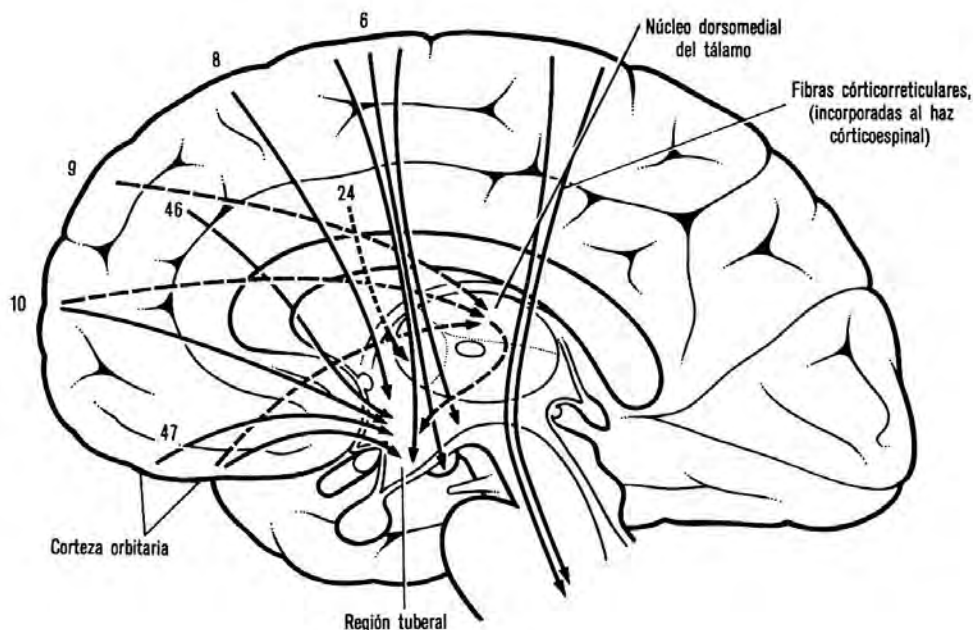


Figura 9. Conexiones aferentes al hipotálamo provenientes de la corteza prefrontal. Tomado de “*Anatomía funcional del sistema nervioso*” por L. A. López, 1997, México: Noriega Editores.

La corteza prefrontal orbital está relacionada íntimamente a través del fascículo uncinado con la ínsula anterior, el lóbulo temporal, el lóbulo parietal interior y la amígdala. Esta conexión la ponen en la posición de evaluar y regular la información del sistema límbico que puede ser usada por la corteza motora para efectuar una respuesta. La corteza orbital juega un papel dominante para mediar la excitación. El control inhibitorio surge en la corteza orbital y prefrontal medial. La inhibición puede ayudar a evitar la distracción y apoyar al componente de la atención sensorial selectiva. Un papel primario de la corteza orbital es la adquisición de

comportamientos apropiados y la inhibición de los inapropiados con base en las contingencias de recompensa (Kastner, Pessoa y Ungerleider, 2002; Boutros et al., 2007).

De acuerdo con Chow y Cummings (2007) los circuitos fronto-subcorticales componen un complejo sistema de comunicación que modula la expresión de la cognición y la emoción, es decir, regulan el comportamiento. Se establece además que son cinco los circuitos fronto-subcorticales:

- 1) Circuito prefrontal dorsal lateral.
- 2) Circuito fronto-subcortical superior medial.
- 3) Circuito orbitofrontal lateral.
- 4) Circuito orbitofrontal medial.
- 5) Circuito inferotemporal-subcortical.

Los circuitos orbitofrontal lateral y medial intervienen en la empatía y el comportamiento socialmente aceptado, la lesión en estos circuitos provoca irritabilidad, falta de tacto, euforia y cambios en la personalidad.

Para Belmonte (2007):

En general, estas conexiones son fundamentales para la elaboración de conductas emocionales complejas, que conllevan un juicio de valor de la situación y una medida de las consecuencias de nuestras acciones para poder realizar decisiones racionales que nos resultan ventajosas. Pero además constituyen la base de los sentimientos, que son el componente consciente de la emoción (p. 67).

3.5. Funciones del lóbulo frontal.

La corteza prefrontal realiza un control supramodal sobre las funciones mentales básicas localizadas en estructuras basales o retrorolándicas. Este control lo lleva a cabo por medio de las funciones ejecutivas, que a su vez, también se distribuyen de manera jerárquica, aunque con una relación interactiva entre todas estas estructuras (Muñoz, Pelegrín y Tirapu, 2002).

Las regiones frontales del cerebro están involucradas en la inhibición de respuestas inadecuadas y en la planeación, evaluación y organización de conductas que conducen a una meta definida, en su conjunto estas actividades se conocen como funciones ejecutivas (Ardila y Ostrosky, 1991).

Los lóbulos frontales, a través de las funciones ejecutivas, no solamente programan la conducta sino que también seleccionan, planifican y organizan temporalmente los procesos cognitivos, y dotan a la conducta de una cronología, de una estructura temporal (Muñoz et al., 2002; Cubillo, Halari, Rubia, Smith y Taylor, 2012). Estas funciones son primordiales en todos los comportamientos necesarios para mantener la autonomía personal; asimismo, fundamentan la personalidad y el mantenimiento del comportamiento; la conciencia, la empatía y la sensibilidad social (Barraquer et al., 2000).

Las funciones ejecutivas, de acuerdo con Alfonso et al. (2006), consisten en una serie de operaciones mentales que nos permiten resolver problemas deliberadamente: 1) la inhibición de la respuesta prepotente, de las respuestas o patrones de respuesta en marcha y de la interferencia de otros estímulos no relevantes. 2) Activación de la memoria de trabajo verbal y no verbal. 3) Autorregulación del estado de alerta,

emocional y motivacional. 4) Planteamiento, planeamiento, ordenamiento y evaluación de los resultados.

Inhibición

La inhibición es un proceso mental que depende de la edad y que proporciona la capacidad de inhibir la respuesta actual o en marcha, así como el control de estímulos distractores. La región de la corteza prefrontal responsable de este proceso mental es la región ventrolateral derecha. La mejoría del proceso de inhibición con la edad se debe a la maduración secundaria de la corteza prefrontal (lateral dorsal y medial orbital). El efecto inhibitorio orbitomedial tiene la función de suprimir los *inputs* internos y externos que pueden interferir en la conducta, en el habla o en la cognición. Estos estímulos irrelevantes serían: 1) los impulsos y conductas instintivas, 2) interferencias procedentes de los sistemas sensoriales que no se relacionen con la acción a desarrollar y 3) representaciones motoras de las acciones que no se relacionan o que no son compatibles con la meta actual (Jódar, 2004).

La capacidad del lóbulo frontal de intervenir en otros procesos neuronales que se llevan a cabo dentro y fuera de la corteza prefrontal permite controlar las tendencias a generar respuestas impulsivas originadas en otras estructuras cerebrales, regula por tanto conducta y atención. (Flores, 2006).

Memoria de trabajo

Se trata de un proceso mental con capacidad limitada para almacenar, monitorizar y manejar información; se divide en fonológica, semántica y visoespacial. La memoria de trabajo es un proceso que también depende de la edad, mejora con ésta y alcanza su máximo alrededor de los 11 años. Los estudios de neuroimagen funcional en

humanos muestran activación de la corteza prefrontaldorsolateral y ventrolateral (Alfonso et al., 2006). Se puede definir la memoria de trabajo como la retención temporal de un ítem de información para la solución de un problema o una operación mental, consiste en una activación temporal de información previamente almacenada (Jódar, 2004).

En múltiples situaciones, en la vida cotidiana, existe la necesidad de resolver un problema, en tales situaciones, nuestro cerebro debe seleccionar qué tipo de información es relevante y evocarla, ignorando toda la información que hemos almacenado y no nos sirve en ese momento. A dicho proceso de selección de recuerdos relevante en una situación determinada se le llama *memoria de trabajo* (Goldberg, 2002). La memoria de trabajo puede ser definida también como un sistema para mantener y manipular temporalmente cierta información, lo cual forma parte de un amplio rango de tareas cognitivas como aprender, razonar y comprender (Baddeley, 1997).

La mayoría de los actos de memoria de la vida real implican el decidir qué tipo de información es útil para mí en ese instante, y luego seleccionar esta información de entre el enorme conjunto de conocimiento disponible. Goldberg (2002) afirma:

“Dada la cantidad total de información diversa disponible para nosotros en cualquier instante dado, estas decisiones no son ni mucho menos triviales. Requieren intrincadas computaciones neurales, que son llevadas a cabo por los lóbulos frontales. La selección de la información apropiada para la tarea ocurre automáticamente y sin esfuerzo, y la suavidad de esta selección está asegurada por los lóbulos frontales” (p.91).

Planeamiento de la respuesta

Se trata de un proceso mental que depende de la edad con capacidad limitada para prever o anticipar el resultado de la respuesta a fin de solucionar el problema. El sustrato anatómico es la corteza prefrontaldorsolateral (Alfonso et al., 2006). El entorno en el que se desarrolla el ser humano cambia de manera constante, por lo que los esquemas mentales con los que cuenta deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a dichos cambios. Si al evaluar nuestra conducta y los resultados que está arrojando nos percatamos de que no está siendo eficiente, entonces se requiere la capacidad para inhibir el patrón de respuestas en curso y cambiar la estrategia; la inflexibilidad de métodos afecta considerablemente la solución de problemas (Damasio, 1996).

Monitorización y control

Es conocido también como un proceso metacognitivo, que nos permite autoevaluar y controlar el proceso de planeamiento antes de tomar la decisión final para asegurarnos de que la solución al problema es la mejor. Una de las funciones de la corteza prefrontaldorsolateral es permitir la integración y la valoración de las “pistas” externas que rigen el comportamiento con el objetivo de conseguir una meta, o resolver un determinado problema (Alfonso et al., 2006).

Toma de decisión.

Es un proceso mental con capacidad ilimitada para tomar la decisión ante un problema que implica primero los procesos de informar acerca de la decisión, los tipos de error cometidos y los riesgos que implica. El sustrato anatómico de este proceso es la corteza prefrontal ventral medial.

Se plantean tres cuestiones estratégicas para explicar el funcionamiento de la corteza prefrontal en el desarrollo de la toma de decisión (Jódar, 2004):

- 1) Qué hacer: la corteza orbital frontal, actúa eliminando o inhibiendo lo que no se debe hacer.
- 2) Cómo hacerlo: corteza dorsal lateral, cundo con el área premotora, media en las metas a alcanzar y planifica la acción de acuerdo con la información sensorial procedente de otras áreas posteriores.
- 3) Cuándo hacerlo: este aspecto estará mediado por la corteza cingular anterior, que aportaría los aspectos motivacionales, que actúa de temporizador y mediaría en la intencionalidad del acto.

El ser humano es capaz de controlar, regular y planear eficientemente su conducta, de modo que se vea involucrado en conductas independientes, productivas y útiles para sí mismo. Son estas funciones, que dirigen y coordinan el comportamiento y que encaminan varios procesos hacia una meta (Lezak, 1994).

Vivimos en un mundo ambiguo. Las elecciones que hacemos no son inherentes a las situaciones que se nos presentan. Son un intercambio complejo de entre las propiedades de las situaciones y nuestras propiedades, nuestras aspiraciones, nuestras dudas y nuestras historias. La corteza prefrontal es fundamental para la toma de decisiones, ya que es la única parte del cerebro donde los inputs que proceden del interior del organismo coinciden con los inputs procedentes del mundo exterior (Goldberg, 2002).

Resolver la ambigüedad, significa a menudo elegir primero la pregunta, es decir, reducir la situación a una pregunta que tiene una única respuesta

correcta. Al mismo tiempo, un individuo debe tener flexibilidad para adoptar diferentes perspectivas sobre la misma situación en diferentes momentos. El organismo debe ser capaz de desambiguar la misma situación de múltiples formas y tener la capacidad de cambiar entre ellas a voluntad. (p. 94)

Los procesos cognitivos necesarios para resolver situaciones ambiguas a través de prioridades son muy diferentes de aquellos que se ocupan en la resolución de situaciones determinantes. Es necesario llevar a cabo valoraciones sobre la presencia y probabilidad de ocurrencia de riesgos, beneficios, y desventajas que conlleva la realización de un acto. Todos estos juicios involucran una carga afectiva que hemos adquirido con base en experiencias, propias y ajenas, por ende el hombre es capaz de hacer en cierta medida una anticipación de lo que sucedería en una u otra situación. (Lezak, 1994).

Aunque un estímulo determinado puede producir en la mayoría de los sujetos manifestaciones como modificaciones cardiovasculares, gastrointestinales, pilomotoras, pupilares, endócrinas, metabólicas, etc., que traduzcan la emoción experimentada; el grado de dichos cambios no indican forzosamente la intensidad de la reacción experimentada por el sujeto. Por otra parte, el mismo estímulo puede provocar reacciones diversas en diferentes personas, dependiendo de la impresión subjetiva (López, 1997).

Se pone cada vez más énfasis en que la toma de decisiones no es un simple proceso racional de contabilizar o comparar las pérdidas y ganancias que resultan de una elección determinada. Más bien parece resultar que los aspectos emocionales, derivados de la experiencia de situaciones parecidas, propias o vicarias, y aquellos

aspectos asociados a las consecuencias o al contexto en el que se da la decisión, desempeñan un papel determinante (Damasio, 1996; Bechara et al., 2006; Mitchell, 2011).

3.6. Lóbulo frontal y comportamiento emocional.

La regulación del comportamiento emocional hace referencia al conjunto de procesos que influyen en la intensidad, duración y expresión de la emoción. La disfunción de los sistemas de soporte de la regulación emocional constituye un marcador de vulnerabilidad para desordenes emocionales (Gross, 2008; Campbell-Sills et al., 2011; Ray y Zald, 2012).

El control inhibitorio del comportamiento es una habilidad crítica y esencial para la adaptada vida social y para contener el comportamiento inapropiado. Esta habilidad es el control inhibitorio del comportamiento, el cual conlleva múltiples procesos como el monitoreo y solución de conflictos y la subsecuente inhibición del comportamiento (Hu et al., 2012).

La regulación del comportamiento emocional está definida por un proceso de control-evaluación llevado a cabo por un sistema dinámico entre la corteza prefrontal y otras regiones límbicas. La corteza prefrontal juega un papel central en el control cognitivo del comportamiento, mientras que regiones las regiones límbicas (además de la amígdala) están implicadas en la evaluación de las emociones Hu et al. (2009).

En años recientes, los modelos cerebrales de la regulación emocional han sido puestos a prueba por medio de estudios experimentales. Estos modelos establecen que la corteza prefrontal juega un papel crucial en el control cognitivo de la

emoción. Se ha observado el incremento de actividad en la corteza prefrontal (ventrolateral, dorsolateral y dorsomedial) cuando los sujetos son instruidos para reducir la experiencia emocional, aplicando estrategias cognitivas (Hamann, 2007; Davidson, Hughes, Lindquist, Ochsner y Wager, 2008).

El tema se ha abordado de diferentes maneras; estudios con Resonancia Magnética funcional (fMRI) (Campbell-Sills et al. 2011; Hu et al. 2009; Cubillo et al. 2012; Davidson et al. 2008; Ayoub et al. 2012; Hu et al., 2012) electroencefalografía (EEG) (Hu et al. 2012), tomografía por emisión de positrones (PET) (Cahill y Kilpatrick, 2003; Fukuyama et al. 2006; Hu et al. 2012), etc., estudios que toman en cuenta la respuesta conductiva de la piel, frecuencia cardíaca y autorreporte (Fukuyama et al. 2006). Se han utilizado distintos estímulos (imagen-pictóricos o información verbal). Por medio de estas investigaciones se ha logrado identificar las estructuras implicadas en el proceso emocional.

La estrategia de regulación emocional que es más frecuente en los estudios es la reevaluación (reappraisal). Esta estrategia consiste en la reinterpretación cognitiva de la información emocional recibida con el objetivo de cambiar la respuesta emocional emitida por el sujeto. La reevaluación puede dirigirse a la reinterpretación del significado personal del objeto emocional para hacerlo menos relevante, o bien, puede ser dirigido a reinterpretar la causa, consecuencia o realidad del estímulo emocional sin cambiar la relación entre el sujeto y el estímulo (Ray y Zald, 2012).

De acuerdo con Fukuyama et al. (2006) durante la supresión voluntaria de la emoción la actividad de la amígdala (clave en la detección y evaluación de la significancia emocional) disminuye. En cambio aumenta la actividad en corteza prefrontal lateral izquierda, prefrontal medial, orbitofrontal medial y corteza

cingulada anterior. La regulación inhibitoria frontal sobre la activación amigdalina tiene un papel fundamental sobre el control cognitivo de la emoción, la regulación excitadora de la amígdala sobre la corteza prefrontal ventral medial está asociado con el impacto de la emoción sobre la función ejecutiva (Hu et al., 2012).

Se ha establecido un modelo de circuito neuronal que determina la autoregulación emocional, este postulado incluye corteza prefrontal lateral, corteza orbitofrontal, corteza cingulada anterior y corteza prefrontal medial.

Se propone entonces que (Portellano, 2005; Bechara et al., 2006; Fucuyama, et al., 2006; Torrealba y Valdés, 2006; Drevets, Ladouceur y Phillips, 2008; Goldin, Gross, McRae y Ramel, 2008; Bechara, Grupta, Koscik y Tranel, 2011; Campbell-Sills et al., 2011; Lieberman y Spunt, 2012; Ayoub, et al. 2012):

1. Corteza prefrontal lateral: está relacionada con el aspecto metacognitivo/ejecutivo del proceso emocional.
2. Corteza prefrontal medial: involucrada en la representación del estado experimentado por el individuo y procesamiento de la información de sí mismo (feedback).
3. Corteza cingulada anterior: (rostral y ventral) implicada en el control de la actividad de centros autonómicos y endócrinos, regulación de las respuestas fisiológicas periféricas.
4. Corteza orbital frontal: (áreas mediales) participa en el control inhibitorio de la amígdala y el polo temporal anterior. Por sus conexiones con las áreas anteriormente descritas, tiene un papel fundamental en la armonización de las funciones de cada área frontal durante la regulación emocional.

3.6.1. Modelos de regulación emocional.

Con el fin de comprender el papel que desempeñan las distintas estructuras implicadas en el proceso emocional, se han planteado diferentes modelos que intentan explicar la interacción de las de éstas y el mecanismo que determina dicho proceso. A continuación se describen tres modelos que abordan la regulación emocional desde unidades de análisis diferentes.

Modelo estructural.

Propuesto por Barbas et al (2007) establece que las características citoarquitectónicas de la corteza definen de qué manera las diferentes regiones se comunican entre ellas y con otras estructuras cerebrales. Las proyecciones feedforward están definidas estructuralmente con origen en las capas superficiales y proyectan hacia las capas más profundas del córtex. Los estadios tempranos del proceso de comunicación proveen información a los subsecuentes estadios por medio de este tipo de proyecciones. Los sistemas de procesamiento tienen una clara organización jerárquica de la afluencia de la información. La actividad de estas proyecciones es ascendente por su movimiento de regiones primarias hacia los niveles más altos en el orden de procesamiento.

En contraste, las proyecciones feedback comienzan en los niveles más profundos del cortex y proyectan hacia los niveles superficiales. De igual manera tienen una clara organización jerárquica de la afluencia de la información. Estas proyecciones pueden ser descritas como descendentes, viajando de los estadios tardíos a los tempranos del orden del procesamiento. Las proyecciones feedback actúan para modificar o guiar las ejecuciones de los estadios tempranos del procesamiento.

De acuerdo con Zald (2007) las características diferenciales que las interneuronas muestran a lo largo del córtex prefrontal impactan de manera importante las características específicas de la información procesada por las regiones prefrontales.

En el caso específico de las conexiones de la corteza prefrontal con la amígdala, las proyecciones de ésta con la corteza orbitofrontal posterior incluyen todas las capas corticales y son de ambos tipos feedforward y feedback. Pese a esto, se establece un fuerte componente feedforward en estas proyecciones basadas en la terminación laminar. En contraste las proyecciones de la corteza orbitofrontal hacia la amígdala se originan principalmente en la capa 5, lo que indica su carácter como proyección feedback.

Modelo de mediación.

El modelo propuesto por Davidson et al. (2008) se centra en el cambio del autoreporte de emoción negativa. La corteza prefrontal ventral lateral y medial derecha es el área de mayor importancia en su modelo, la amígdala y el núcleo accumbens llevan a cabo un papel de mediadores entre la corteza prefrontal ventral lateral derecha y la disminución de la emoción negativa por medio de la reevaluación.

Se plantea un esquema de mediación en el cual se lleva a cabo una influencia directa hacia el incremento del cambio con respecto a la emoción negativa. Incluye regiones del núcleo accumbens, amígdala, corteza prefrontal somatosensorial, corteza prefrontal dorsal medial y del giro frontal superior.

De acuerdo con Davidson et al. (2008) de ésta teoría se plantean dos hipótesis sobre el posible funcionamiento dinámico de la regulación del comportamiento emocional:

- 1) Hipótesis de la mediación: de acuerdo con esta hipótesis la actividad de la corteza prefrontal reduce la emoción negativa por medio de la influencia sobre los sistemas subcorticales implicados en el proceso de evaluación y aprendizaje afectivo y emocional que se deriva de una experiencia.
- 2) Hipótesis de la influencia directa: sugiere que el éxito de la reevaluación está directamente relacionada a la actividad cortical y mínimamente impactada por los sistemas subcorticales.

Del intento de identificar cuál de estas dos hipótesis se acerca más al funcionamiento de la regulación del comportamiento emocional Davidson et al. (2008) identifican dos sistemas que explican la interacción cognición-emoción:

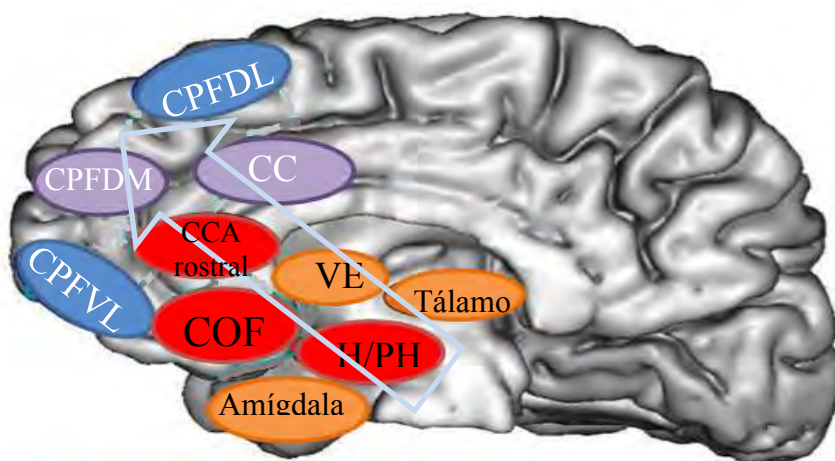
- 1) El primero involucra la amígdala y otras regiones asociadas con la emoción negativa (incluyendo la COF lateral, insula anterior y CCA dorsal derecha)
- 2) El segundo involucra el núcleo accumbens y ventral estriado.

Modelo de la regulación automática y la regulación voluntaria.

El modelo propuesto por Drevets et al. (2008) incluye la CPFDL, COF, CPFVL, CPFDM y la corteza cingulada anterior. La propuesta particular de estos autores es distinguir entre las áreas involucradas en la regulación automática de la emoción y las regiones que intervienen en la regulación voluntaria de la emoción.

En este modelo las estructuras filogenéticamente nuevas proyectan feedback hacia las estructuras más antiguas que operan por medio de feedforward que procesan el estado interno del individuo y lo envían hacia CPFDL y a la CPFVL como se muestra en la figura 10. Se considera a la CPFDM como en circuito en el que la

información de la COF es procesada para ser enviada a las regiones corticales que llevan a cabo la toma de decisión (figura 11).



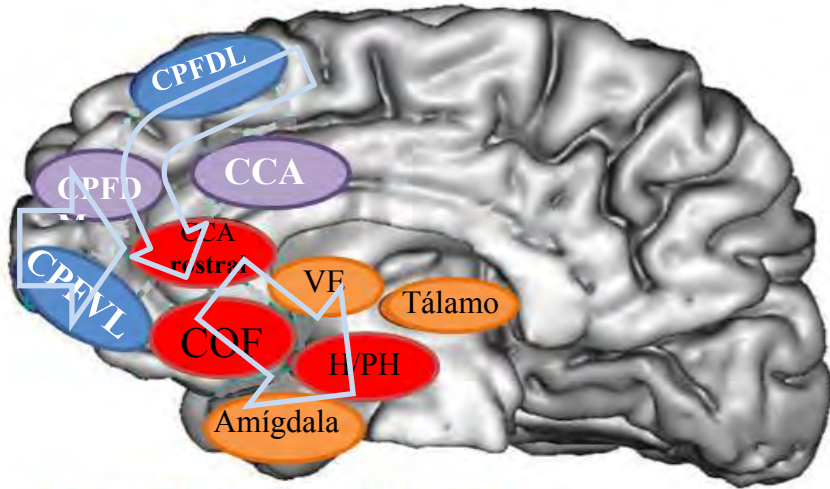
Orientación/Identificación de la emoción

Regulación automática de la emoción

Regulación voluntaria de la emoción

Regiones implicadas en ambos tipos de regulación

Figura 10. Modelo de interacción durante la regulación emocional. (CCA) Corteza cingulada anterior. (H/PH) Hipocampo/Parahipocampo. Adaptado de “Anatomical insights into the interaction of emotion and cognition in the prefrontal cortex” por Ray, D. R. y Zald, D. H., 2012, L. A. López, 1997, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36, 494.



Orientación/Identificación de la emoción

Regulación automática de la emoción

Regulación voluntaria de la emoción

Regiones implicadas en ambos tipos de regulación

Figura 11. Modelo de interacción durante la regulación emocional. (CCA) Corteza cingulada anterior. (H/PH) Hipocampo/Parahipocampo. Adaptado de “Anatomical insights into the interaction of emotion and cognition in the prefrontal cortex” por Ray, D. R. y Zald, D. H., 2012, L. A Iónez. 1997 *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 36. 494

En el modelo presentado por Drevets et al. (2008) los conceptos de feedback y feedforward no tienen la misma consideración conceptual que el modelo de Barbas (2008). Mientras que en el modelo de Barbas los conceptos de feedback y feedforward hacen referencia a las propiedades de las proyecciones laminares (caracterizadas por los mecanismos de transformación de la información a través de las diferentes áreas involucradas en el proceso), en la propuesta de Drevets et al., éstos conceptos se forman a partir de la concepción de procesos top down (feedback) y bottom up (feedforward) que hacen referencia a procesos de desactivación determinada por la modulación adaptativa con respecto a metas y expectativas; y a la activación de procesos autonómicos, respectivamente.

3.7. Efectos de la lesión del lóbulo frontal sobre la conducta emocional.

De acuerdo con Goldberg (2002) el control volitivo implica más que el conocimiento consciente. Implica la capacidad de anticipar las consecuencias de una acción propia, la capacidad de decidir si debería o no llevarse a cabo la acción y la capacidad de elegir entre acción e inacción. “Parece que en un nivel cognitivo la capacidad de comportamiento volitivo depende de la integridad funcional de los lóbulos frontales, la capacidad de contención depende en particular de la corteza orbitofrontal” (p.155).

En el plano neuropsicológico se ha encontrado que lesiones prefrontales se traducen en comportamientos arriesgados, irresponsables, transgresores de las normas, con arranques emocionales y agresivos, que pueden predisponer a actos violentos. En el plano de la personalidad, las lesiones frontales en pacientes neurológicos se asocian con impulsividad, pérdida de autocontrol, inmadurez, falta de tacto, incapacidad para modificar o inhibir el comportamiento de forma adecuada, lo que facilita el comportamiento violento. En el plano social, la pérdida de flexibilidad intelectual y de habilidades para resolver problemas, así como la merma de la capacidad para usar la información suministrada por indicaciones verbales que nacen del mal funcionamiento prefrontal, pueden deteriorar seriamente habilidades sociales necesarias para plantear soluciones a los conflictos (Alcázar, Bezos, Bouso y Verdejo, 2010).

Cada vez existen más datos que indican que la baja actividad de la corteza prefrontal puede predisponer a la violencia por una serie de razones. En el plano neuropsicológico, un funcionamiento prefrontal reducido puede traducirse en una

pérdida de la inhibición o control de las estructuras subcorticales, filogenéticamente más primitivas, que se piensa son la base del proceso emocional.

El síndrome frontal es el conjunto de alteraciones debidas a una lesión frontal, el síndrome puede incluir desde trastornos motores y de los movimientos oculares, así como trastornos específicos que afectan el cálculo, lenguaje, atención, memoria, trastornos conductuales y las funciones ejecutivas. Sin embargo dado el objeto de estudio de este trabajo, se caracterizará el síndrome orbitofrontal que implica afectaciones en la esfera emocional (Barraquer et al., 2000).

El Síndrome orbitofrontal se caracteriza por que los pacientes están emocionalmente desinhibidos. Su tono afectivo raramente es neutro, y oscila constantemente entre la euforia y la rabia, con un control del impulso que va desde pequeño hasta inexistente. Su capacidad para inhibir la urgencia de gratificación instantánea está seriamente deteriorada. Hacen lo que les apetece hacer cuando les apetece hacerlo, sin ninguna preocupación por tabúes sociales o prohibiciones legales. No tienen previsión de las consecuencias de sus acciones. Un paciente orbitofrontal puede distinguir lo correcto de lo erróneo y pese a todo ser incapaz de utilizar este conocimiento para regular su comportamiento (Goldberg, 2002).

La corteza orbital frontal modula los aspectos de ajuste personal y social, así como la inhibición de la interferencia de estímulos externos e internos (autocontrol). Las disfunciones en este sistema producen alteraciones graves en la inhibición y en la capacidad para controlar los impulsos (Fuster, 2008).

El efecto inhibitorio orbitomedial tiene la función de suprimir los *inputs* internos y externos que pueden interferir en la conducta, en el habla o en la cognición. Es decir, eliminar el efecto de los estímulos irrelevantes permitiendo dirigir la atención hacia

la acción. Estos estímulos irrelevantes pueden ser los impulsos y conductas instintivas, los pacientes con lesiones orbitomediales presentan irritabilidad, hiperactividad e impulsividad; en definitiva, conductas que implican una pérdida del control inhibitorio (Jódar. 2004).

IV. DISCUSIÓN

Cuando inicié este trabajo de investigación tenía la concepción de que los sistemas cerebrales podían funcionar de manera lineal respondiendo a la superposición de ciertas estructuras, mi formación académica indicaba que era ese el paradigma adecuado para acercarme al estudio de la emoción. Sin embargo, ahora concluido el trabajo me doy cuenta de que efectivamente no solemos tomar en cuenta la complejidad de las redes y relaciones neuronales que existen en el proceso emocional. No se trata de que la emoción sea preponderante sobre la cognición o que la cognición tenga el poder de eliminar a la emoción, se trata de un sistema interdependiente e interinfluyente, ninguno se determina por sí solo y ninguno (en el ser humano) podría existir sin el otro.

Una motivación a estudiar el papel del lóbulo frontal en el comportamiento emocional, era la perspectiva de la subordinación total del proceso emocional ante los procesos cognitivos. Una vez estudiado el tema, me doy cuenta de que efectivamente la división (artificial) de los procesos emocionales y cognitivos para su estudio, se ha extendido y mal entendido en el estudio psicológico. Ciertamente el comportamiento emocional debe ser regulado de acuerdo a las expectativas sociales, sin embargo esto no significa que para la adecuada convivencia social las emociones deban ser eliminadas (en el caso específico de las emociones negativas).

Es de suma importancia el comprender cómo los sistemas cerebrales de los que nos ha provisto la evolución trabajan de manera conjunta y concertada para definir al hombre en sus características intelectuales.

La identificación del proceso emocional, su regulación y las implicaciones que tienen las diferentes estructuras que participan en él es aún incompleta. En las

investigaciones examinadas se ha buscado establecer cuáles son los mecanismos que hacen posible la regulación del comportamiento emocional.

Para caracterizar el papel del lóbulo frontal en la regulación del comportamiento emocional, retomaré a Gianotti (2012) que establece que la emoción es un sistema adaptativo multicomponente que está determinado estructuralmente en la filogenia y que tienen como función, de acuerdo con Damasio (1996) preparar al cuerpo para emitir una respuesta adecuada. La emoción conlleva ciertas respuestas fisiológicas y comportamentales, entre las cuales se encierran la activación automática de procesos bioquímicos, el sistema nervioso autónomo, así como un conjunto innato y universal de programas motores y expresivos. Sin embargo, dada la condición social del hombre existe la regulación del comportamiento emocional que es necesario para el adecuado desarrollo social del individuo, y es en éste ámbito donde intervienen las funciones del lóbulo frontal en la regulación del comportamiento emocional.

Gianotti (2012) propone un esquema de organización jerárquica del proceso emocional en el cual interviene en primera instancia el análisis de los datos sensoriales, la activación de sistemas autónomos y que continúa con mecanismos de aprendizaje; patrones almacenados y que son evocados de acuerdo al contexto. Esta propuesta coincide con el modelo de proceso emocional presentado por Barbas et al. (2007), Boutros (2007) y Afifi y Bergman (2006) en el que establecen que el proceso comienza con la recepción del estímulo (información sensorial), que se lleva a por la amígdala y que es enviado al hipocampo que se encarga del reconocimiento del estímulo y su asociación con una dimensión afectiva. La información es enviada al hipotálamo que activa las respuestas autónomas y endócrinas necesarias para dicho estímulo, la señal es enviada a los ganglios basales y luego de regreso al hipocampo

para reafirmar su significado, pasa por la formación reticular, el tálamo e inmediatamente se envía a las cortezas de asociación sensorial.

Se puede observar, que en ambas perspectivas existe una concepción jerárquica de los procesos y las tareas llevadas a cabo por cada una de las estructuras cerebrales. Siguiendo el modelo del cerebro triuno planeado por Paul MacLean (Crossman y Neary, 2007) que da a los diferentes estructuras cerebrales tareas específicas determinadas por el desarrollo filogenético: rutinas motoras para la conservación del individuo (cerebro reptiliano), conducta defensiva, conducta sexual y reproductiva así como el apego (sistema límbico) y la experiencia emocional consciente, el pensamiento complejo y el aprendizaje social (neocorteza).

Continuando con la teoría de Gianotti (2012) y los conceptos de Damasio (1996) la regulación del comportamiento emocional se caracteriza por la activación de mecanismos integrados al sistema cognitivo, que son conscientes, normados socialmente y que derivan en un comportamiento complejo; que se adecúa a el ámbito social, y los elementos históricos, sociales y culturales en los que se encuentra inmerso el individuo.

La regulación del comportamiento emocional es un conjunto de procesos que influyen en la intensidad, duración y expresión de la emoción (Gross et al., 2008; Campbell-Sills et al., 2011; Ray y Zald, 2012). Se trata de una habilidad crítica y esencial para la vida social que está determinada por el adecuado funcionamiento de los procesos que la determinan. La regulación del proceso emocional se produce gracias a una tarea de monitoreo, solución de conflictos, inhibición del comportamiento, así como de procesos de control-evaluación. (Hu et al., 2009; Hu et al., 2012). Aceptando esta conceptualización podemos encontrar las funciones del

lóbulo frontal que determinan la regulación del comportamiento emocional (Tabla 2).

Tabla 2

Procesos de regulación emocional determinados por las funciones del lóbulo frontal.

Características de la regulación del comportamiento emocional ¹	Funciones del lóbulo frontal ²
Monitoreo/control-evaluación.	Monitorización y control.
Solución de conflictos.	Planeamiento de la respuesta. Toma de decisión.
Inhibición del comportamiento.	Inhibición.
Normado socialmente.	Adquisición de las normas sociales.

Nota: ¹ Gross et al., 2008; Hu et al., 2009; Campbell-Sills et al., 2011; Hu et al., 2012; Ray y Zald, 2012. ² Damasio, 1996; López, 1997; Barraquel et al., 2000; Goldberg, 2002; Muñoz et al., 2002; Jódar, 2004; Alfonso et al., 2006; Bechara et al., 2006; Flores, 2006; Mitchell, 2011.

Ésta intervención de las funciones del lóbulo frontal en la regulación del comportamiento emocional se hacen evidentes en los estudios recientes como se muestra en la figura 12.

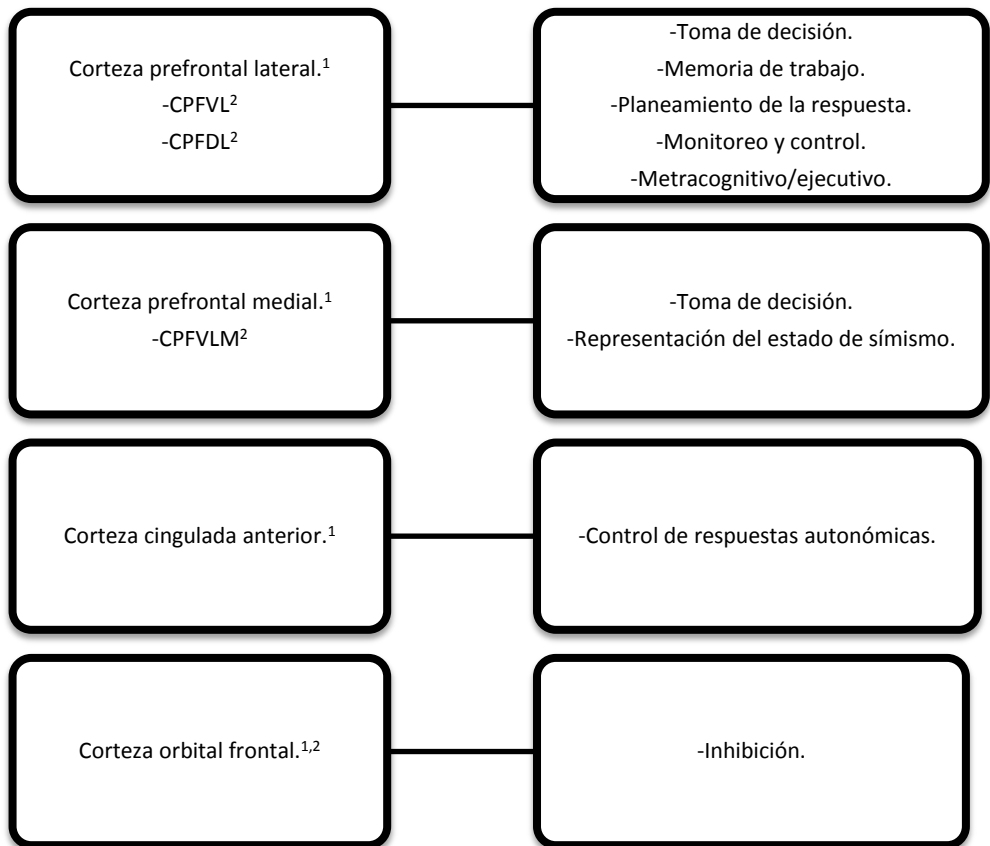


Figura 12. Estructuras del lóbulo frontal que intervienen en la regulación del comportamiento emocional. *Nota:* ¹ Portellano, 2005; Bechara et al., 2006; Fucuyama, et al., 2006; Torrealba y Valdés, 2006; Drevets, Ladouceur y Phillips, 2008; Goldin, Gross, McRae y Ramel, 2008; Bechara et al., 2011; Campbell-Sills et al., 2011; Lieberman y Spunt, 2012; Ayoub, et al. 2012. ² Jódar, 2004; Flores, 2006; Alfonso et al., 2006; Damasio, 1996; Goldberg, 2008; Baddeley, 1997; Bechara et al., 2006; Mitchell, 2011.

Dentro de las investigaciones analizadas, se presentan cuatro modelos principales de explicación de la influencia que tiene el lóbulo frontal y más específicamente la corteza prefrontal sobre la regulación emocional: 1) El primero de ellos establece que la acción regulatoria que lleva a cabo el lóbulo frontal sobre el comportamiento emocional necesita de estructuras subcorticales mediadoras (núcleo accumbens, núcleo ventral estriado y amígdala) las cuáles impactan el éxito de la estrategia de regulación emocional (Davidson et al. 2008). 2) El segundo modelo plantea que áreas específicas de la corteza prefrontal ejercen influencia directa a la amígdala y esta influencia puede ser inhibitoria o excitadora (Davidson et al. 2008). 3) Hu et al. (2009) y Drevets (2008) proponen que el proceso de regulación se puede dividir en dos tipos; la regulación automática de la emoción (determinada por el núcleo accumbens) y la regulación voluntaria de la emoción (determinada por la corteza prefrontal dorsal lateral y la corteza prefrontal ventral lateral). 4) Finalmente el modelo propuesto por Barbas et al. (2007) plantea que son las conexiones neuronales establecidas citoarquitectónicamente entre las áreas del lóbulo frontal y de éste con la amígdala las que determinan cómo influye el lóbulo frontal en el comportamiento emocional.

Los modelos que buscan explicar el proceso de regulación del comportamiento emocional basados en áreas corticales (mapa de Brodmann) crean ambigüedad cuando se trata de explicar la conectividad de éstas con la amígdala y otras estructuras límbicas. Además de carecer de un patrón de explicación de la interacción de las regiones prefrontales (entre ellas) implicadas en la regulación del comportamiento emocional, ya que no todas tienen proyecciones al sistema límbico y amígdala.

El modelo estructural propuesto por Barbas et al. (2007) representa un acercamiento adecuado al comportamiento emocional y su regulación ya que por medio del conocimiento de la comunicación inter-regional se puede establecer qué tipo de información, en qué secuencia y dirección son transmitidos estos datos y permitiría comprender el proceso de regulación del comportamiento emocional como una red de circuitos que forman un sistema y no como áreas aisladas que trabajan de manera independiente.

Pese a que el modelo estructural de Barbas et al. (2007) contiene una mejor articulación de los componentes inter-corticales que determinan el proceso emocional, no es suficiente para explicar la actividad dinámica de las estructuras del lóbulo frontal con las estructuras subcorticales. Esto último puede ser entendido desde el modelo propuesto por Drevets et al. (2008) que plantea de manera más explícita el papel que llevan a cabo las diferentes estructuras corticales y su posible influencia sobre las estructuras subcorticales; el modelo de la regulación automática y la regulación voluntaria tiene mayor relación con los hallazgos que señalan la actividad de determinadas zonas frontales para la adecuada regulación del comportamiento emocional tomando en cuenta las tareas en las que se desempeñan, coincidiendo de manera contundente con los hallazgos en la investigación neuropsicológica de la regulación del comportamiento emocional.

Arguyo que la propuesta de la regulación automática y la regulación voluntaria del comportamiento emocional de Drevets et al. (2008), tomando en cuenta la teoría emocional de Gianotti (2012) y Damasio (1996), la teoría de la regulación del comportamiento emocional de Hu et al. (2009 y 2012), aunados con los hallazgos experimentales; nos provee de una perspectiva más amplia de la intervención de las funciones de lóbulo frontal en la regulación del comportamiento emocional.

Éste modelo nos permite vislumbrar, de manera más clara cómo los procesos cognitivos más complejos (que definen la actividad intelectual del hombre) modifican las manifestaciones y respuestas emocionales. Al distinguir entre regulación automática y regulación voluntaria, hace evidente el origen filogenético y ontogenético de cada uno de ellos, mientras que el primer tipo de regulación corresponde (en la teoría de Gianotti, 2012) al componente esquemático de acción, que concierne a la activación automática de procesos bioquímicos y al nivel sensoriomotor que determina al conjunto innato y universal de programas motores y expresivos de la emoción; la regulación voluntaria corresponde a las funciones del lóbulo frontal, que se caracteriza por mecanismos conscientes y que están determinados por las reglas sociales que delimitan la expresión y respuesta emocional.

Las limitaciones más constantes en la elaboración de este trabajo han sido las cuestiones en las que se pretende la correspondencia entre función y estructura. Si bien es cierto que existen algunas correlaciones entre anatomía y función, este paradigma no es adecuado para el estudio de todos los procesos cerebrales. Además de las limitaciones iniciales que conlleva la división artificial entre procesos cognitivos y emocionales.

Se han logrado caracterizar algunas de las funciones y circuitos que intervienen en la regulación del comportamiento emocional, no obstante, las múltiples variables que determinan los resultados obtenidos deben ser analizadas y eliminar o mejorar el control de los factores o variables extrañas que puedan interferir con el resultado. Un ejemplo claro es, en los estudios llevados a cabo con *imágenes emocionales* puede ser influido por el condicionamiento social a ciertas circunstancias, escenarios y conductas. Es importante además, tomar en cuenta que las mediciones son tomadas

en un ambiente de investigación, siendo ésta una situación *anormal*, de connotaciones experimentales, que puede influir en la reacción emocional del sujeto.

Es necesario notar que dentro de los estudios analizados no hay investigaciones longitudinales y/o transversales que permitan tener un acercamiento a las implicaciones de la maduración neuropsicológica y el aprendizaje social sobre los mecanismos de regulación del comportamiento emocional, y cómo estos procesos se modifican a través del tiempo.

Una dificultad en la investigación de la regulación emocional en humanos es que la emoción implica una experiencia subjetiva específica, y los investigadores tienen que inferir el estado emocional de los sujetos con base en autoreportes o comportamiento como las expresiones faciales.

Es imprescindible formular una teoría que considere tanto las interacciones córtico-subcorticales, como las córtico-corticales; que refleje la realidad que vemos día a día no sólo en la adecuada función de la regulación del comportamiento emocional, sino también en la patología. Encontrar las estructuras, secuencia, tipo de información, niveles de procesamiento y ejecución nos proveerá de las bases necesarias para comprender e intervenir en el proceso de regulación del comportamiento emocional. A lo largo de este trabajo que ha expuesto que la emoción es indispensable para la realización de otros procesos psicológicos. Al lograr plantear esta nueva teoría, estaríamos descubriendo y redefiniendo sólo una pequeña parte de todo lo que nos define como seres humanos.

V. CONCLUSIONES

Si bien la corteza prefrontal está implicada en la regulación cognitiva de la emoción, las interacciones cortico-subcorticales que median esta habilidad siguen siendo poco comprendidas. Sin embargo del análisis de la reciente investigación neuropsicológica sobre el papel del lóbulo frontal en la regulación del comportamiento emocional se puede establecer que:

La regulación del comportamiento emocional puede ser considerada como un proceso organizativo y de respuesta al mundo que nos rodea. Proceso en el cual se categorizan situaciones y se elaboran planes de respuesta que motivan y orientan a la acción del individuo. Éste proceso se encuentra determinado por un sistema anatomofuncional que le provee de todas las características necesarias para cumplir su función. Un componente de este sistema es innato, espontáneo, que se relaciona de manera involuntaria con los estímulos emocionales y se encuentra determinado principalmente por las estructuras subcorticales que forman el sistema límbico; y un segundo componente es cognitivo, con base en la experiencia y se reacciona en forma adecuada a la situación y tomando en cuenta las reglas sociales. La corteza prefrontal permite la regulación del comportamiento, que es guiado por representaciones internalizadas de la realidad y constituye un sistema que integra y regula los estados internos del organismo en relación con las condiciones del ambiente.

La región ventrolateral de la corteza prefrontal selecciona el tipo de información que es relevante; tarea en la que media la corteza prefrontaldorsolateral y ventromedial, esta selección de información es automática. Interviene en la toma de decisión, tomando en cuenta un esquema de acción adecuado a la situación, se ha encontrado

también, que es determinante en la monitorización y control del desarrollo del plan de acción.

La corteza prefrontal medial y dorsolateral intervienen en la representación y procesamiento de la información de sí mismo, determina la toma de decisión, con la presencia del marcador somático.

La corteza cingulada anterior actúa en el proceso de monitorización de la propia conducta, encierra procesos de evaluación e inhibición de respuestas. Así como la regulación de la actividad de centros autonómicos.

En la corteza orbital frontal interviene en el control inhibitorio de la amígdala, dadas sus conexiones con el sistema límbico, lleva a cabo un papel esencial en organización de las funciones corticales del área frontal durante la regulación emocional. En situaciones inespecíficas o impredecibles el lóbulo frontal (específicamente la corteza orbital frontal) participa marcando el valor o relevancia de la conducta de cada una de las respuestas disponibles para la situación, es decir, ante un estímulo se toma la decisión de cómo actuar, conforme a la información proporcionada por el lóbulo frontal. La corteza orbitofrontal suprime los impulsos y las conductas instintivas, la información irrelevante para la situación y la acción a desarrollar. Inhibe además las representaciones motoras que no sean compatibles con la meta.

En el caso específico de la regulación emocional, he encontrado la imposibilidad de explicarla tomando en cuenta estructuras aisladas. La investigación sobre la regulación emocional debe ir encaminada al esclarecimiento del proceso por medio de modelos dinámicos que permitan explicarlo dada la interacción intra e intercomponentes.

REFERENCIAS:

- Afifi, A. K. y Bergman, R. A. (2006). *Neuroanatomía funcional. Texto y atlas* (2ª ed.). México: McGraw-Hill.
- Aguado, L. (2002). Procesos cognitivos y sistemas cerebrales de la emoción. *Revista de Neurología*. 34, 1161-1170.
- Aleman, A., Baas, D. y Kahn R. S. (2004). Lateralization of amygdala activation: a systematic review of functional neuroimaging studies. *Brain Research Reviews*. 45, 96-103. doi:10.1016/j.brainreserv.2004.02.004
- Alfonso, I., Luzondo, J. R. y Papazian, O. (2006). Trastornos de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*. México. 42, 42-50.
- Alcázar, M., Bezos, S. L., Bouso, S. J. y Verdejo, G. A. (2010). Neuropsicología de la agresión impulsiva. *Revista de neurología*. 5, 291-199.
- Ardila A. y Ostrosky F. (1991). *Diagnóstico del daño cerebral. Un enfoque neuropsicológico*. México: Trillas.
- Ardila A. y Rosselli M. (2007). *Neuropsicología Clínica*. México: Manual Moderno.
- Ayoub, K. W., Bigler, E. D., Chu, Z. D., Hanten, G., Hunter, J. V., Levin, H. S., Li, X... Wilde, E. A. (2012). Longitudinal changes in cortical thickness in children after traumatic brain injury and their relation to behavioral regulation and emotional control. *Neuroscience*. Publicación anticipada en línea. doi:10.1016/j.ijdevneu.2012.01.003
- Baddeley, A. D. (1997). *Human memory: Theory and practice*. United Kingdom: Psychology Press.

- Barbas, H., Ghashghaei, H. T. y Hilgetag, C. C. (2007). Sequence of information processing for emotions based on the anatomic dialogue between prefrontal cortex and amygdala. *NeuroImage*. 34, 905-923.
- Barcia, S. D. (2004). Introducción histórica al modelo neuropsicológico. *Revista de Neurología* 39, 668- 681.
- Barraquer B. Ll., Estévez, G. A. y García S. C. (2000). Los lóbulos frontales: el cerebro ejecutivo. *Revista de Neurología*. 31, 566-677.
- Bechara, A., Martínez-Selva, J. M., Roman, F. y Sánchez-Navarro, J. P. (2006). Mecanismos cerebrales de la toma de decisión. *Revista de Neurología*. 42 (7), 411-418.
- Bechara, A., Gupta, R., Kosciuk, T. R. y Tranel, D. (2011). The amygdala and decision-making. *Neuropsychologia*. 49, 760-766. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.029
- Belmonte, M. C. (2007). Emociones y cerebro. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 1 (101) 59-68.
- Boutros, N.N., Clark, D. L. y Méndez, M. F. (2007). *El cerebro y la conducta. Neuroanatomía para psicólogos*. México: Manual Moderno.
- Cahill, L. y Kilpatrick, L. (2003). Amygdala modulation of parahippocampal and frontal regions during emotionally influenced memory storage. *NeuroImage*. 20, 2091-1099. doi:10.1016/j.neuroimage.2003.08.006
- Campbell-Sills, L., Lovero, K. L., Paulus, M. P., Rochlin, A. A., Simmons, A. N. y Stein, M. B. (2011). Functioning of neural systems supporting emotion

regulation in anxiety-prone individuals. *NeuroImage*. 54, 689-696. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.07.041

Catani, M., Dell'Acqua, F., Hodge, H., Malik, F., Ray, P., Schotten, M. T., Valabregue, R. y Vegani, F. (2012). Short frontal lobe connections of the human brain. *Cortex*. 48, 273-291. doi:10.1016/j.cortex.2011.12.001

Carlson, B. N. (2000). *Embriología humana y biología del desarrollo*. México: Harcourt.

Carpenter, R. (1998). *Neurofisiología* (2ª ed.). México: Manual Moderno.

Catanzaro, D. A. (2001). *Motivación y emoción*. México: Pearson Educación.

Chow, T. y Cumming, J. (2007). *Frontal-subcortical circuits*. En Cumming, J y Miller, B. (Eds.). *The human frontal lobes. Functions and disorders* (2nd ed.). 25-42. New York: The Guilford Press.

Cofer, C. N. (2000). *Motivación y emoción*. México: Limusa.

Crossman, A. R. y Neary, D. (2007). *Neuroanatomía. Texto y atlas*. España: Masson.

Cubillo, A., Halari, R., Rubia, K., Smith, A. y Taylor, E. (2012). A review of fronto-striatal and fronto-cortical brain abnormalities in children and adults with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) and new evidence for dysfunction in adults with ADHD during motivation and attention. *Cortex*. 48, 194-215. doi:10.1016/j.cortex.2011.04.007

Damasio, A. R. (1996). *El error de Descartes*. Barcelona: Grijalbo.

- Damasio, A. (1999). *The feeling of what happens. Body and emotion in the making of consciousness*. New York: Harcourt Brace.
- Dantzer, R. (1989). *Las emociones*. Buenos Aires: Paidós.
- Davidson, R. J. (2003). Seven sins in the study of emotion: Correctives from affective neuroscience. *Brain and Cognition*. 52, 129-132. doi:10.1016/S0278-2626(03)00015-0
- Davidson, M. L., Hughes, B. L., Lindquist, M. A., Ochsner, K. N. y Wager, T. D. (2008). Prefrontal-subcortical pathways mediating successful emotion regulation. *Neuron*. 59, 1037-1050. doi:10.1016/j.neuron.2008.09.006
- Derryberry, D.; Luu, P. y Tucker, D. M. (2000). *Anatomy and physiology of human emotion: vertical integration of brain stem, limbic, and cortical systems*. En Borod, J. C. (Ed.) *The neuropsychology of emotion*. 57-78. New York: Oxford University Press.
- Drevets, W. C., Ladouceur, C. D. y Phillips, M. L. (2008). A neural model of voluntary and automatic emotion regulation: Implications for understanding the pathophysiology and neurodevelopment of bipolar disorder. *Psychiatry*. 13, 833-857.
- Ekman, P. (2006). *Darwin and the facial expression. A century of research in review*. California: Academic Press.
- Flores, J. (2006). *Neuropsicología de los lóbulos frontales*. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

- Fucuyama, S., Ichikawa, N., Iidaka, T., Isowa, T., Nakiyama, T., Nomura, M., Ohira, H... Yamada, J. (2006). Association of neural and physiological responses during voluntary emotion suppression. *NeuroImage*. 29, 721-733. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.08.047
- Fuster, J. M. (2008). *The prefrontal cortex* (4a ed.). California: Academic Press.
- García, L. (1993). *Historia de la Psicología*. México: Editorial Siglo XXI.
- Gianotti, G. (2012). Unconscious processing of emotions and the right hemisphere. *Neuropsychologia*. 50, 205-218. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.005
- Goldberg, E. (2002). *El cerebro ejecutivo. Lóbulos frontales y mente civilizada*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Goldin, P. R., Gross, J. J., McRae, K. y Ramel, W. (2008) The neural bases of emotional regulation: Reappraisal and suppression of negative emotion. *Biological Psychiatry*. 63, 577-586.
- Gross, J. J. (2008). *Emotion regulation*. En Lewis, M., Haviland-Jones, J. J. & Barrett, L. F. (Eds.) *Handbook of emotions* (3^a Ed.). 497-512. New York: Guilford.
- Hamann, S. y Kim, S. H. (2007). Neural correlates of positive and negative emotion regulation. *Cognitive Neuroscience*. 19, 776-798.
- Hu, Z., Lee, T. M. C., Mark, A. K. Y., Xiao, Z. y Zhang, J. X. (2009). Neural correlates of regulation of positive and negative motions: An fMRI study. *Neuroscience Letters*. 457, 101-106. doi:10.1016/j.neulet.2009.03.094

- Hu, L., Meng, X., Yang, J., Yao, G., Yuan, H. y Yuan, J. (2012). The valence strength of unpleasant emotion modulates brain processing of behavioral inhibitory control: Neural correlates. *Biological Psychology*. 89, 240-251. doi:10.1016/j.biopsycho.2011.10.015
- Jódar, V. M. (2004). Funciones cognitivas del lóbulo frontal. *Revista de Neurología*. 39, 171-182.
- Johnstan, T., Scherer, K. y Schorr, A. (2001). *Process in Emotion. Theory, Methods and Research*. New York: Oxford University Press.
- Kastner, S., Pessoa, L. y Ungerleider, L. G. (2002). Attentional control of the processing of neural and emotional stimuli. *Cognitive Brain Research*. 15, 31-45.
- Lazarus, R. (1999). *Stress and Emotion*. New York: Springer Publishing Company.
- Lezak, M. D. (1994). *Neuropsychological evaluation*. Nueva York: Oxford University Press.
- Lieberman, M. D. y Spunt, R. P. (2012). An integrative model of the neural systems supporting the comprehension of observed emotional behavior. *NeuroImage*. 59, 3050-3059. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.10.005
- López, L. A. (1997). *Anatomía funcional del sistema nervioso*. México: Noriega editores.
- Luria, A. R. (1982). *Introducción evolucionista a la psicología*. Barcelona: Fotanella.

- Mestre, J. M. y Palmero, F. (2004). *Procesos psicológicos básicos*. México: McGraw-Hill.
- Mitchell, D. G. (2011). The nexus between decision making and emotion regulation: A review of convergent neurocognitive substrates. *Behavioral Brain Research*. 217, 215-231.
- Moltó, B. J. (1995). *Psicología de las emociones. Entre la biología y la cultura*. España: Albatros.
- Morales, J. F. (1996). *Psicología social*. México: McGraw-Hill.
- Muñoz, C. J., Pelegrín, V. C. y Tirapu U. J. (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Revista de Neurología*. 34, 673-685.
- Panksepp, J. (1998). *Affective neuroscience*. New York: Oxford University Press.
- Panksepp, J. (2005). Affective consciousness: Core emotional feelings in animal and humans. *Consciousness and Cognition*. 14, 30-80.
- Pérez, A. F. y Timoneda, G. C. (2002). Conductas emocionales como disfunción neurológica. *Revista de Neurología*. 35, 612-124.
- Pessoa, L. (2010). Emotion and cognition and the amygdala: From “what is it?” to “what’s to be done?” *Neuropsychologia*. 48, 3416-3429. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.06.038
- Portellano, J. A. (2005). *Introducción a la Neuropsicología*. México: McGraw-Hill.
- Rains, P. (2004). *Principios de Neuropsicología Humana*. México: McGraw Hill.

- Ray, R.D. y Zald, D. H. (2012). Anatomical insights into the interaction of emotion and cognition in the prefrontal cortex. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 36, 479-501. doi:10.1016/j.neubiorev.2011.08.005
- Reeve, J. (2003). *Motivación y emoción* (3ª Ed.). México: McGraw-Hill.
- Rolls, E. T. (1999). *Brain and Emotions*. New York: Oxford University Press.
- Scherer, K. S. (2000). *Psychological models of emotion*. En Borod, J. C. (Ed.) *The neuropsychology of emotion*. 137-159. New York: Oxford University Press.
- Snell, S. R. (2007). *Neuroanatomía clínica* (6ª Ed.). España: Panamericana.
- Torrealba, L. F. y Valdés, G. J. (2006). La corteza prefrontal medial controla el alerta conductual y vegetativo. Implicaciones en desordenes de la conducta. *Revista Chilena de Neuropsicología y Psiquiatría*. 44, 195-204.
- Zald, D. H. (2007). Orbital versus dorsolateral prefrontal cortex: Anatomical insights in to content versus process differentiation models of the prefrontal cortex. *Academy Science*. 1121, 395-406.