



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
División de Ciencias Biológicas
Departamento de Ciencias Ambientales

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS

Efecto de la estimulación visual erótica sobre la correlación electroencefalográfica y la ejecución de Torres de Hanoi, en hombres jóvenes

Tesis
que para obtener el grado de

**DOCTORA EN CIENCIA DEL COMPORTAMIENTO
(OPCIÓN NEUROCIENCIA)**

presenta

Marina Ruiz Díaz

Comité tutorial

Dra. Marisela Hernández González (Directora)

Dra. Olga Inozemtseva

Dra. Marcela Arteaga Silva

Dr. Miguel Ángel Guevara Pérez

i
RESUMEN

Se ha mostrado que la observación de estímulos eróticos genera un estado de activación sexual asociado con cambios en la actividad cortical. Asimismo, se sabe que la activación sexual puede modificar ciertos procesos cognitivos, tales como la toma de decisiones. Con el fin de determinar el efecto de la estimulación visual erótica sobre la actividad cortical y durante la ejecución de una tarea que evalúa funciones cognitivas se realizó este trabajo. Se evaluaron 45 hombres jóvenes voluntarios de entre 25 a 35 años de edad a través de un análisis de correlación electroencefalográfica durante dos condiciones: la primera condición fue de estimulación visual, donde se formaron 3 grupos independientes; uno de los cuales observó un video neutro, otro un video agresivo, y un último un video erótico durante 5 minutos. La segunda condición fue la ejecución de la tarea de Torres de Hanoi inmediatamente después del cese del estímulo visual. El estado de activación sexual que se generó en los participantes (n=15) fue mediante la observación del video erótico; en tanto que los estímulos utilizados como comparación control fueron el neutro y el agresivo.

La evaluación de la correlación electroencefalográfica se conoce como un indicador de la funcionalidad cerebral entre dos áreas corticales. En este trabajo se evaluaron 3 zonas principales: frontales, parietales y temporales. La correlación interhemisférica frontal demostró cambios en la funcionalidad cerebral en bandas rápidas tanto durante la estimulación visual como durante la ejecución de la tarea. La funcionalidad interparietal mostró cambios principalmente durante la estimulación visual, y la funcionalidad intertemporal mostró cambios solamente durante la ejecución de la tarea de Hanoi. La correlación intrahemisférica del hemisferio derecho presentó decrementos en la banda gamma durante la estimulación visual en el grupo erótico y decrementos en bandas rápidas durante la ejecución de Hanoi. Sin embargo, en el hemisferio izquierdo se mostraron decrementos solamente durante la ejecución de Hanoi en la correlación fronto-parietal. Por otro lado, las comparaciones por condición indicaron que tanto la condición de estimulación visual como la de la ejecución de Hanoi se asociaron con diferencias en el acoplamiento cortical, de tal manera que la ejecución de Hanoi se caracterizó por incrementos en la correlación interparietal.

Estos hallazgos sugieren que el estado de activación sexual así como la ejecución de una tarea cognoscitiva influyen de manera importante en el grado de acoplamiento de las diferentes áreas corticales registradas y por ende, en la manera en que funcionan tales áreas cerebrales para participar, junto con otras estructuras, en la generación del estado sexualmente activado de los sujetos sanos.

ABSTRACT

It has been shown that watching erotic stimuli generates a state of sexual activation, associated to changes in the cortical activity. Similarly, it is known that sexual activation can modify some cognitive processes, such as decision making. The main purpose of this study is to determine the effect of erotic visual stimuli on cortical activity, during the execution of a widely used task that measures cognitive functions. For this aim, 45 young male participants (25-35 years old) were evaluated, through a correlation electroencephalographic analysis during two conditions: First condition was visual stimuli, with three independent groups (neutral stimuli, aggressive stimuli, erotic stimuli) all of them watching a 5-minute video with correspondent content. Second condition was the execution of Towers of Hanoi task immediately after the end of visual stimuli. The sexual activation state generated in participants (n=15), was generated using an erotic video, while comparative control stimuli were a neutral and aggressive videos.

The evaluation of the electroencephalographic correlation is known to be an indicator of brain functionality between two cortical areas. Three main areas were evaluated in this study: frontal, parietal, and temporal areas. Inter hemispheric frontal correlation demonstrated changes in brain functionality in high-speed bands during visual stimuli, as well during the task execution. Inter parietal functionality showed changes mainly during visual stimuli, and inter temporal functionality showed changes only during the Towers of Hanoi task execution. Intra hemispheric correlation showed that the right hemisphere presents decreases of activity in Gamma band during visual stimuli in the erotic group, and decreases in high-speed bands during Hanoi's execution. Despite these results, in the left hemisphere decreases were only found during the execution of the Towers of Hanoi in front-parietal correlation.

Comparisons by conditions indicate that visual stimuli condition as well as Towers of Hanoi execution, are associated with differences in cortical coupling, therefore, Hanoi execution is characterized by increases in the inter parietal correlation.

These findings suggest that the state of sexual activation, as well as the execution of a cognitive task, have an important influence over the coupling degree of different cortical areas that were recorded, and therefore, in the way in which those areas perform to participate, along with other structures, in generating the sexual activation state of healthy subjects.

La presente tesis se realizó en el Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara bajo la tutoría de la Dra. Marisela Hernández González.

Con un apoyo de la beca CONACYT No. 161715.

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento y admiración para la Dra. Marisela Hernández González y para el Dr. Miguel Ángel Guevara Pérez, por su apoyo incondicional para mi formación científica, así como para mi crecimiento profesional y personal, gracias a sus asesorías, enseñanzas y también acertados regaños.

A mi comité tutorial, la Dra. Olga Inozemtseva y la Dra. Marcela Arteaga Silva quienes a lo largo de tres años me brindaron siempre la mejor disposición mediante sus asesorías, correcciones y observaciones atinadas, que hicieron de éste proyecto un mejor trabajo de investigación.

Al Jurado revisor, Dra. Araceli Sanz Martín, por sus valiosos comentarios y sugerencias, así como su participación en crítica y revisión de este trabajo.

Al Dr. Anders Ågmo, por sus valiosas críticas, por su gran apoyo, enseñanzas, y por siempre ayudarme en este trayecto de mi formación como investigadora, por permitirme la realización una estancia de investigación en la Universidad de Tromsø, Noruega; y sobre todo, por ser un gran profesor y amigo.

A la Dra. Esmeralda Matute Villaseñor como Directora del Instituto de Neurociencias y al Dr. Héctor Martínez Sánchez como Coordinador del Posgrado, por las facilidades otorgadas dentro del Instituto durante mis estudios de doctorado.

Al apoyo incondicional de la Dra. Claudia Amezcua Gutiérrez, por siempre estar dispuesta a ayudarme y enseñarme, así como también ser una gran amiga y colaboradora del laboratorio.

A Pilar Vidaurri, Lucia Puga y Alejandra Mendoza quienes me brindaron su apoyo administrativo en la realización de todos los trámites necesarios.

v
DEDICATORIAS

La dedicación más importante de este trabajo es para mi esposo Alfonso Castro Cárdenas quien con su amor siempre me apoyó incondicionalmente, le agradezco por estar a mi lado en el trayecto de esta investigación, por asesorarme en la redacción y ortografía y por ser paciente y siempre impulsarme a ser mejor persona y profesionalista.

A mi madre Marina Díaz Ezquerro, por ser una gran mujer y madre, quien toda mi vida ha fomentado mi superación, me ha enseñado a luchar por mis metas y guiar mis decisiones.

A Dios, por permitirme lograr un sueño más, por darme salud, una familia maravillosa y brindarme la oportunidad de estar cerca de gente tan valiosa como la que tengo hasta ahora.

A mi familia, tíos y primos por siempre darme apoyo y creer en mí; y a mi suegra Lupita Cárdenas por siempre darme aliento y buenos consejos en mis escritos.

A mis maestros quienes impartieron sus clases y me motivaron a seguir aprendiendo de ellos y de los demás.

A mis compañeros y amigos de laboratorio, Lucía Rizo, Blanca Gutiérrez, Ricardo Romero, Koral Rivera, Marai Pérez, Rosy Hidalgo, Diego Chapa, Lety Blanco, por ser grandes amigos y permitirme aprender de ellos también.

A mis tutores, Dra. Marisela y Dr. Miguel Ángel por ser unos padres en la ciencia para mí, por permitirme aprender de ellos y por exigirme siempre a dar el 100% de mí.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. CONDUCTA SEXUAL MASCULINA	3
2.1.1. MOTIVACIÓN SEXUAL MASCULINA	4
2.1.2. ACTIVACIÓN SEXUAL VS. MOTIVACIÓN SEXUAL	6
2.1.3. BASES NEUROFISIOLÓGICAS DE LA ACTIVACIÓN SEXUAL	9
2.1.4. EJECUCIÓN SEXUAL MASCULINA	11
2.1.5. BASES NEUROFISIOLÓGICAS DE LA EJECUCIÓN SEXUAL MASCULINA	13
2.1.6. MECANISMOS NEUROQUÍMICOS EN LA ACTIVACIÓN GENERALIZADA Y MOTIVACIÓN SEXUAL	16
2.2. ESTIMULACIÓN SENSORIAL EN LA MOTIVACIÓN Y ACTIVACIÓN SEXUAL	18
2.2.1. IMPORTANCIA DE LOS ESTÍMULOS SENSORIALES PARA LA MOTIVACIÓN Y EJECUCIÓN SEXUAL MASCULINA	18
2.2.2. ESTIMULACIÓN VISUAL ERÓTICA Y ACTIVACIÓN SEXUAL	19
2.3. PARTICIPACIÓN DE LA CORTEZA CEREBRAL EN LA MOTIVACIÓN Y ACTIVACIÓN SEXUAL	22
2.3.1. LA CORTEZA PREFRONTAL	22
2.3.2. LA CORTEZA PARIETAL	34
2.3.3. LA CORTEZA TEMPORAL	38
2.4. LAS FUNCIONES EJECUTIVAS Y EL PAPEL DE LA CORTEZA PREFRONTAL	41
2.5. UNA PRUEBA DE FUNCIONES EJECUTIVAS: LAS TORRES DE HANOI	46
2.6. INTERFERENCIAS COGNOSCITIVAS Y MOTIVACIONALES EN LAS FUNCIONES EJECUTIVAS	53
2.7. ELECTROENCEFALOGRAMA (EEG)	55
2.7.1. RITMOS ELECTROENCEFALOGRÁFICOS	57
2.7.2. MÉTODOS DE REGISTRO Y EVALUACIÓN DEL EEG	58
2.7.3. POTENCIA ABSOLUTA Y POTENCIA RELATIVA DEL EEG	62
2.7.4. CORRELACIÓN DE PEARSON EN EL ANÁLISIS DEL EEG	63
2.7.4. EL EEG COMO HERRAMIENTA NO INVASIVA PARA MEDIR LA FUNCIONALIDAD CEREBRAL DURANTE LA ACTIVACIÓN SEXUAL Y FUNCIONES EJECUTIVAS	65
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	71
4. OBJETIVOS	72

4.1. OBJETIVO GENERAL	72
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	72
5. HIPÓTESIS	72
5.1. HIPÓTESIS GENERAL	72
5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	72
6. MATERIAL Y MÉTODOS	73
6.1. SUJETOS	73
6.2. REGISTROS	76
6.3. PRUEBA DE TORRES DE HANOI	77
A. PARÁMETROS A MEDIR EN LA PRUEBA DE TORRES DE HANOI:	78
6.4. PROCEDIMIENTO	78
6.5. REGISTRO ELECTROENCEFALOGRÁFICO.	79
INSTRUCCIONES PREVIAS AL EXPERIMENTO.	79
6.6. VARIABLES	83
6.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	83
7. RESULTADOS	86
7.1. RESULTADOS DE LAS ESCALAS PSICOLÓGICAS APLICADAS PREVIAS AL EXPERIMENTO.	86
7.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SUBJETIVA DE LOS ESTÍMULOS VISUALES.	87
7.3. RESULTADOS DE ACTIVACIÓN MEDIDOS A TRAVÉS DEL ELECTROCARDIOGRAMA	89
7.4. RESULTADOS CONDUCTUALES DE LA PRUEBA DE TORRES DE HANOI.	90
7.5. RESULTADOS ELECTROENCEFALOGRÁFICOS	91
7.5.1. COMPARACIÓN POR GRUPO (NEUTRO, AGRESIVO, ERÓTICO) EN LAS CONDICIONES DE ESTIMULACIÓN VISUAL Y TORRES DE HANOI	94
7.5.2. COMPARACIÓN POR CONDICIÓN (VIDEO Y HANOI) EN LOS GRUPOS NEUTRO, AGRESIVO Y ERÓTICO.	101
8. DISCUSIÓN	110
8.1. EJECUCIÓN DE LAS TORRES DE HANOI	111
8.1. CORRELACIÓN ELECTROENCEFALOGRÁFICA	113
9. CONCLUSIONES	118
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
11. ANEXOS	137

11.1. CARTA DE CONSENTIMIENTO	137
11.2. ENTREVISTA DE DATOS GENERALES	139
11.3. ESCALA DE RANGOS HOMOSEXUAL-HETEROSEXUAL DE KINSEY	139
11.4. ESCALA ARIZONA DE EXPERIENCIA SEXUAL	140
11.5. PRUEBA DE DEPRESIÓN DE HAMILTON	141
11.6. EVALUACIÓN SUBJETIVA DEL VIDEO EN CUANTO A VALENCIA, ACTIVACIÓN Y EXCITACIÓN SEXUAL	145
11.7. CUESTIONARIO DE MOTIVACIÓN SEXUAL.	145
<u>12. GLOSARIO DE ABREVIATURAS</u>	<u>147</u>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Circuito dopaminérgico mesolímbico del sistema recompensante	13
Figura 2. Ley de Yerkes y Dodson.	20
Figura 3. Esquema de las áreas de Brodmann, señalando la corteza prefrontal en el humano.....	24
Figura 4. Conexiones aferentes de la corteza prefrontal	25
Figura 5. Principales regiones de la Corteza prefrontal	26
Figura 6. Esquema de la corteza prefrontal en diferentes especies.	26
Figura 7. División de la corteza Prefrontal	29
Figura 8. Circuito motor..	31
Figura 9. Circuito orbitofrontal-estriatal.....	32
Figura 10. Circuito dorsolateral-estriatal.....	33
Figura 11. Circuitos prefrontales y su aferencias corticales.....	34
Figura 12. Áreas de Brodmann indicando el lóbulo parietal.	35
Figura 13. Áreas de Brodmann señalando al lóbulo temporal.....	38
Figura 14. Esquema de la ubicación de la amígdala.....	40
Figura 15. Tarea de Torres de Hanoi computarizada.....	47
Figura 16. Representación esquemática de la colocación de electrodos mediante el sistema 10-20 internacional.....	60
Figura 17. Espectro de Frecuencias.....	62
Figura 18. Escala de medición de valencia ante estímulos emocionales.....	75
Figura 19. Escala de medición de activación general ante estímulos emocionales	75
Figura 20. Escala de medición de activación sexual ante estímulos visuales	76
Figura 21. Imagen del sitio de colocación de electrodos.....	77
Figura 22. Diagrama de Flujo del diseño experimental.	82
Figura 23. Medias \pm 2 errores estándar de la valoración de la Valencia, Activación y Activación Sexual inducida por los estímulos visuales.....	89
Figura 24. Medias \pm 2 errores estándar de la frecuencia cardiaca durante la condición basal, durante la estimulación visual y durante la ejecución de la prueba Torres de Hanoi entre los 3 grupos.	90

Figura 25. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTER FRONTAL de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda.	95
Figura 26. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTER PARIETAL de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda.	96
Figura 27. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTER TEMPORAL de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda.	96
Figura 28. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTRA FRONTO-PARIETAL IZQUIERDA de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda.	98
Figura 29. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTRA FRONTO –TEMPORAL IZQUIERDA de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda.	99
Figura 30. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTRA FRONTO –PARIETAL DERECHA de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda.....	100
Figura 31. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTRA FRONTO –TEMPORAL DERECHA de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda.....	101
Figura 32. Medias ± 2 errores estándar del valor z de la rTER FRONTAL de r de Pearson de la condición Video, la condición Hanoi y la diferencia entre ambas en cada banda.	103
Figura 33. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTER PARIETAL de r de Pearson de la condición Video, la condición Hanoi y la diferencia entre ambas en cada banda.	104
Figura 34. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTER TEMPORAL de r de Pearson de la condición Video, la condición Hanoi y la diferencia entre ambas en cada banda.	104
Figura 35. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTRA Fronto-Parietal izquierda de r de Pearson de las dos condiciones y la diferencia entre ambas en cada banda..	106
Figura 36. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTRA Fronto-Temporal izquierda de r de Pearson de las dos condiciones y la diferencia de medias de ambas en cada banda..	107
Figura 37. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTRA Fronto-Parietal derecha de r de Pearson de las dos condiciones y diferencia de medias de ambas en cada banda.	108

Figura 38. Medias ± 2 errores estándar del valor de la rTRA Fronto-Temporal derecha de r de Pearson de las dos condiciones y la diferencia de medias en cada banda..... 109

1. INTRODUCCIÓN

Frecuentemente la conducta sexual ha sido considerada como una serie de comportamientos específicos encaminados únicamente a la preservación de las especies. Sin embargo, existen evidencias para sugerir que tanto en el ser humano como en los animales, la conducta sexual no tiene otra función más que la de su propia ejecución (Ágmo, 2005).

Como otras conductas motivadas, la conducta sexual tiene dos componentes; un componente motivacional que es el “sex drive”, la libido, la fuerza que impulsa a los individuos a buscar la unión sexual; y un componente consumatorio, que implica la ejecución sexual propiamente dicha. El conocimiento de la conducta sexual y en específico de la motivación sexual ha requerido de una continua investigación en el área. En el ser humano es difícil acceder a diversos métodos de estudio por cuestiones éticas, por lo cual se han utilizado modelos animales. Actualmente se cuenta con técnicas metodológicas que permiten estudiar la funcionalidad cerebral, tales como el electroencefalograma y técnicas de imagenología, las cuales permiten detectar modificaciones en la activación cerebral ante diferentes estímulos con contenidos sexuales que influyen tanto en su motivación (conducta apetitiva), como en su ejecución sexual (conducta consumatoria) y cognoscitiva (procesamiento mental).

Existen reportes de que la motivación y ejecución sexual se asocian con cambios específicos de los niveles de diversos neurotransmisores, uno de los más estudiados, ha sido el papel de la dopamina. Estos cambios a su vez se asocian con cambios electroencefalográficos y de activación cerebral. Así mismo, también existen reportes de que durante la ejecución de tareas cognoscitivas, la funcionalidad cerebral presenta cambios específicos y particulares.

En este contexto, numerosos trabajos reportan que entre las diversas estructuras cerebrales que se activan durante las tareas cognoscitivas, la corteza prefrontal es una de las regiones corticales más implicada. Esto no es novedoso, si consideramos el importante papel que juega en el procesamiento sensorial, toma de decisiones y secuenciación de eventos. Así mismo, se conoce también que las áreas prefrontales son de las principales áreas corticales activadas durante los estados de activación

sexual, por ejemplo, durante la observación de estímulos eróticos o en relación a estimulación somatosensorial erótica. Se ha reportado que estos cambios funcionales y/o de activación prefrontal prevalecen o perduran por un tiempo mayor a aquel de la estimulación visual o somatosensorial erótica, por lo que resulta interesante investigar si tal estimulación afecta la actividad electroencefalográfica de la corteza prefrontal y sus relaciones funcionales con la corteza parietal y temporal en hombres adultos jóvenes, así como la ejecución de una tarea cognoscitiva, afectando por lo tanto la funcionalidad cerebral durante la ejecución de la tarea.

2. ANTECEDENTES

2.1. *Conducta sexual masculina*

La conducta sexual es la conducta mediante la cual los gametos femenino y masculino se unen para asegurar la fertilización, permitiendo el intercambio genético que asegura la sobrevivencia de la especie. Este recambio da lugar a progenie con características genéticas distintas y por lo tanto, los organismos tienen mayores probabilidades de sobrevivir en un ambiente variable; la variabilidad le permitirá al individuo adaptarse a su medio ambiente y a los cambios que se le presenten (Hamilton, Henderson & Morán, 1981).

El éxito reproductor es básico para la eficiencia biológica, las crías de cualquier animal deben sobrevivir y a su vez reproducirse, por lo que, al menos en el ser humano, la conducta sexual ha sido considerada como una variedad de comportamientos específicos encaminados únicamente a la preservación de la especie. Actualmente, se sabe que la conducta sexual es un acto altamente reforzante con connotaciones afectivas y placenteras en el individuo, por lo que se ha llegado a sugerir que no tiene otra función más que la de su propia ejecución.

Una clasificación de la “respuesta sexual humana”, es la realizada por el famoso ginecólogo William Masters y la trabajadora social Virginia Johnson (conocidos popularmente por sus dos apellidos juntos: Masters y Johnson). Ellos diferenciaron las siguientes fases en la respuesta sexual: (Masters & Johnson, 1966):

1. DESEO: típicamente consiste de fantasías sobre la actividad sexual y el deseo de llevarlas a cabo.
2. EXCITACIÓN: consiste en la sensación subjetiva de placer sexual acompañado con cambios fisiológicos, tumescencia peneana y erección en el hombre y vasocongestión pélvica, tumefacción de los genitales externos, lubricación y expansión vaginal en la mujer.
3. ORGASMO: este es visto como el pico máximo del placer sexual con liberación de la tensión sexual acompañada de contracción de los músculos del perineo y de los órganos sexuales. En el hombre, la sensación de eyaculación inevitable es seguida por emisión del semen. En la mujer, aparecen contracciones del tercio externo de la pared vaginal.

4. RESOLUCIÓN: consiste en una sensación de relajación muscular y de bienestar general. Después de la eyaculación el hombre se encuentra fisiológicamente refractario a la erección y al orgasmo por un periodo variable de tiempo, mientras que la mujer puede, casi de inmediato, volver a responder a una estimulación posterior.

La conducta sexual masculina en cada especie animal se caracteriza por una serie de comportamientos estereotipados, sin embargo en el ser humano esta conducta puede ser muy variada, durante la cual estas respuestas conductuales generalmente son activadas por estímulos externos. La adecuada expresión sexual es esencial para todos los seres humanos y proporciona un sentido físico y psicológico de bienestar.

2.1.1. Motivación sexual masculina

Desde el punto de vista psicológico, el comportamiento siempre es motivado y como resultado de ello, el individuo busca bienestar económico, sentimental y social, así como salud corporal y mental. La motivación ha recibido varios nombres: instintos, pulsiones, refuerzos, necesidades, emociones, intereses, etc. Sin embargo desde el punto de vista científico, la motivación es considerada como “una fuerza que impulsa al individuo a actuar y a perseguir metas específicas; de modo que es un proceso que puede provocar o modificar un determinado comportamiento” (Hernández-González, 2002).

En un concepto más amplio se sugiere que la motivación es un concepto genérico que designa a las variables que no pueden ser inferidas directamente de los estímulos externos, pero que influyen en la dirección, intensidad y coordinación de los modos de comportamiento aislados tendientes a alcanzar determinadas metas. Es un constructo teórico-hipotético que conjunta a los factores innatos (biológicos) y aprendidos (cognoscitivos, afectivos y sociales) que inician, sostienen o detienen la conducta (Mankeliunas, 1987).

Los primeros estudios sobre motivación sexual fueron realizados por Beach (1956) quien hizo una distinción básica entre sexo y otros comportamientos espontáneos como comer o beber. Se dice que la ausencia de actividad sexual no produce una necesidad física como la de privación de comida o agua. La conducta

sexual es considerada como parte de una serie de patrones de comportamiento que se ha pensado durante mucho tiempo, tienen la función de mantener la sobrevivencia de la especie. No obstante, se ha demostrado que la ejecución de la conducta sexual humana no está totalmente asociada con la reproducción dada la considerable cantidad de métodos anticonceptivos actualmente desarrollados, se sabe que por cada 1100 copulas sólo una termina en fertilización. Se ha demostrado que para el hombre, así como para otros mamíferos, la conducta sexual es intrínsecamente recompensante, y las estructuras cerebrales implicadas en su efecto reforzante son similares a las que se asocian con el efecto reforzante de las drogas de abuso o el alcohol (Ágmo, 1999; Tzschentke, 2001; Yoshimoto, et al., 2000; Pfaus, Kippin & Coria-Avila, 2003; Sachs, 2007).

De acuerdo con Ágmo (1999) la motivación sexual es el proceso que hace que un animal busque contacto sexual con otro animal. Sin embargo, otros autores como Sachs (2000) consideran a la motivación sexual como el proceso que causa en los organismos una búsqueda de metas u objetivos y que puede ser medido por la disposición de un individuo para trabajar (gastar energía) y así, tener el acceso a dicha meta. Varios trabajos han dado evidencia de la motivación sexual en animales, en especial en ratas macho bajo condiciones experimentales como presionar una barra, superar obstáculos, escalar una malla electrificada o cruzar un laberinto con la finalidad de obtener una recompensa que es el acceso a copular con una hembra. Por otra parte, los humanos de manera análoga, tienen que “trabajar” para obtener contacto sexual, como realizar diversas conductas tales como atravesar distancias para ganar proximidad a la pareja, ofrecer invitaciones a restaurantes, cantar, bailar o cualquier otra conducta que promueva el acercamiento al contacto sexual.

Sachs (2000) también ha referido la motivación sexual como el surgimiento impetuoso de estimulación interna o externa que induce al organismo a buscar o crear ocasiones que conduzcan a la conducta sexual

Beach (1956) nombró a los procesos de activación de conducta sexual como el “mecanismo de activación sexual (SAM)”, y a los actos copulatorios como “mecanismos de intromisión y eyaculación (IEM)”. Argumentando que la función de SAM es incrementar la excitación sexual masculina un poco antes de que se alcance el umbral

copulatorio, y el IEM llevará al hombre al umbral de eyaculación. En los años subsecuentes el SAM se ha considerado como “motivación sexual”.

Aun cuando durante muchos años los términos “motivación sexual” y “activación sexual” han sido usados como sinónimos, actualmente existen algunos autores que han intentado explicar la distinción entre ambos, estos procesos han sido actualmente considerados como interdependientes ya que para la “activación sexual masculina” la erección peneana ha sido considerada como su principal indicador.

2.1.2. Activación sexual vs. Motivación sexual

Uno de los estudios que explican la manera en la que los incentivos activan la conducta apetitiva y consumatoria es la propuesta por Bindra (1974) acerca de la motivación sexual, quien menciona que en el cerebro existe un estado motivacional central, definido como “un conjunto hipotético de procesos neurales que promueven acciones dirigidas a una meta en relación a clases particulares de estímulos incentivos” (Ágmo, 1999).

Ya que la motivación ha sido considerada un constructo hipotético y no puede medirse directamente, se han desarrollado diversas formas para medir la ejecución en pruebas específicas y de esta manera medir indirectamente la motivación. Otras formas de medición utilizadas han sido medir los indicadores de motivación sexual y los actos de ejecución sexual. Como indicadores de motivación se han estudiado en las ratas la orientación olfatoria y gustativa y la exploración de la región ano-genital de la pareja, la investigación de la orina, las persecuciones, la duración de la conducta precopulatoria, el número de montas, e intromisiones y sus latencias, entre otros.

La conducta sexual se ha caracterizado y clasificado ampliamente en los roedores, y se han descrito, inicialmente por Woodworth en 1918, las fases de la conducta de apareamiento. En los seres humanos se ha dividido en dos componentes: 1) el impulso sexual (fase apetitiva), periodo en el cual el sujeto realiza cualquier tipo de conductas de deseo o de aproximación hacia el otro individuo que representa un incentivo o meta sexual, llamado a veces motivación sexual o libido, y 2) ejecución sexual (fase consumatoria) o potencia, periodo en el que el sujeto alcanza la meta sexual con el otro individuo y se generan patrones conductuales específicos de logro de

la ejecución de la conducta sexual (Pfaus, et al., 2003; Ágmo, 1999; Hernández-González, 2002).

Respecto a la ejecución de la conducta sexual humana, actualmente se dispone de diversas descripciones científicas, siendo las más conocidas las que proceden de los informes de Kinsey a finales de los 40's. Se sabe que en los humanos no existe una conducta estereotipada de copula, dado que esta se presenta en una variedad de posiciones. La mayoría de parejas se aparean en posturas cara a cara, siendo ésta la más habitual en todas las culturas, con sus variaciones (Hernández-González, 2002).

A diferencia de la motivación sexual, la "activación sexual" se ha definido en su versión original por Beach (1956) como un mecanismo responsable para el despliegue de la conducta sexual, el cual incrementa la excitación sexual para alcanzar el umbral copulatorio. Para Masters y Johnson, el deseo era cualquier cosa que incrementara la excitación sexual, por otro lado Beach aceptó la noción del impulso sexual que puede influir sobre las respuestas apetitivas. Pfaus et al. (2003) definen la activación sexual fisiológica como "un incremento en la activación autonómica que prepara al cuerpo para la actividad sexual", que incluye un flujo sanguíneo parasimpático a los genitales y tejido eréctil, en particular en la mujer, el clítoris, labios, epitelio vaginal y en el hombre el pene; y un flujo sanguíneo simpático del corazón hacia el músculo estriado y liso que participa en respuestas sexuales. Otros autores han compartido la definición en la cual la activación sexual estará presente únicamente cuando se observe la erección peneana dentro de un contexto sexual, Sachs (2007) define al contexto sexual como un ambiente que en la mayoría de machos tiende a provocar una futura estimulación sexual, como la copula o la masturbación. También se ha considerado como una experiencia multidimensional que abarca estímulos externos y/o factores endógenos, en las cuales, áreas críticas del cerebro y respuestas fisiológicas participan en la experiencia del deseo sexual inhibiendo o facilitando la acción subsecuente (León-Carrión, et al., 2007).

Autores como Sachs han argumentado la separación de los conceptos de motivación sexual y activación sexual, sin embargo, dado que todas las respuestas sexuales, incluyendo la erección, son dependientes de la motivación (sin la motivación no podría haber una respuesta a los estímulos sexuales) y mientras mayor sea la

motivación, mayor será la respuesta sexual, la erección se considera como una de las variadas manifestaciones de la motivación sexual (aunque esta última no sea una garantía de que suceda la erección). Ágmo por su parte, describe que una erección siempre será una erección, y que el contexto sexual atribuido por Sachs a las erecciones, en la Activación Sexual, puede ocurrir durante el sueño solitario, por la mañana, en la presencia de una mujer atractiva, o en casos de representaciones mentales de estímulos sexuales (también llamadas fantasías).

Para los fines de este trabajo, se considerará la *activación sexual* como un estado de activación psicológica y fisiológica, que se genera durante el periodo previo al orgasmo y que es generado por estímulos externos o internos con contenido erótico o sexual. A diferencia de la llamada *motivación sexual*, que es considerada como el estado interno de un individuo que le impulsa a buscar contacto sexual con otro sujeto que posee las características de valor-incentivo y que es capaz de reforzar su conducta de aproximación.

La motivación y activación sexual han sido evaluadas desde dos puntos de vista generalmente: fisiológico y subjetivo. Las *respuestas sexuales fisiológicas* han sido evaluadas mediante el estudio de latencias, frecuencias, tiempos totales de las erecciones penianas, registros de tumescencia y circunferencia peniana en hombres y latencias y niveles de flujo sanguíneo vaginal y lubricación vaginal; así como también, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, respuesta galvánica, entre otros. La *respuesta sexual subjetiva*, será a lo que nos referiremos como la habilidad de las personas de describir o monitorear su propia excitación sexual; esta respuesta ha sido ampliamente evaluada a través de diversas escalas, cuestionarios o auto-reportes (Piazza, et al., 1997; Ferguson, 2001; Masand, Ashton, Gupta & Frank, 2001; Clayton, 2005; Mathias, et al., 2006; Rajnish & Balwant, 2008).

Los hallazgos generales basados en cuestionarios han encontrado que, después de una sola sesión de estimulación erótica, los sujetos experimentan mayor deseo sexual, mayor frecuencia de fantasías sexuales y conversaciones acerca de sexo e inclusive masturbación al siguiente día. También, existe evidencia clínica de que la conducta sexual ausente en una persona puede ser incrementada mediante la estimulación erótica, donde los estímulos eróticos frecuentemente son usados en

intervenciones terapéuticas como una ayuda educativa y para reducir la ansiedad (Julien & Over, 1984).

Se han hecho intentos por determinar cuál es el estímulo más efectivo para producir la excitación sexual. Datos consistentes indican que los videos son los más adecuados para generar excitación o activación sexual a diferencia de fotografías impresas, fotos en secuencia o cintas de audio. No existen diferencias entre el estímulo de color y blanco y negro, a pesar de que los dos mostraron ser efectivos en generar excitación sexual (High, Rubin & Henson, 1979).

2.1.3. Bases neurofisiológicas de la Activación sexual

Los mecanismos neurales que se ha propuesto, están implicados en la activación sexual, incluyen componentes cognoscitivos, emocionales, motivacionales y autonómicos (Redouté, et al., 2000). Las áreas cerebrales que se han encontrado ligadas a estos mecanismos incluyen: a) redes atencionales que recaen en la corteza orbitofrontal y lóbulos parietales superiores; b) el pensamiento imaginario de movimientos corporales, en lóbulos parietales inferiores; c) los componentes motivacionales, que se alojan en la parte caudal de la corteza del cíngulo anterior relativo a la preparación de los procesos motores; y d) mecanismos autonómicos que involucran al hipotálamo, ínsula, y parte rostral y caudal de la corteza anterior del cíngulo (Ferreti, et al., 2005).

Para clarificar los circuitos neurales que subyacen al procesamiento visual de estímulos eróticos, los circuitos incluyen áreas límbicas (hipotálamo, hipocampo y amígdala) y áreas para límbicas (giro anterior del cíngulo, lóbulo frontal, e ínsula), cortezas asociativas (temporal inferior y occipital) y otros relevos subcorticales y corticales sensoriales (tálamo y corteza somatosensorial secundaria: SII). Para la interpretación neuroconductual, se ha hipotetizado que el control endocrino y autonómico de la conducta sexual está mediado por el hipotálamo; mientras que la activación de la amígdala está relacionada con el proceso donde el estímulo erótico es evaluado como un incentivo sexual (Beauregard, Levesque & Bourogouin, 2001).

El complejo amigdalino recibe aferencias sensoriales multimodales, así como también proyecciones del hipocampo, del tálamo, y corteza de asociación. Por su parte

la amígdala, envía información hacia el estriado ventral, hipotálamo, áreas del tallo cerebral autónomas y corteza prefrontal. Esto sustenta la idea de que la amígdala participa en la evaluación del contenido emocional de información perceptual compleja asociada con el procesamiento de estímulos eróticos visuales (Ferreti et al., 2005).

Diversas investigaciones han mostrado que los mecanismos supraespinales son los encargados de controlar la activación sexual y la erección peneana. Estos estudios centran su atención en el área preóptica del hipotálamo así como en el núcleo paraventricular del hipotálamo, núcleos del tallo paragigantocelulares y núcleos mediales de la amígdala.

Por diversos estudios de Resonancia Magnética Funcional (RMf), Tomografía por Emisión de Positrones (PET) y espectroscopía, se ha mostrado que ante estímulos eróticos visuales se encuentran incrementos en la actividad neural de áreas como: corteza frontal derecha inferior, corteza temporal inferior, corteza cíngulo anterior izquierdo, ínsula derecha. Estos incrementos podrían estar representando una red neural ante los estímulos eróticos.

Ferreti et al. (2005) encontraron diferencias en estructuras que participan en la activación ante estímulos fijos (fotos) y ante estímulos en movimiento (video). En ambos se activaban el lóbulo parietal inferior, precuneus, cuneus, corteza visual extra estriatal, corteza frontal, estructuras temporales mediales (hipocampo y amígdala). Sin embargo, ante estímulos eróticos en video (se usaron videos eróticos y de deportes como neutros), sólo encontró activación bilateral del tálamo, cíngulo anterior, hipotálamo, ínsula y corteza somatosensorial secundaria.

León-Carrión et al. (2007) han demostrado que la corteza prefrontal dorsolateral (CPF DL) es el lugar en el que permanece la información durante el tiempo que transcurre entre la estimulación (estímulos sexuales) y la respuesta, demostrando que la CPF DL está participando en el mantenimiento de la representación del estímulo en la memoria de trabajo para preparar una respuesta. En base a sus resultados, León-Carrión sugiere que la CPF DL es la encargada de resolver los dilemas morales personales y decisiones conflictivas, y que es esencial en el control (establecimiento de límites) de la respuesta sexual. Lo que explica la falta de control y límites en cuanto a la conducta sexual presente en sujetos lesionados en la corteza prefrontal.

León-Carrión et al. (2007b) mediante el análisis de espectroscopía por rayos infrarrojos, estudió dos dimensiones afectivas (valencia: positiva o negativa, y activación: excitado o calmado), e investigó el impacto de estas dimensiones afectivas de estímulos visuales emocionales en la activación cerebral. Encontró que los mayores niveles de activación se mostraron ante películas con contenido erótico, desagradable violento (diestrés) y desagradable repulsivo (repugnante). Y encontraron que a mayor nivel de activación permanece más activada la corteza prefrontal, y por consecuencia el mantenimiento de la información en estas zonas es más largo (León-Carrión, et al. 2006).

En una revisión realizada por Buhler, Vollstadt-Klein, Klemen y Smolka (2008) se demostró que la mayoría de los estudios que utilizan presentación de estímulos eróticos (fotos o videos) generalmente trabajan mediante diseños de bloques y que un diseño relacionado con eventos puede ser una alternativa cuando el interés principal es la detección de redes asociadas al procesamiento de estímulos eróticos. Sin embargo, encuentran que diversos estudios que utilizan la resonancia magnética funcional o la tomografía por emisión de positrones coinciden en demostrar que existen estructuras (corticales: frontal, parietal y occipito-temporal; y subcorticales como cerebelo, ganglios basales, hipotálamo y tálamo) activadas en el momento de la presentación de estímulos visuales con contenido erótico.

2.1.4. Ejecución sexual masculina

En términos generales, la conducta copulatoria masculina en los animales inicia con la monta, que incluye movimientos pélvicos rítmicos cuya latencia, duración y frecuencia son característicos de cada especie. Si durante la ejecución de los movimientos pélvicos se logra la penetración vaginal ocurre la intromisión, después de la cual ocurre la expulsión seminal constituyendo la fase final de la conducta copulatoria que es la eyaculación.

En el ser humano la conducta sexual masculina no presenta actos motores estereotipados característicos, y aunque se pueden adoptar una gran variedad de posturas y acomodos, los aspectos básicos de inserción peneana vaginal y de emisión seminal están presentes. Lo mismo se puede decir de la serie de eventos que preceden

a la cópula cuyo despliegue conductual varía dependiendo de los aspectos culturales, sociales e incluso religiosos, de las diferentes razas y nacionalidades humanas.

Para que se despliegue de manera adecuada el comportamiento sexual masculino se requiere, además de un medio hormonal y neurofisiológico adecuado, de claves o estímulos visuales, olfatorios, auditivos, y somatosensoriales que contribuyen al inicio y al mantenimiento de la motivación y reflejos de erección y eyaculación que son regulados por neuronas que se encuentran tanto a nivel cerebral como a nivel de la medula espinal, coordinando la entrada sensorial y la salida autónoma que aseguren el éxito de la interacción sexual (Coolen & Hull, 2004).

Existen mecanismos neurales que permiten que la estimulación recibida durante el contacto sexual sea percibida como recompensante. Tales reforzadores alteran la conducta subsecuente, contribuyendo a la formación de preferencias asociadas con estímulos positivos.

Todos los animales trabajarán para obtener recompensas sexuales, y esta conducta puede verse como análoga del deseo. Las recompensas sexuales pueden ser reforzadores primarios, como el orgasmo y la eyaculación, o reforzadores secundarios como los estímulos asociados con la gratificación sexual, ciertas características propias del individuo como la ropa, olores, etc. (Pfaus, et al., 2003).

Así mismo, se ha descrito que la conducta o acto sexual es intrínsecamente recompensante y motivante, dicha recompensa está mediada por dos sistemas particulares, el primero es el sistema mesolímbico y se origina por neuronas secretoras de dopamina situadas en la región ventral del tegmento mesoencefálico que terminan haciendo sinapsis en el sistema límbico (Tzschentke, 2000) (Figura 1).

La frecuencia y la descarga de estas neuronas aumentan en respuesta a una recompensa y disminuyen cuando se omite la recompensa. El segundo sistema es el sistema mesocortical, el cual se origina en la región ventral del tegmento mesoencefálico y proyecta a las cortezas de asociación parietal, temporal y prefrontal. Estas neuronas están involucradas en FE como la inhibición de la respuesta, el control motor, la atención y la memoria de trabajo. La disminución o incremento de la dopamina sináptica, a nivel de la corteza prefrontal, produce alteraciones en la función ejecutiva.

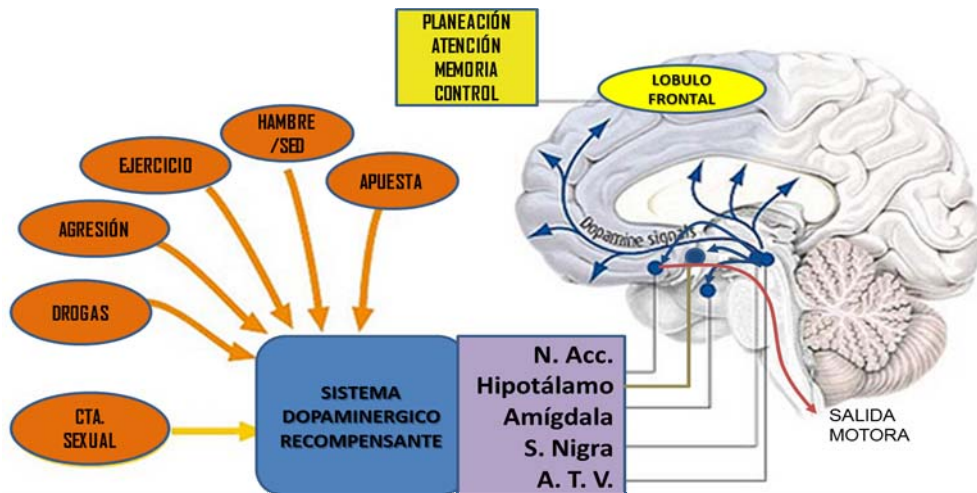


Figura 1. Circuito dopaminérgico mesolímbico del sistema recompensante (Yoshimoto et al., 2000).

La conducta sexual masculina ha sido estudiada por más de 20 años, y se han utilizado modelos animales que facilitan el conocimiento de factores que subyacen a la conducta sexual. Diferentes componentes ampliamente estudiados, están involucrados en la conducta sexual masculina, tales como las intromisiones, montas, eyaculación y periodos post-eyaculatorios, entre otros.

La copula ha sido descrita por Sachs y Barfield (1976) específicamente en la rata, como una serie de montas intermitentes, durante la cual el macho brevemente inserta su pene en la vagina de la hembra; durante la última inserción de la serie el macho eyacula, seguido por un periodo de inactividad, donde posteriormente el macho reasume la copula.

Beach (1956) sugirió que desde la conducta precopulatoria hasta la copula misma, existía no solo un impulso sexual, sino que un mecanismo de activación sexual que controlaba la iniciación y eyaculación, y que las latencias de montas eran medidas directas de la motivación, las latencias de intromisión reflejaban los componentes motivacionales y de ejecución.

2.1.5. Bases neurofisiológicas de la ejecución sexual masculina

La cópula es una expresión comportamental de la fisiología neural y hormonal del organismo. La coordinación de esta conducta representa la interacción de una red de

estructuras coordinadas y una red de eventos neuroendocrinos. Los seres vivos más estudiados son los roedores, pero también se han estudiado, pájaros, reptiles, anfibios, peces y primates no humanos.

El *área preóptica media del hipotálamo anterior (APOM)* es por excelencia conocida como indispensable para la conducta sexual de los machos en los vertebrados (Meisel & Sachs, 1994). En todas las especies estudiadas, se ha encontrado que en los machos que reciben una lesión bilateral del área preóptica media del hipotálamo anterior, dejan de presentar la cópula.

El APOM ha sido la más estudiada en la rata, ésta se caracteriza por ser una estructura localizada en la parte ventral del cerebro, anterior al quiasma óptico, a los lados del tercer ventrículo y por arriba de él se encuentra la comisura anterior. Se han distinguido diversos núcleos dentro de ella y subregiones, de las cuales el más conocido es el núcleo sexual dimórfico que tiene un tamaño mayor en los machos comparados con las hembras. Diversos estudios se han realizado con lesiones en dicha estructura encontrando que ante la lesión bilateral del área preóptica media desaparece la conducta sexual de algunas especies de mamíferos.

De la misma manera el efecto contrario sucede en esta área, donde la estimulación de la actividad neuronal facilita la conducta sexual (Ágmo, 2007). Se ha llegado a la conclusión de que esta estructura APOM es crítica para la iniciación de la activación sexual y la conducta sexual.

El *núcleo ventromedial del hipotálamo* es considerado como fundamental para el patrón de lordosis en las ratas hembras, así como el área preóptica medial es fundamental para la conducta de monta en los machos. La lordosis es un patrón conductual de receptividad, que se presenta en las ratas hembras durante las fases proestro y estro del ciclo estral. De la misma manera que el área preóptica medial, el efecto de las lesiones en el núcleo ventromedial del hipotálamo produce una disminución o pérdida de la lordosis, y la estimulación eléctrica aumenta la lordosis. En cuanto al macho, se ha demostrado que una lesión del núcleo ventromedial reduce la latencia de la monta e intromisión y aumenta el número de montas, intromisiones; por lo que una lesión en este núcleo facilita la monta en el macho (Ágmo, 2007).

Estas estructuras anteriormente mencionadas se sabe que tienen una relación mutua inhibitoria. La actividad en el área preóptica aumenta la probabilidad de expresión de una monta y reduce la probabilidad de expresión de la lordosis, mientras que la actividad en el núcleo ventromedial aumenta la probabilidad de expresión de lordosis y reduce la probabilidad de expresión de una monta. Dado lo anterior, en el macho existe una actividad elevada en el área preóptica media provocando una alta probabilidad de presentación de montas y baja presentación de lordosis. En las hembras la actividad del núcleo ventromedial es alta, lo que provoca una alta probabilidad de presentación de lordosis y baja probabilidad de presentación de montas.

Sin embargo, en el ser humano la conducta sexual no es estereotipada, como en la rata, el conejo, o cualquier otra especie de animal; en el ser humano esta conducta es muy variada. De alguna manera existe un patrón diferencial entre hombres y mujeres, dado que el hombre es el único que puede asumir el papel de penetrador, y al contrario el hombre y la mujer pueden asumir el papel de penetrados. Se puede afirmar desde este punto de vista, que la mayoría de los patrones motores ejecutados por los seres humanos durante la cópula pueden ser realizados por ambos sexos.

El *bulbo olfatorio* tiene un papel muy importante en la regulación neural de la cópula. Se ha encontrado que el bulbo olfatorio tiene funciones integradoras además de las funciones sensoriales que desempeña. Las lesiones en estos bulbos generan sensorialmente anosmia o pérdida del olfato, sin embargo también se han encontrado efectos de déficits en la actividad copulatoria en ratas, hámsteres y conejillos de indias, entre otros. La información que dirige la conducta sexual por la vía olfatoria entra por el órgano vomeronasal, en el cual se ha visto que su deafferentación produce una disminución y alteración de la conducta copulatoria (Meisel & Sachs, 1994). Se ha encontrado también que hay mayor latencia en el número de intromisiones, lo que se ha tomado como indicador de activación sexual reducido en ratas bulbectomizadas.

La *amígdala* es otra estructura que se ha demostrado forma parte importante de la actividad sexual, debido a los reportes en los que las lesiones bilaterales de la amígdala han generado hipersexualidad en los animales (Síndrome de Kluver –Bucy). Giantano,

Lund y Gerall en 1970 fueron los primeros en demostrar que lesiones en la amígdala cortico-medial podría alterar la copula en las ratas machos (Meisel & Sachs, 1994).

2.1.6. Mecanismos neuroquímicos en la activación generalizada y motivación sexual

Los estímulos eróticos pueden generar una gran variedad de respuestas emocionales, aunado a la excitación sexual se pueden experimentar otras emociones, como aquellas conductas o tendencias de acercamiento a la pareja, deseos y expectativas. La activación sexual es generada en el organismo en respuesta a estímulos relevantes, así, durante la producción de la respuesta sexual, se le confiere al estímulo un significado sexual y se generan diversas conductas de aproximación o mensajes de salida (Spiering, Everaerd & Janssen, 2003).

Existen diferencias entre la respuesta sexual fisiológica y la respuesta sexual subjetiva, ya que la primera involucra una activación automática de respuestas fisiológicas, como por ejemplo las erecciones penianas en respuesta a videos eróticos, lo que sugiere una estrecha relación entre las respuestas genitales y los estímulos visuales sexuales.

Se ha considerado que la activación sexual es dependiente de la interacción de procesos automáticos y atencionales, por lo que diferentes niveles de procesamiento cognoscitivo pueden afectar de manera diferente a la activación sexual subjetiva o fisiológica (Spiering, et al., 2003).

La preatención es un mecanismo importante en la activación, ya que permite imaginar el impacto del mecanismo de activación o excitación en las primeras etapas de la atención. Donde el sistema de alertamiento o activación ha identificado el valor atencional del estímulo pero no ha identificado todos los factores del mismo. Existen vías ascendentes del tallo cerebral que van hacia el núcleo medial del tálamo, al hipotálamo, y a los ganglios basales mediante los cuales se modulan los mecanismos de activación o excitación del sistema nervioso, mediado por hormonas, por péptidos (como la orexina/hipocretina, factor liberador de la corticotropina), y por lípidos (como las prostaglandinas). Las vías descendentes del hipotálamo y área preóptica influyen en la activación autonómica y permiten un componente emocional, en general la activación

o alertamiento del sistema nervioso central demuestra un sustrato entre las funciones cognoscitivas y las funciones emocionales (Pfaff, Kiefer & Swanson, 2008).

Entre los factores neuroquímicos involucrados en la activación y motivación sexual están diversas categorías, entre ellas los neuropéptidos, que son moduladores de la función del sistema nervioso central y regulan estados conductuales y homeostáticos, unos de los más conocidos son la orexina/hipocretina A y B. Estos dos péptidos son producidos por un gen en una pequeña población de neuronas que representan un 5% de neuronas hipotalámicas y juegan un papel importante en ciclos como el sueño y alertamiento en general, así como también participan en la regulación de los procesos de recompensa, de alimentación y de drogas de abuso (Pfaff, et al., 2008).

Otros neuropéptidos que están ampliamente distribuidos en el sistema nervioso y participan en el funcionamiento de diferentes estados motivacionales son los péptidos opioides. Estos forman parte de una amplia familia de péptidos, y sus receptores conocidos, como mu, delta y kappa, modulan las respuestas de dolor y estrés así como las vías de recompensa y estados motivacionales (Pfaff, et al., 2008).

Pfaf, Kiefer & Swanson. (2008) han ampliado la definición operacional de la activación generalizada, el cual en el humano se considera que debe cumplir con lo siguiente: 1) mostrar mayor reactividad a los estímulos sensoriales en todas las modalidades sensoriales, 2) emitir mayor actividad motora, 3) Tener aumentada la reactividad emocional. Estos tres componentes de la activación generalizada se han medido por cambios en la actividad física, hormonal y neuroquímica.

Las bases hormonales de la activación sexual son bien conocidas, así se sabe, por ejemplo, que la testosterona en el macho adulto es indispensable para la conducta sexual (incluyendo al ser humano).

Estos mismos autores, en el 2008 describen 4 sistemas neuroquímicos de los cuales existe la evidencia de cómo incrementan durante la activación generalizada y cómo estos pueden incrementar durante la activación sexual y la conducta sexual. Asimismo cómo los decrementos de los neurotransmisores durante la activación generalizada pueden generar decrementos en la activación y conducta sexual, entre

dichos neurotransmisores se encuentran: 1) norepinefrina, 2) histamina, 3) agonistas opioides y 4) prostaglandinas D.

Tanto la recepción de diversos estímulos endógenos o exógenos en el organismo del ser humano, como las respuestas fisiológicas y neurobiológicas que se presenten ante dichos estímulos, demuestran la importancia que tiene el conocimiento de mecanismos bioquímicos que subyacen a estados motivacionales y de alertamiento o excitación sexual, que conllevarán al conocimiento amplio de la conducta sexual en el ser humano.

2.2. ESTIMULACIÓN SENSORIAL EN LA MOTIVACIÓN Y ACTIVACIÓN SEXUAL

2.2.1. Importancia de los estímulos sensoriales para la motivación y ejecución sexual masculina

El sistema nervioso se ha desarrollado de tal modo que identifica los estímulos de relevancia sexual emitidos por el sexo opuesto con una base neural que puede establecer un sistema automático de identificación del estímulo. El organismo es capaz de detectar que los estímulos provenientes de una potencial pareja sexual difieren de todos los demás estímulos existentes, como puede ser el olor del sexo opuesto, de tal forma que machos y hembras de diversas especies responden con acercamientos a los estímulos de relevancia sexual emitidos por los miembros del sexo opuesto.

En el ser humano, el estímulo con mayor fuerza y relevancia sexual es la estimulación mecánica (somatosensorial) de los genitales, que da lugar a un estado de placer específico. Todos los demás estímulos adquieren un significado sexual de acuerdo a la asociación que se haya generado con ellos o al aprendizaje por observación o social. Por lo que se puede decir que cualquier estímulo puede adquirir connotaciones o significados sexuales dependiendo de las asociaciones realizadas. Por otro lado, existen pocos estudios que relacionen la vía gustativa con la excitación o activación sexual, sin embargo debida a su íntima relación con la vía olfatoria, puede llegar a influir de la misma forma durante el contacto sexual.

Los estímulos auditivos normalmente han sido asociados con sonidos agradables o desagradables, los cuales pueden generar reacciones de emoción en los seres

humanos. En cuanto a estímulos eróticos, existen en particular sonidos específicamente ligados al contacto y ejecución sexual los cuales pudieran ayudar a generar una activación sexual con mayor intensidad al presentarse en conjunto con otro tipo de estímulos.

Sabemos también que existen estímulos olfativos de individuos del sexo opuesto que activan neuronas en el bulbo olfatorio, y de la misma manera hay muchos otros estímulos que actúan para generar el inicio de la actividad sexual.

Los estímulos visuales con contenido sexual y erótico provocan un estado subjetivo de activación sexual en los hombres y tal activación se ve representada en un sustrato neuronal constituido por estructuras corticales (como los lóbulos occipital, temporal, parietal y frontal, corteza orbitofrontal y cíngulo anterior) así como regiones subcorticales que incluyen a la ínsula, el claustrum, el cuerpo estriado, tálamo, amígdala e hipotálamo (Stoléru et al., 1999; Redouté et al., 2000; Bradley & Lang, 1999; Beaugard, et al., 2001; Arnow et al., 2002).

2.2.2. Estimulación visual erótica y activación sexual

La estimulación visual ha sido estudiada desde diversas perspectivas por su influencia en la conducta de los sujetos y su impacto en la mercadotecnia, publicidad, hábitos de consumo alimenticio y de lujo, en particular; la estimulación visual erótica presenta un gran campo tanto en la mercadotecnia con la venta de revistas, películas, páginas de internet con contenido erótico, entre otros. Este tipo de estimulación tiene gran relevancia para el estudio debido a que en la adolescencia y juventud, los jóvenes están expuestos a una gran cantidad de estímulos eróticos, tanto de uso popular con una amplia disponibilidad de compra, como en internet en cualquier página con o sin intereses eróticos. Los estímulos eróticos, en especial visuales, pueden actuar como un grupo importante de estímulos motivacionales e impulsores de la excitación sexual en los humanos y también pueden actuar como estimuladores de sistemas cognoscitivos, tanto ejecutivos como atencionales.

En el ser humano es indudable que el despliegue de todos los actos motores característicos de la interacción sexual y el orgasmo mismo están asociados principalmente con estados motivacionales generados por algún tipo de estímulo

externo o interno, el cual generará cambios fisiológicos, autonómicos y cambios importantes en la actividad metabólica cerebral y se cree por lo tanto, que debe haberlo en la actividad eléctrica cerebral.

La excitación sexual es una experiencia multidimensional activada por estímulos externos y/o factores endógenos, en la cual, áreas críticas del cerebro juegan un papel importante en la experiencia del deseo sexual y en la inhibición o facilitación de la subsecuente acción (León-Carrión et al., 2007).

Uno de los modelos más antiguos que explican el efecto de la activación en general (como activación en estados de estrés o, como en este caso, una activación sexual) en los procesos cognoscitivos, como la memoria, es “La ley de Yerkes-Dodson” (1908) la cual predice una función de U invertida entre el nivel de activación y la ejecución cognoscitiva (Figura 2).



Figura 2. Ley de Yerkes y Dodson (citado en Easterbrook, 1959).

El descenso de la curva es causado por un efecto negativo del nivel de activación (o estrés) sobre los procesos cognoscitivos como la atención, memoria y solución de problemas (citado en Easterbrook, 1959) quien afirma que un incremento en la activación, llevará a un decremento en el número de tareas que pueda utilizar.

Desde la perspectiva evolutiva, la habilidad de determinar con rapidez la relevancia biológica de una escena visual es una condición importante para la supervivencia. Se asume que el proceso evolutivo ha capacitado a los mecanismos neurales para una

eficiente discriminación de un estímulo visual relevante para la reproducción (erótica) y/o para la supervivencia (amenaza física). Estos mecanismos deben implicar una categorización rápida y automática de los contenidos de escenas naturales complejas, las cuales pueden variar con respecto a su composición, complejidad y características físicas (Anokhin et al., 2006).

Se han encontrado áreas relacionadas con la excitación física, entre ellas se menciona al cíngulo anterior, ínsula, amígdala, hipotálamo y corteza somato sensorial secundaria. La CPFDL juega un papel específico en la memoria de trabajo para guiar la inhibición o iniciación de la actividad sexual. Se sabe que la exposición a estímulos visuales sexualmente competentes puede producir activación cerebral en la corteza prefrontal y se sugiere que la CPFDL es un lugar donde la información se mantiene durante el tiempo entre la estimulación y la respuesta, asumiendo que la CPFDL tiene una función importante en el mantenimiento de la representación del estímulo en la memoria de trabajo, para prepararlo para emitir una respuesta (León-Carrión et al., 2007).

En estudios donde se les presenta una serie de estímulos visuales con contenido emotivo por medio de fotografías, las fotos con contenido emocional producen un potencial relacionado con eventos (PRE) negativo de áreas temporo-occipitales que inician a los 150ms después de la presentación del estímulo. Otros estudios de Schupp et al. (2004) demuestran que la máxima diferencia entre estímulos emocionales y neutros se alcanzó a los 300ms, a lo que llamaron “negatividad posterior temprana” que incrementó con un nivel de activación debido a las fotos con contenido emocional.

Se conoce que la señal de transmisión de áreas visuales primarias a la corteza frontal puede ser tan rápida como 30 ms, manteniéndose la activación de la corteza prefrontal hasta por 85ms después de finalizar la presentación del estímulo (Fuxe & Simpson, 2002; citado en Anokhin et al., 2006).

En un estudio de Beauregard, Levesque & Bourogouin (2001) se utilizaron películas con contenido sexual, pidiendo a los sujetos que inhibieran su deseo sexual ante dichas escenas, se demostró que la activación sexual que les generaban las escenas sexuales provocó un mayor flujo sanguíneo cerebral regional de la amígdala derecha, el lóbulo temporal anterior derecho y del hipotálamo, mientras que el intento

de inhibir la activación sexual se relacionó con el incremento en el funcionamiento de la corteza prefrontal dorsolateral derecha y del cíngulo anterior.

La evidencia del papel de la corteza prefrontal en la categorización temprana de fotos con contenido emocional y la evidencia de facilitar el procesamiento motivacional, se ha demostrado mediante la actividad neuroeléctrica registrada de regiones anteriores, ya que pueden mostrar un incremento en la sensibilidad a imágenes con contenido biológicamente significativo, tales como las que representen una motivación sexual latente. Se ha encontrado que este tipo de estímulos visuales con contenido sexual entre otros (estímulos positivos emocionales) presentaron potenciales evocados positivos a los 300ms (P300); sin embargo, fotos con contenido sexual presentaron respuestas en los potenciales tempranos de la activación eléctrica a los 160ms después del estímulo, específicamente en regiones medias frontales. También se encontraron respuestas ante estos estímulos visuales (videos) con contenido sexual explícito, en áreas frontales y centrales de la línea media a los 185ms y 195 ms respectivamente, así como en regiones parietales a los 274ms (Anokhin et al., 2006).

2.3. Participación de la corteza cerebral en la motivación y activación sexual.

2.3.1. La corteza prefrontal

Se considera como lóbulo frontal aquel polo anterior del cerebro de todo mamífero, anterior a la cisura de Rolando, donde a la parte más anterior se le denomina corteza prefrontal. El adjetivo prefrontal se utiliza para caracterizar la parte anterior del lóbulo frontal, sin embargo, también ha sido llamada corteza granular frontal y corteza de asociación frontal. En los primates la corteza prefrontal ha sido comúnmente llamada simplemente como corteza frontal, implícitamente excluyente de la corteza motora y premotora, sin embargo, en los roedores y carnívoros la corteza prefrontal ha sido llamada corteza orbitofrontal.

La corteza prefrontal se ha definido con base en dos criterios: El criterio citoarquitectónico, el cual implica que es la parte de la corteza frontal con mayor cantidad de células granulares por lo que se la ha llamado corteza granular frontal. De acuerdo al criterio de conectividad, la corteza prefrontal ha sido definida como la parte de la corteza cerebral que recibe densas proyecciones recíprocas del núcleo medial

dorsal del tálamo, esta definición es aplicable a todos los cerebros mamíferos (Rose & Woolsey, 1948; Fuster, 2008).

El tamaño de la corteza prefrontal se va incrementando con el desarrollo filogenético, esta corteza constituye citoarquitectónicamente el 29% del total de la corteza en los seres humanos, el 17% en chimpancés, 11.5% en los macacos, 7% para los perros y 3.5% para los gatos (Fuster, 1997). Sin embargo, en estudios más recientes Semendeferi, Lu, Schenker & Damasio (2002) encontraron que la relación en cuanto al volumen entre la corteza prefrontal con el total de la corteza de los hemisferios cerebrales es de 37.7% en humanos, 35.4% en chimpancés, 36.9% en gorilas, y 37.6% en orangutanes, por lo que no se encontraron grandes diferencias entre los humanos y los grandes simios Africanos en cuanto al volumen relativo de los lóbulos frontales. En relación a la corteza prefrontal polar (área 10 de Brodmann) la cual se ha descrito tiene un papel crucial en el avance de las habilidades mentales y desarrollo del auto control en humanos, se ha encontrado que esta área tiene el doble del tamaño relativo en humanos comparado con los primates no humanos (citado en Risberg & Grafman, 2006). La corteza prefrontal (áreas de Brodmann 8-11, 24, 25, 32, 45-47) en las funciones ejecutivas está caracterizada por su estructura y patrón de conectividad únicos. Comprende más del 30% del peso cerebral y de la superficie cortical total humana. Es una estructura filogenéticamente reciente, representando sólo del 10% al 20% del cerebro en los otros primates (Royall, et al., 2002).

El desarrollo filogenético de la corteza frontal no es uniforme, la neocorteza de los mamíferos se ha desarrollado entre dos estructuras antiguas que constituyen la mayor parte del palio en los vertebrados no mamíferos: el hipocampo y el área piriforme. Este proceso es conocido como la neocorticalización evolutiva del cerebro. Sin embargo, la corteza prefrontal del primate parece haber resultado del crecimiento y convergencia de tres campos diferenciados en esta región; el cíngulo (región parahipocampal), la ínsula (parapiriforme) y una tercera, la corteza motora (Fuster, 1997).

Meynert (1868) inició con las primeras publicaciones de los mapas de la corteza cerebral, continuando con Campbell (1905) quien definió el “área prefrontal” como una capa de la corteza que recubre la punta del lóbulo frontal y que incluye la mayor parte

de la corteza granular; Brodmann (1909) continuó con dichos estudios citoarquitectónicos y le llamó “área praefrontalis” como una pequeña área ventro medial situada en el área 11, y una larga región “frontalis” la cual incluía las áreas 8, 9, 10, 11, 12, 13, 44, 45, 46 y 47. Dichas áreas actualmente se conocen como la corteza prefrontal (citado en Fuster, 1997) (Figura 3).

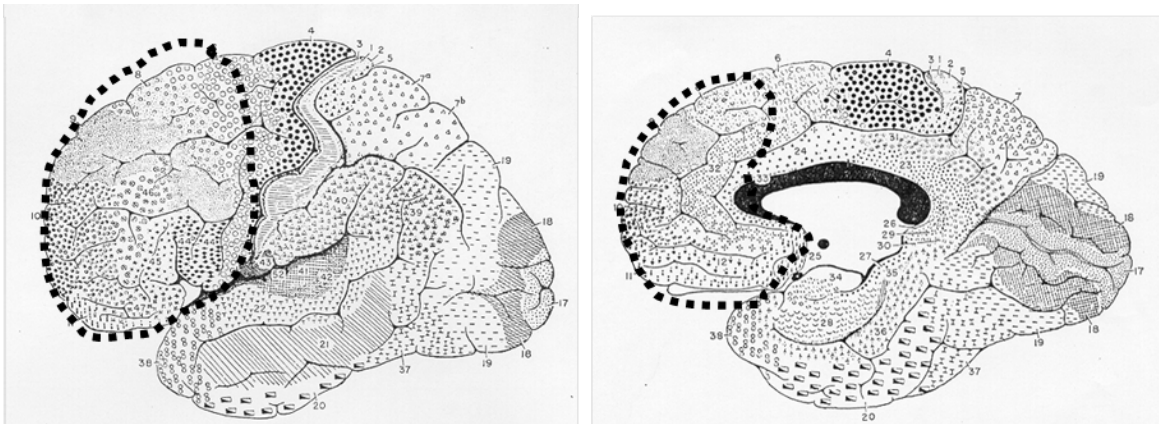


Figura 3. Esquema de las áreas de Brodmann, señalando la corteza prefrontal en el humano.

Las conexiones aferentes más prominentes de la corteza prefrontal provienen del núcleo medio dorsal del tálamo, dichas proyecciones tienen dos componentes principales: el componente medial llamado “magnocelular” por su largo tamaño de células, y un componente lateral llamado “parvocelular” con pequeñas células.

La porción magnocelular proyecta principalmente a la corteza prefrontal orbital y medial, y la porción parvocelular proyecta principalmente a la corteza prefrontal dorsolateral, así también el área 8 considerada como el campo visual frontal recibe aferentes del núcleo pulvinar del tálamo (Fuster, 1997) (ver Figura 4).

Se ha estudiado que las conexiones eferentes de la corteza prefrontal envían fibras prácticamente a todas las estructuras de las cuales recibe información, observándose una mutua correspondencia entre las conexiones.

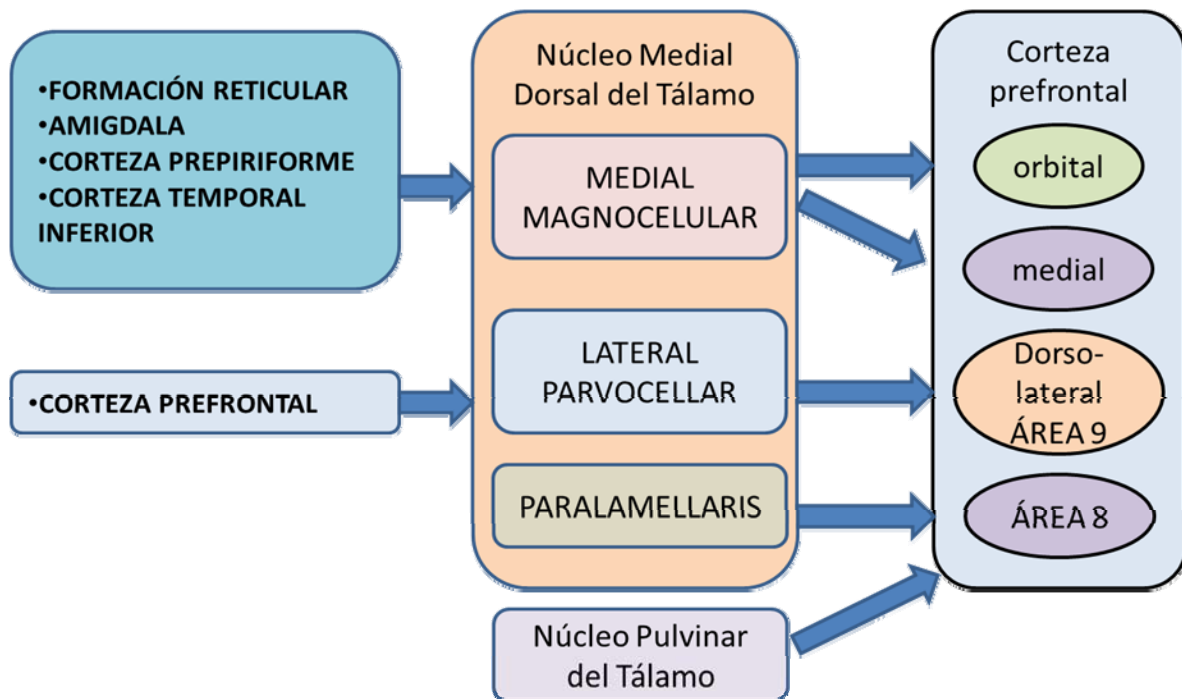


Figura 4. Conexiones aferentes de la corteza prefrontal (adaptado de Fuster, 1997).

Las fibras eferentes que emergen de la región prefrontal se ha descrito que viajan hacia múltiples regiones subcorticales, tales como, al núcleo medial dorsal del tálamo, núcleo ventral e intralaminar talámico, e incluso a los ganglios basales. Otras estructuras subcorticales que constituyen las eferentes prefrontales que emergen de la corteza orbital se ha identificado al hipotálamo, subtálamo, septum, mesencéfalo y puente. Se sabe que la corteza prefrontal envía proyecciones directas al hipotálamo, septum y área preóptica, así como también al hipocampo y corteza entorrinal a través del fascículo uncinato, y está extensamente interconectada con otras áreas corticales (Fuster, 1997).

Podemos distinguir cuatro áreas funcionales dentro del lóbulo frontal: corteza motora primaria, corteza premotora, área de Broca y área prefrontal (Portellano, 2005). En este caso nos enfocaremos a la última, en especial a la porción dorsolateral (Figura 5).

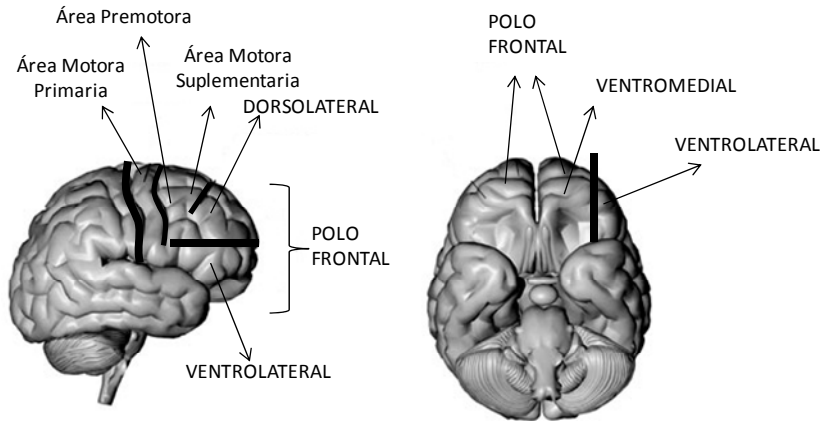


Figura 5. Principales regiones de la Corteza prefrontal (adaptado de Stuss & Levine, 2002)

La CPF fue definida citoarquitectónicamente por Brodmann en 1913 basándose en el cerebro del primate y de acuerdo a sus conexiones con estructuras corticales y subcorticales. Se han encontrado variaciones entre especies, en cuanto a estas características, lo que ha llevado a generar diversas opiniones en cuanto a su definición (Krasnegor, Lyon & Goldman-Rakic, 1997) (Figura 6).

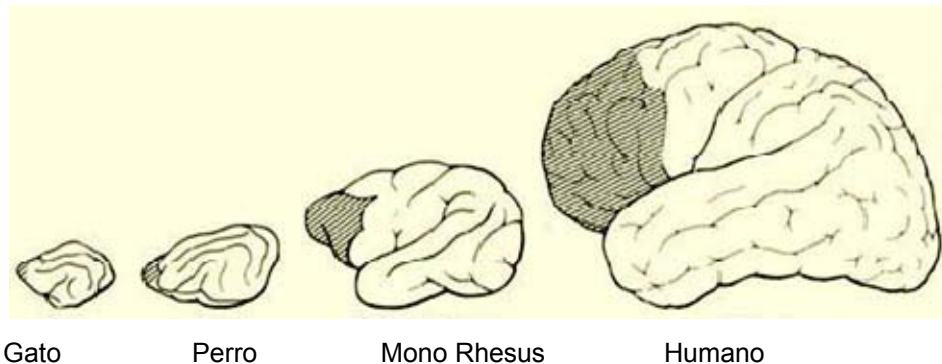


Figura 6. Esquema de la corteza prefrontal en diferentes especies.

Los neurobiólogos describen convencionalmente a la CPF como una adquisición evolutiva reciente. Ésta data, al menos, de mediados del periodo jurásico (alrededor de 175 millones de años) y está presente en todos los mamíferos (Krasnegor, et al., 1997).

La corteza prefrontal es considerada la corteza motora de orden superior, en la que se sustentan las funciones cognoscitivas que coordinan la ejecución de las más elaboradas y novedosas acciones del organismo. Por una buena razón ha sido llamada el órgano de la creatividad (Fuster, 1999). En particular, la corteza prefrontal dorsolateral (áreas 9, 46 y 10 de Brodmann) parece ser esencial para la integración de

la información sensorial, con la conducta subsecuente y consecuente dirigida hacia una meta (Fuster, 1997).

Filogenéticamente además de ontogenéticamente, la corteza prefrontal es una de las últimas regiones de la neocorteza en completar su total desarrollo y maduración; muestra una madurez citoarquitectónica tardía en parámetros como: número de células, volumen del soma celular y el tamaño y número de espinas dendríticas de sus neuronas, así como en el proceso de mielinización de sus fibras aferentes, eferentes e intrínsecas. Por otro lado, existen varios trabajos en los cuales se ha mostrado que la región prefrontal es el área cortical que más tardíamente alcanza su completo desarrollo y maduración. En el individuo humano normal, la maduración prefrontal total no es alcanzada sino hasta después de la adolescencia (Fuster, 1999).

Las funciones del área prefrontal se han relacionado con las funciones ejecutivas, las cuales tienen como clave elemental la planeación (Lezak, 1982). En la investigación científica se han desarrollado diversos tipos de pruebas para medir funciones ejecutivas relacionadas con diversas áreas prefrontales. Tales como WCST (Wisconsin Card Sorting Test), Stroop, Torres de Londres y Torres de Hanoi (TOH) entre otros. TOH es una prueba que tiene componentes de tipo visoespacial y de funciones ejecutivas como la memoria de trabajo, inhibición, planeación, etc. A la fecha, se han encontrado deficiencias en la realización de TOH en niños con tratamiento temprano de fenilcetonuria (Welsh, et al., 1990), en mujeres con síndrome de X frágil (Mazzocco, Hagerman, Cronister & Pennington, 1992), en patologías de autismo (Ozonoff, Pennington & Rogers, 1991), de desorden obsesivo compulsivo (Cavedini, et al., 2001) y de esquizofrenia (Goldberg, Saint-Cyr & Weinberger, 1990). Asimismo, un importante número de estudios han demostrado que, entre pacientes con lesiones del lóbulo frontal, existe deterioro en la ejecución de Torres de Hanoi (Goel & Grafman, 1995).

Fuster (1997) considera al menos tres funciones cognoscitivas representadas en la corteza prefrontal y que pertenecen a la organización temporal de la conducta:

- 1) *Memoria de trabajo*. Llamada anteriormente “memoria provisional” o “memoria a corto plazo”. Es un tipo de memoria activa, esto es, memoria en estado activo que el organismo necesita y usa para la realización de actos en corto tiempo. Su

denominación es confusa por su relación con otros conceptos comunes de memoria a corto plazo, que es la entrada a memoria a largo plazo. La memoria de trabajo o memoria activa a corto plazo puede ser sensorial, motora o mixta. Debe consistir en una memoria perceptual reactivada, reactivando estímulos sensoriales o la memoria motora de los actos que se realizarán. En el primate y dependiendo de su contenido, los procesos de la memoria de trabajo involucran la funcionalidad de la corteza prefrontal dorsolateral y áreas de la corteza posterior.

- 2) *Preparación de acciones*: Es la auténtica y primordial función de las estructuras sensoriales y especialmente motoras para la realización de un acto contingente previo a un evento, y aún en el contexto de memoria de trabajo. En los primates, esta función también involucra una porción de la corteza prefrontal dorsolateral, dependiendo del acto, y estructuras subcorticales prefrontales en la jerarquía de estructuras motoras (por ejemplo: corteza premotora y ganglios basales).
- 3) *Control inhibitorio*: Es una función difícil de definir. Esencialmente tiene el objetivo de suprimir cualquier influencia interna o externa que puede interferir con la secuencia actual a realizar. En primates, esta función parece estar representada principalmente en la corteza prefrontal orbitomedial, e incluye otras regiones corticales, además del estriado, tálamo y otras estructuras subcorticales. Así, la memoria sensorial o motora, y estímulos distractores del ambiente externo que dificultan la conducta en progreso, está suprimiendo, inhibiendo, y no permitiendo introducir -y posiblemente desviar- la acción actual del “todo temporal”.

Las tres funciones cognoscitivas antes mencionadas implican una topografía frontal diferente en donde la corteza prefrontal coopera con otras estructuras neurales para implementarlas. Estrictamente hablando, ninguna función cognoscitiva está localizada estrictamente en la corteza prefrontal, pero las tres necesitan bases prefrontales para operar. La corteza prefrontal realiza su función “ejecutiva” de organización temporal, organizando la actividad en otras estructuras neurales que realizan esas tres funciones más directamente (Fuster, 1997).

a) *Subdivisiones de la corteza prefrontal*

La corteza prefrontal comprende las áreas: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 24, 25, 32, 46 y 47 de Brodmann (Garey, 1999).

En primates y humanos, la corteza prefrontal puede subdividirse en tres regiones principales orbital, medial y dorsolateral (Fuster, 2001).

La región orbito-frontal (también llamada prefrontal ventral) comprende las áreas 10, 11, 12, 13, 14, 25 y 47 de Brodmann. Esta a su vez se divide en dos áreas: 1) Lateral (área 11) la cual está relacionada con las emociones y la conducta social, y 2) Medial (área 13) que está implicada en el procesamiento apetitivo y en el control del estado interno del organismo (Figura 7). Esta región orbitofrontal se distingue por sus fuertes conexiones especializadas con la amígdala, la cual tiene un papel importante en las emociones. Las conexiones entre dichas estructuras se encuentran fuertemente relacionadas entre el sector posterior de la corteza orbitofrontal y la mitad posterior de la amígdala. Ambas estructuras reciben proyecciones de las cortezas sensoriales de asociación, las cuales participan en el análisis de las características de los estímulos y la memoria de los mismos. (Risberg & Grafman, 2006).

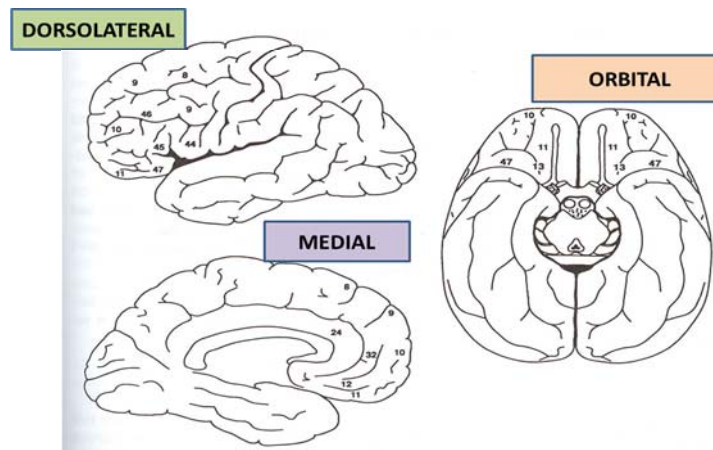


Figura. 7. División de la corteza Prefrontal de acuerdo a Fuster (2002).

La región medial de la corteza prefrontal (Figura 7) comprende las áreas 8, 9, 10, 11, 12, 24, 25 y 32 de Brodmann, además incluye la corteza anterior del cíngulo quien recibe proyecciones de la formación hipocámpal, del núcleo medio dorsal del tálamo sector magnocelular, y el cíngulo a su vez parece estar involucrado en la motilidad

general, motivación, atención y emoción, así como también ha estado asociada con la memoria a largo plazo (Risberg & Grafman, 2006).

La región dorsolateral prefrontal (Figura 7) incluye las áreas: 8, 9, 10, 11, 46 y 47 de Brodmann. Provee el soporte cognoscitivo a la organización temporal de comportamiento, habla y razonamiento. Se relaciona con las funciones ejecutivas como la memoria de trabajo y la planeación. Estas áreas dorsolaterales del lóbulo prefrontal participan en tareas cognoscitivas que requieren la selección, la manipulación y mantenimiento de la información en la memoria de trabajo el tiempo necesario para completar una tarea con diferentes partes secuenciales. Por lo que se ha encontrado que áreas prefrontales dorsolaterales se activan cuando una regla dentro de una tarea específica debe recordarse (Fuster, 1997).

El área 46 se ha estudiado en el mono rhesus como un área cortical con casi todas o todas las características de vía visoespacial. La cual rodea el surco principal en la corteza prefrontal del cerebro primate no humano. Se ha mostrado de forma repetida que las lesiones en esta región deterioran la realización de tareas de respuesta espacial retardada que contribuyen a la habilidad de mantener información en mente por un corto periodo de tiempo y actualizar la información de momento a momento. Sin embargo, de forma general, las reglas consistentes de estas tareas o sus requerimientos sensoriomotores no se dañan ante esta lesión.

Por otro lado, el área 9 de Brodmann parece tener un papel de monitoreo secuencial de las respuestas generadas por el propio sujeto (Petrides, 1995).

Recientes estudios con PET, han tratado de extender los hallazgos de trabajos en animales a humanos, y han concluido que, la corteza prefrontal dorsolateral media constituye una región especializada en el monitoreo dentro de la memoria de trabajo, ordena y clasifica respuestas internas y externas al organismo (Grafman, Holyoak & Boller, 1995).

b) Circuitos fronto-subcorticales

La actividad cortical de los lóbulos frontales está regulada por varios circuitos frontosubcorticales paralelos y segregados. En 1986, Alexander y colaboradores introdujeron el concepto de circuitos frontosubcorticales para designar a los diferentes

circuitos de la corteza prefrontal implicados en diferentes procesos: *un circuito motor*, que se origina en el área motora suplementaria, *un circuito oculomotor*, que se origina en los campos visuales frontales; el *prefrontal dorsolateral*, que se origina en las áreas 9 y 10 de la región prefrontal y media las funciones ejecutivas; el del *cíngulo anterior*, que se origina en el área 24 de Brodmann (corteza anterior del cíngulo), involucrado en los mecanismos motivacionales; y el *circuito orbitofrontal*, originado en la corteza orbital frontal y que consta de una división medial y lateral.

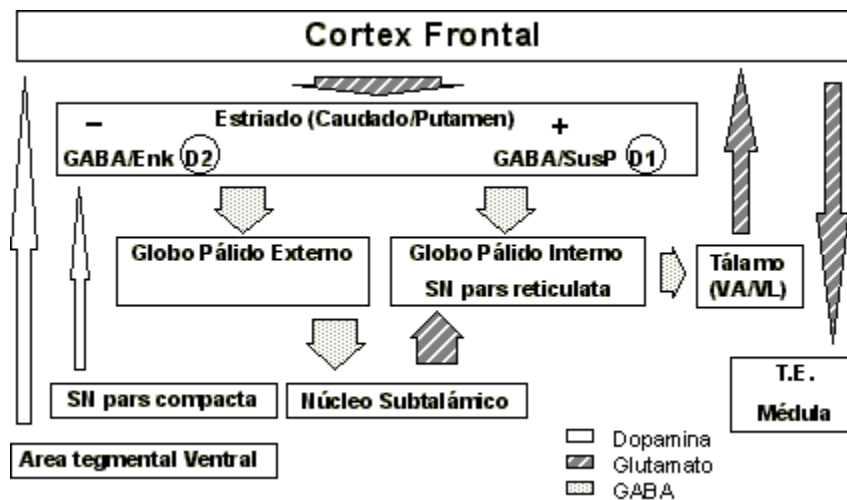


Figura 8. Circuito motor. SN= Sustancia negra; VA= Ventral anterior; VL= Ventral lateral; T.E.= Tronco del encéfalo; D1= Receptores dopaminérgicos D1; D2= Receptores dopaminérgicos D2 (Luquin, et al., 2000).

La característica común de todos los circuitos es su origen en los lóbulos frontales, pero sólo los tres últimos son prefrontales.

Todos los circuitos de la corteza prefrontal contienen la siguiente secuencia general de conexiones entre estructuras: *Corteza prefrontal – estriado – globo pálido/sustancia negra – tálamo* (Tekin & Cummings, 2002) (Figura 8).

Royall et al. (2002) remarcaron la importancia de los circuitos neurales de los lóbulos frontales, los ganglios basales y el tálamo para la ejecución de los test ejecutivos.

1) *Circuito Orbitofrontal*: La corteza orbital de los lóbulos frontales incluye a una región que contiene las regiones ventrales anteriores y laterales inferiores (10-15 y 47 de Brodmann). Las regiones mediales están irrigadas por la arteria cerebral anterior y las regiones laterales por la arteria cerebral media. Sus proyecciones corticales

terminan en el núcleo caudado, que recibe entradas de otras áreas de asociación corticales, incluyendo el giro temporal superior (auditiva), y el giro temporal inferior (visual) así como regiones del tronco cerebral (formación reticular). Las proyecciones continúan al área dorsomedial del globo pálido interno y a la porción rostromedial de la sustancia nigra reticulada. El circuito continúa a la región magnocelular del núcleo talámico ventral anterior y medial dorsal, volviendo luego a la región orbitofrontal lateral. Este circuito está involucrado en la iniciación de las conductas sociales y en la inhibición de las conductas inapropiadas (Figura 9). Las funciones orbitofrontales son relevantes en la evaluación de conductas riesgosas. Lesiones en esta área producen conductas tales como conductas sociales inapropiadas. También está involucrado en la evaluación de riesgos y en la inhibición de respuestas conductuales inapropiadas (Royall et al., 2002).

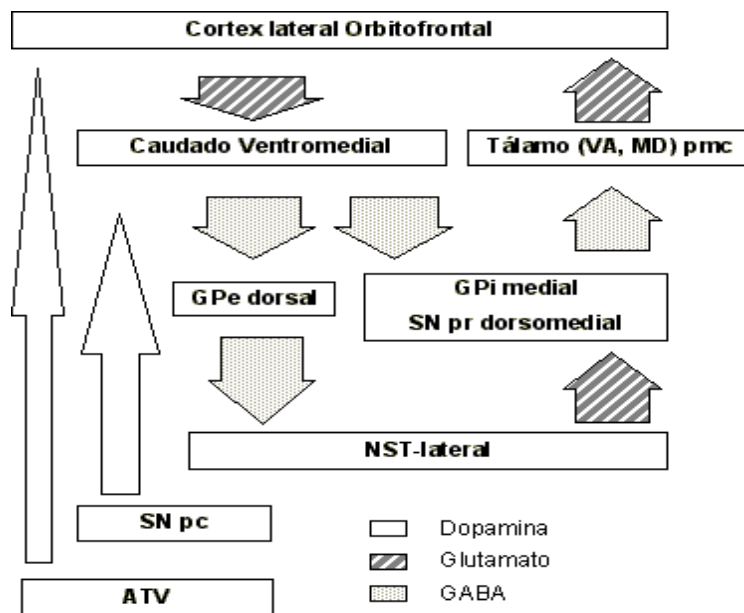


Figura 9. Circuito orbitofrontal-estriatal. SNpc= Sustancia nigra pars compacta; SNpr= Sustancia nigra pars reticulata; GPe= Globo pálido externo; GPi= Globo pálido interno; ATV= Área tegmental ventral; VA= Ventral anterior; MD= Medio dorsal; pmc= Pars magnocelular (Luquin, et al., 2000).

2) *Circuito del Cíngulo Anterior*: Las regiones frontales involucradas en este circuito son mediales (áreas 9-13, 24 y 32 de Brodmann). Reciben irrigación de la arteria cerebral anterior. El circuito se conecta con el estriado ventral (núcleo accumbens y tubérculo olfatorio) que recibe entradas de la corteza de “asociación paralímbica”

incluyendo al polo temporal anterior, la amígdala, hipocampo inferior y la corteza entorrinal. El circuito continúa al pálido ventral, a la sustancia nigra rostródorsal y luego al núcleo talámico dorsal medial. Cierra el circuito nuevamente en el cíngulo anterior. El cíngulo anterior es importante en el monitoreo de las conductas, en la corrección de errores y en la motivación (Royall et al., 2002).

3) *Circuito Dorsolateral Prefrontal*: Las convexidades dorsolaterales de los lóbulos frontales consisten en las áreas de Brodmann 8-12, 46 y 47. La irrigación de esta zona proviene de la arteria cerebral media. En el circuito dorsolateral existen proyecciones hacia el núcleo caudado dorsolateral, que recibe también entradas de la corteza parietal posterior y del área premotora. Posteriormente este circuito se conecta con la porción dorsolateral del globo pálido y la sustancia nigra reticulada y continúa hasta la región parvocelular del núcleo talámico anterior (Figura 10). Lesiones en este circuito producen deficiencias en una serie de funciones cognitivas superiores tales como: planificación, secuenciación, flexibilidad, memoria de trabajo espacial y verbal, y auto-conciencia (metacognición), entre otros (Tekin & Cummings, 2002). Royall et al. (2002) describieron que este circuito está involucrado en las funciones de planeación, selección de la meta, cambio de estrategias, memoria de trabajo y auto monitoreo.

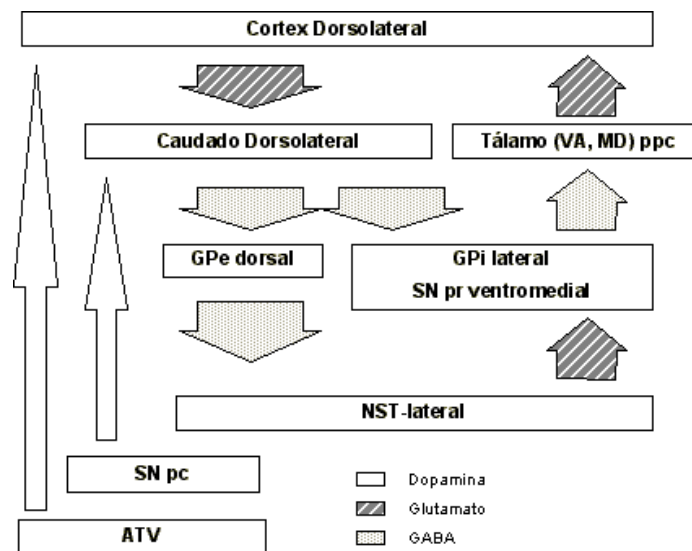


Figura 10. Circuito dorsolateral-estriatal. SNpc= Sustancia nigra pars compacta; SNpr= Sustancia nigra pars reticulata; GPe= Globo pálido externo; GPI= Globo pálido interno; ATV= Área tegmental ventral; VA= Ventral anterior; MD= Medio dorsal; ppc= Pars parvocelular (Luquin et al., 2000).

En resumen, se puede decir que existen 3 circuitos principales de la corteza prefrontal (Figura 11) que se ha descrito están involucrados en la regulación tanto ejecutiva como motivacional del sujeto. Estos circuitos dependen a su vez de la regulación cortical de otras áreas que le permiten a la corteza prefrontal realizar la asignación del componente reforzante de los estímulos percibidos.

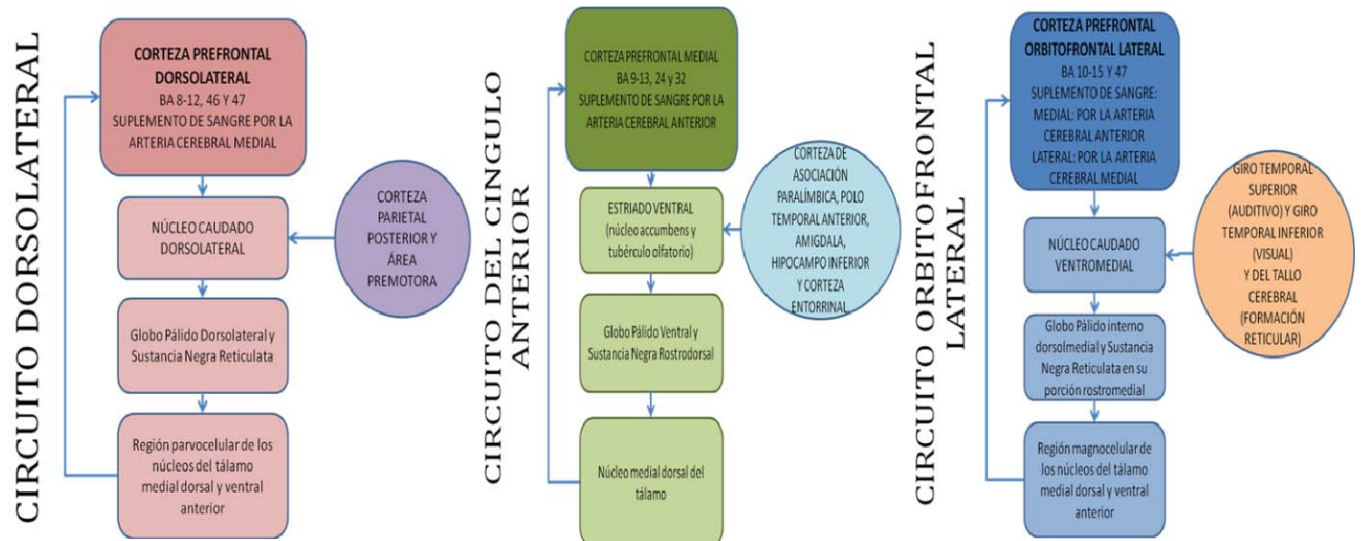


Figura 11. Circuitos prefrontales y su aferencias corticales

2.3.2. La corteza parietal

El lóbulo parietal se asienta en la parte superior de los lóbulos temporal y occipital y ocupa la mitad posterior y superior de cada hemisferio. Este lóbulo recibe información sensorial de todas las partes del cuerpo: de los receptores sensoriales de la piel, los músculos, y las articulaciones. Los mensajes de estos receptores sensoriales se registran en las llamadas áreas de proyección sensorial. El lóbulo parietal contribuye a habilidades espaciales, como la habilidad para leer un mapa ó para indicar a alguien como llegar a algún lugar. Interviene en la percepción espacial y en la memoria para la planeación de la ejecución, de secuencias motoras.

Desde el punto de vista evolutivo la parte anterior y posterior de los lóbulos parietales difieren uno del otro. Brodmann en 1907 subdividió la parte superior posterior del lóbulo parietal en las áreas 5 y 7 y la parte inferior posterior del lóbulo parietal en las áreas 39 y 40.

El lóbulo parietal posterior es también llamado corteza de asociación. El lóbulo parietal anterior consiste en las áreas 3, 1 y 2 de Brodmann. El lóbulo parietal anterior es conocido también como corteza somatosensorial primaria (SI) (Figura 11).

La segunda corteza somatosensorial (SII) es el operculum parietal. Esta zona puede ser agrupada junto con SI. La corteza primaria somatosensorial (SI) recibe entradas principalmente del complejo talámico ventrobasal (Figura 12).

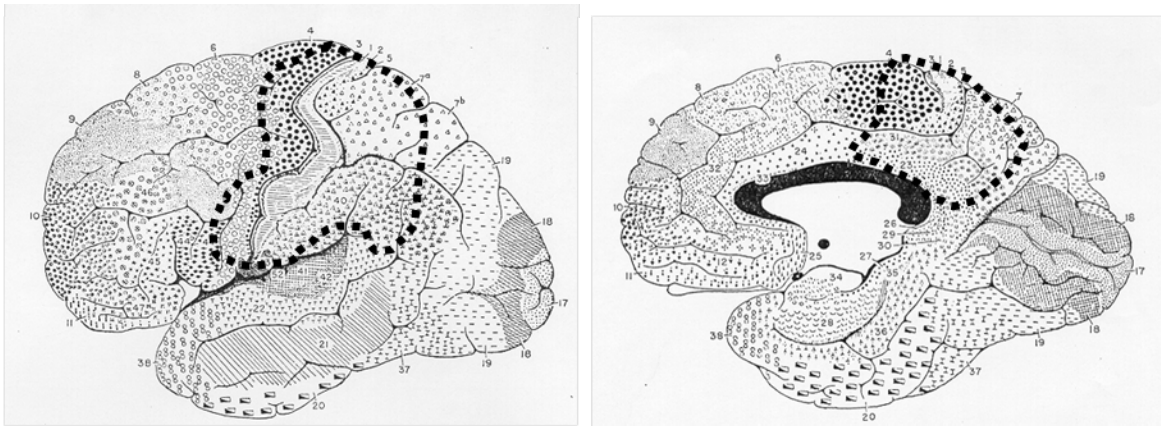


Figura 12. Áreas de Brodmann indicando el lóbulo parietal.

Está establecido que la parte anterior del lóbulo parietal, el giro postcentral, está involucrado en orientación de movimientos somestésicos y somáticos.

Las conexiones neurales de la corteza asociativa parietal posterior son complejas. No hay entradas específicas que dominen las conexiones a las áreas 5 y 7 del parietal posterior, éstas reciben una multitud de conexiones de varias regiones corticales y subcorticales. De la misma forma, sus proyecciones eferentes se dirigen a numerosas regiones cerebrales.

Las áreas parietales posteriores tienen sus principales conexiones, la mayor parte de ellas reciprocas, con regiones corticales sensoriales (somatosensorial y visual), una gran parte del lóbulo frontal, el surco temporal superior, el cíngulo, las áreas homologas del hemisferio opuesto, los ganglios basales, la parte pulvinar del tálamo, el núcleo Lateral Posterior (LP) y Ventro Lateral (VL), los colículos superiores y con el núcleo pontino.

El área 5 de Brodmann tiene fuertes conexiones con el área 2 de la corteza primaria somatosensorial. El área 7 tiene conexiones con las áreas asociativas visuales.

La principal entrada del tálamo al área 5 viene del núcleo LP, pero el área 7 está más fuertemente conectada con el pulvinar. El área 7b recibe entradas de la corteza secundaria somatosensorial y de la corteza motora, y tiene conexiones recíprocas con el núcleo VL del tálamo.

En el área 5 de Brodmann algunas células parecen estar involucradas en la discriminación táctil así como en la memoria a corto plazo y en la anticipación del movimiento. Se dice que de forma general el área 7 tiene funciones relacionadas a la visión ya que parece retener en la memoria la localización visual y participar en la dirección de movimientos oculares (Quintana & Fuster, 1999).

La abundancia de conexiones a las áreas prefrontales y al cíngulo, sugieren un rol en aspectos emocionales y atencionales de la conducta. Las conexiones con la corteza motora y premotora y los ganglios basales sugieren un rol en programación motora. Las conexiones a la zona trimodal de proyección en el sulcus temporal superior sugieren que participa en altos niveles de integración de funciones sensoriales.

Las áreas parietales posteriores tienen sus principales conexiones, la mayor parte de ellas recíprocas, con regiones corticales sensoriales (somatosensorial y visual), una gran parte del lóbulo frontal, el surco temporal superior, el cíngulo, las áreas homologas del hemisferio opuesto, los ganglios basales, la parte pulvinar del tálamo, el núcleo LP y VL, los colículos superiores y con el núcleo pontino (Hyvärinen, 1982).

En el hombre, los circuitos parieto-frontales paralelos y múltiples llevarían a cabo las operaciones necesarias para trasladar el objetivo de una acción en movimiento, a través de la integración de las aferencias sensoriales con las representaciones centrales del movimiento sobre la base de la experiencia previa.

De acuerdo con las conexiones predominantes entre áreas específicas parietales y frontales, estos circuitos pueden dividirse en dos grandes grupos, es decir, aquellos que se originan en el lóbulo parietal superior y aquellos que lo hacen en el lóbulo parietal inferior. Cabe remarcar que las conexiones entre estas áreas son recíprocas, de ida y vuelta, no solamente parietofrontales sino también frontoparietales (Leiguarda, 2003).

Quintana y Fuster (1999) concluyen que la red neural prefrontal-parietal es esencial en la memoria de trabajo viso-espacial, así como la red neural inferotemporal-prefrontal parece ser esencial para la memoria visual no espacial. Los procesos de

transformación sensoriomotora son necesarios esencialmente para especificar “cómo” llevar a cabo un determinado acto motor. Sin embargo, para que el comportamiento motor sea exitoso es imprescindible también que se realice una respuesta apropiada (selección de respuesta) en el momento adecuado (ajuste temporal), es decir “qué” hacer y “cuándo” hacerlo. Estudios neurofisiológicos en monos y de neuroimágenes funcionales en humanos han llevado a delinear los mecanismos neurales hipotéticos comprometidos en el proceso de selección de respuesta y ajuste temporal. El área premotora suplementaria y el cíngulo rostral estarían involucrados en la selección de respuesta mientras que el cerebelo regularía el “timing” o temporalidad, ambas estructuras actuarían en paralelo. La información de “qué” y “cuándo” convergería en la corteza premotora dorsal, donde sería integrada para luego generar el programa motor final. El surco intraparietal, por otro lado, estaría involucrado básicamente en los mecanismos de atención junto a la corteza prefrontal dorsolateral y premotora dorsal.

En la corteza premotora dorsal se integraría información visual (objetivo de la acción = objeto) y somatosensorial (parte del cuerpo a usar = brazo) cuando se planifica la acción.

Las teorías sobre las FE, que hablan de la unidad versus la no unidad, se debaten en cuanto al concepto de funciones ejecutivas. Mediante estudios con tomografía por emisión de positrones (PET) han encontrado que existen áreas comunes activadas por las 3 diferentes funciones ejecutivas (actualización, flexibilidad e inhibición) durante el desempeño de tareas ejecutivas, regiones que incluyen el giro parietal superior izquierdo y surco intraparietal derecho. Donde los procesos de actualización están asociados con la activación bilateral de áreas posteriores y anteriores. Los procesos de flexibilidad están asociados con el lóbulo parietal y el giro frontal inferior y medial izquierdo. Los procesos inhibitorios están asociados con la activación del giro orbito frontal derecho. En contraste, algunas áreas parietales están involucradas en procesos atencionales más básicos necesarios para la actuación de la ejecución (Collette, et al, 2005).

Las áreas parietales parecen jugar un rol crítico durante la ejecución de tareas ejecutivas. Se concluye que la integridad de todo el cerebro es necesaria para el óptimo desempeño de las tareas ejecutivas; y que las regiones prefrontales pueden orquestrar

la conducta, dependen de otras áreas de entrada y el funcionamiento efectivo recae en la calidad de la información recibida de otras partes del cerebro (Anderson, 2002).

2.3.3. La corteza temporal

El lóbulo temporal es inferior a la cisura lateral y se extiende hacia atrás, hasta el nivel de la cisura parieto-occipital, en la superficie medial del hemisferio cerebral. Su superficie lateral se divide en tres circunvoluciones paralelas: circunvolución temporal superior, media e inferior. Así mismo se divide en la circunvolución temporal transversa, la fusiforme y la circunvolución del parahipocampo. La porción más medial del lóbulo temporal se curva en forma de gancho y se conoce como uncus (Waxman, 2003).

De acuerdo con Brodmann, el lóbulo temporal se divide en el área 41 que es la corteza auditiva primaria, el área 42, la corteza auditiva de asociación (secundaria); en conjunto estas áreas se denominan circunvolución de Heschl; reciben aferencias (por medio de las radiaciones auditivas) desde el geniculado medial del tálamo. La corteza temporal circunvecina (área 22) es una corteza de asociación auditiva (Waxman, 2003) (Figura 13).

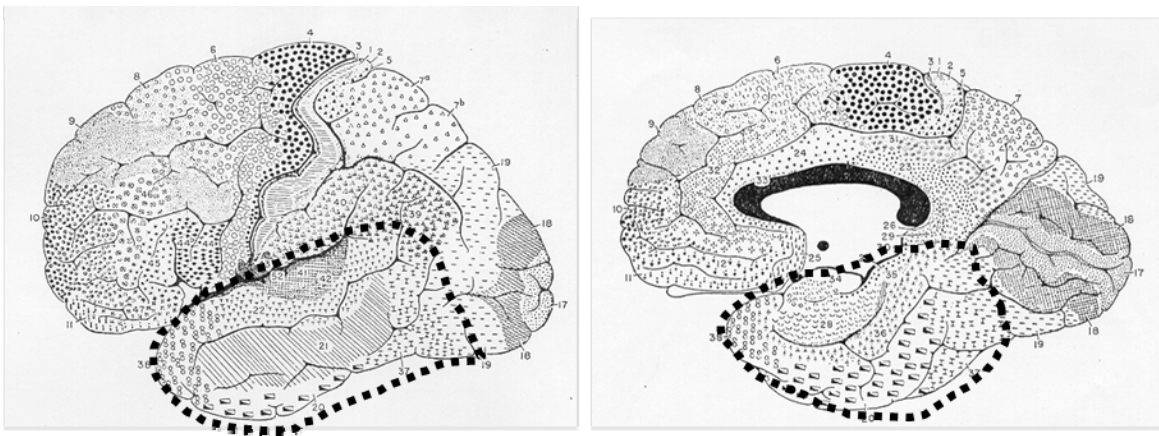


Figura 13. Áreas de Brodmann señalando al lóbulo temporal.

Los lóbulos temporales actúan como áreas principales de convergencia para las señales provenientes de todas las partes de la corteza.

Las áreas 41 y 42, ubicadas en la circunvolución temporal superior, reciben información tonotópicamente de los cuerpos geniculados medios. El área 41 (corteza primaria) permite la audición del sonido pero no su reconocimiento, que se obtiene por

la acción del área 42 (corteza secundaria). El área temporal 22 constituye la mayor parte del área de Wernicke y es esencial para la comprensión de las palabras escuchadas. Su lesión en el hemisferio dominante suprime el sentido de las palabras ya que el sujeto no comprende lo que oye, cometiendo muchas faltas en el habla porque no comprende lo que habla. El área 39 situada en la parte posterior de la cisura de Rolando (giro angular) recibe información del área de asociación somestésica, visual y auditiva. Su destrucción supone la alexia (dificultad para leer) y la agrafia (dificultad para escribir).

Fuera de las áreas sensitivas, posee un área asociativa superior ligada a la audición y una inferior ligada a la visión, esa parte inferotemporal, indispensable en la clasificación de formas, favorece la utilización de los datos visuales en el aprendizaje y en la memoria. La parte posterosuperior forma en el hemisferio izquierdo el área de Wernicke, asociada con la comprensión del lenguaje; la parte que corresponde al hemisferio derecho favorece la comprensión de aspectos afectivos del lenguaje.

El lóbulo temporal interviene en las emociones y sensaciones; en diversos estudios en pacientes con epilepsia del lóbulo temporal, las convulsiones comienzan con sensaciones de miedo, de gozo, recuerdos de cierta música u olores y otros síntomas inusuales, pero los más asociados son aura, emoción abrupta, perturbaciones motoras, síntomas sensoriales focales, síntomas motores, alucinaciones sensoriales, síntomas autonómicos, etc. (Ventura, Pérez & Carrasco, 2005).

A lo largo del polo temporal de los hemisferios cerebrales se encuentra la amígdala, una masa gris con forma almendrada –de ahí su nombre– que ya a principios del siglo XIX Burdach descubrió y definió como complejo amigdalino. Realmente este complejo es un conjunto de núcleos situado en la región subcortical del lóbulo temporal, en su parte anteromedial, profundo al uncus. Queda inmediatamente anterior a la formación hipocámpica y al extremo anterior del asta temporal del ventrículo lateral (Ledo-Varela, Giménez-Amaya & Llamas, 2006).

La amígdala es un pequeño conjunto ovalado de núcleos cubierto parcialmente por la corteza piriforme, dentro de la punta del lóbulo temporal, por delante del asta inferior del ventrículo lateral del cerebro. Forma parte del sistema límbico y a veces se clasifica como parte de los núcleos basales (Figura 14).

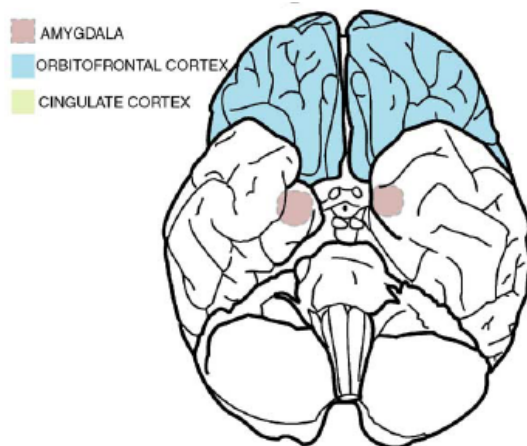


Figura 14. Esquema de la ubicación de la amígdala.

La amígdala se divide en varios grupos de núcleos, localizados en las regiones basolateral, corticomedial y una región de transición escasamente diferenciada, el área amigdalilar anterior. La amígdala tiene conexiones olfatorias, tiene conexiones recíprocas con la corteza límbica y proyecta fibras a hipocampo, septum, tálamo y especialmente al hipotálamo (Ledo-Varela, et al., 2006). Las células amigdalinas pueden responder a información aferente somatosensorial, visual, auditiva y visceral, los axones que provienen en su mayor parte de las células del grupo basolateral medial proyectan a través de la sustancia innominada, para llegar finalmente al hipotálamo y núcleos septales, mientras que las fibras originadas en el núcleo central, proyectan sus axones hacia la parte caudal, para descender de manera difusa por el tronco encefálico y terminar en los núcleos viscerales (motor dorsal del vago), núcleos del rafé (magno, oscuro y pálido) y otras áreas como el locus coeruleus, núcleos parabraquiales y sustancia gris periacueductal. La mayoría de estas áreas del tronco del encéfalo que reciben información desde el complejo amigdalino, proyectan de nuevo a esa estructura. La sustancia innominada antes mencionada, al igual que las células del grupo basolateral, origina proyecciones de forma difusa a la corteza cerebral, en concreto a la corteza prefrontal, cíngula, insular y temporal inferior. Se ha sugerido que la misión de estas fibras sería la activación de la corteza cerebral como respuesta a estímulos importantes desde el punto de vista conductual (Ledo- Varela, et al., 2006).

De esta manera, la amígdala puede tener influencia sobre la corteza prefrontal y temporal en especial ante estímulos que tengan algún contenido emocional.

Se ha señalado, que la corteza temporal tiene bastas conexiones bilaterales a los circuitos de ganglios basales-tálamocorticales, y similarmente la corteza prefrontal tiene conexiones bilaterales a sus aferentes en cortezas de asociación parietal, temporal y occipital, circuitos límbicos y los núcleos mayores biogénicos aminérgicos del tallo cerebral, así como las neuronas colinérgicas del núcleo basal de Meynert (Royall, et al. 2002).

2.4. Las Funciones Ejecutivas y el papel de la corteza prefrontal

El concepto de función ejecutiva (FE) fue primero descrito como el “ejecutivo central” en el modelo de memoria de trabajo de Baddley y Hitch (1974). Lezak (1982) fue quien popularizó el término definiendo a las funciones ejecutivas como “las capacidades para formular metas, planeación y llevar a cabo los planes eficientemente, las cuales son esenciales para la conducta independiente, creativa y socialmente constructiva”. Luria (1962) conceptualizó lo que actualmente se considera como funciones ejecutivas en su libro “Higher Cortical Functions in Man”, el cual refiere que se trata de un constructo, es decir, de un esquema teórico de ideas, con capacidad de describir y evaluar, sistemáticamente, una serie de conductas humanas y su rendimiento y más recientemente el termino de FE fue utilizado como tal, por Fuster en 1999.

Baddeley y Hitch (1974) propusieron el modelo de memoria de trabajo donde se incluye al asa fonológica, a la agenda viso-espacial y un ejecutivo central responsable del control y regulación de los procesos cognoscitivos (Baddeley, 2002), tales como planeación y organización de la información. El sistema fonológico incluye un archivo fonológico que es capaz de almacenar información por dos segundos y una agenda articulatoria que mantiene la información hasta el refuerzo. El ejecutivo central es un sistema de control atencional capaz de enfocar y cambiar la atención, pero sin capacidad de almacenamiento. Los procesos de memoria de trabajo se sabe que son mediados por la corteza prefrontal con áreas dorsolaterales prefrontales comprometidas durante la manipulación de la información.

Posteriormente, Norman y Shallice (1986) describieron el control del procesamiento de información. Su modelo incluye un sistema atencional de supervisión (SAS) necesario para las situaciones cuando planeamos acciones futuras, se toman decisiones y cuando se trabaja con estímulos novedosos. Un aspecto central de este modelo es la distinción entre proceso automático (rutinario) y controlado (no rutinario). La activación automática de ciertos procesos tales como la lectura, pueden no ser suficientes para un desempeño óptimo en situaciones que involucran planeación y toma de decisiones, corrección de errores, secuenciación novedosa de acciones, sobreponerse de dificultades técnicas o respuestas habituales fuertes. La ejecución de estos procesos controlados necesita un sistema de supervisión que se localiza en la corteza prefrontal.

Más adelante, Stuss (1992) propuso un desarrollo humano progresivo en tres niveles de monitoreo mediado por los lóbulos frontales. El primer nivel incluye actividades diarias rutinarias, que son ejecutadas repetitivamente, son automáticas y sobreaprendidas. Estas actividades sugieren de la activación de sistemas subcorticales. El segundo nivel de procesamiento incluye funciones ejecutivas y de supervisión las cuales sintetizan información para organizar la conducta dirigida a metas. El tercer nivel y más alto de procesamiento es el alertamiento o conciencia de sí mismo y del medio ambiente.

El desarrollo de las conexiones entre el lóbulo frontal, regiones límbicas y corticales posteriores se sugiere que median las funciones supervisoras y ejecutivas; mientras que las funciones de alertamiento y autoconciencia, se cree, reflejan el desarrollo de la región prefrontal.

La corteza prefrontal debe “integrar temporalmente unidades separadas de percepción, acción y cognición en secuencias dirigidas a la meta” (Fuster, 2002). La corteza prefrontal debe funcionar en cooperación con estructuras subcorticales y otras áreas de la neocorteza. Cuatro estructuras cognoscitivas, parcialmente controladas por la corteza prefrontal, son esenciales para la integración temporal: atención, memoria de trabajo, preparación para la tarea, monitores de la respuesta. Estas unidades cognoscitivas permiten el mantenimiento de la información pertinente para alcanzar la meta y la preparación del acto para anticipar los eventos (Barkley, 1997). Se ha

propuesto que los lóbulos frontales son la única región cortical capaz de integrar “información motivacional, mnemónica, emocional, somatosensorial y sensorial externa, en una acción unificada dirigida a la meta” (Royall, et al., 2002).

Zelazo, Carter, Reznick & Frye (1997) han tomado una aproximación alternativa al estudio de las funciones ejecutivas, influenciados por las ideas de Luria del “sistema funcional interactivo” (Luria, 1973). Ellos conceptualizaron este sistema como una función compleja o macroestructuración de subfunciones ejecutivas, que trabajan en conjunto para alcanzar funciones de alto nivel de solución de problemas. Se han identificado cuatro fases distintas, funcional y temporalmente, de la solución de problemas; las cuales corresponden a diferentes aspectos del procesamiento ejecutivo: representación del problema, planeación, ejecución y evaluación. Su concepción rechaza la idea de ser único de la corteza prefrontal el control de las funciones ejecutivas.

Las funciones ejecutivas (FE) incluyen procesos cognoscitivos complejos tales como la anticipación, la generación de estrategias, la selección y ejecución del plan de acción apropiado y socialmente aceptable a la meta propuesta, el monitoreo de la conducta manteniendo la estrategia elegida en caso de ser exitosa y flexibilidad mental para variar de estrategia ante contingencias. Lezak sugiere que una clave elemental en las funciones ejecutivas es la planeación y la define como: “La identificación y organización de los pasos y elementos necesarios para llevar a cabo o lograr una meta y constituyen la planeación”.

Las funciones ejecutivas, se sabe, son vulnerables al efecto de la edad y pueden ir cambiando conforme se va desarrollando el ser humano, la primera función ejecutiva en aparecer en los niños, es la habilidad de inhibir la conducta y la última en aparecer es la fluidez verbal. La inhibición de la información irrelevante parece declinar más tempranamente; posteriormente la flexibilidad de cambio y la fluidez verbal decaen durante la senectud (Jurado & Rosselli, 2007). Deficiencias o pérdida de estas funciones, comprometen las capacidades de la persona de mantener una vida independiente, constructiva, de autoservicio y socialmente productiva, sin importar que tan bien se encuentre en la realización de pruebas de visión, audición, movimiento y habla.

Se dice que la región anterior del cerebro es la encargada de mediar las funciones ejecutivas, así como también mediar las deficiencias en las habilidades ejecutivas comúnmente como consecuencia a un daño en la corteza prefrontal (Stuss & Benson, 1986). Luria (1973) identificó a los lóbulos frontales como “el aparato esencial para organizar la actividad intelectual como un todo, incluyendo la programación de actos intelectuales y de checar su desempeño”.

Lezak (1982) hace una distinción importante entre las funciones cognoscitivas y las funciones ejecutivas, la cual ayuda a sistematizar la medición de las funciones ejecutivas. Una de las diferencias recae en el tipo de preguntas que se hacen para cada tipo de función. Las funciones cognoscitivas corresponden al qué y cuánto conocimiento, habilidades y equipamiento intelectual tiene una persona. Las funciones ejecutivas tienen que ver con el cómo es capaz una persona de realizar algo y si es capaz de realizarlo completamente, están relacionadas con preguntas de cómo un sujeto mantiene su tasa de ejecución, qué tan consistente es en su eficiencia y en autocorregirse, qué tan responsivo es a los cambios en las demandas de una tarea o si inicia y termina actividades por sí mismo, y qué tan apropiadamente las realiza.

Miyake et al. (2000) estudiaron 3 aspectos continuamente postulados de las funciones ejecutivas (cambio de estrategia, actualización e inhibición) y concluyeron que son claramente distinguibles, comparten algunas cosas en común, como un mecanismo de inhibición básica y el mantenimiento de la meta en el contexto de la memoria de trabajo. Se ha hipotetizado que son las habilidades cognoscitivas de razonamiento y velocidad perceptual las cuales representan los factores subyacentes a las funciones ejecutivas.

Anderson y Tranel (2002), basándose en estudios analíticos y en conocimientos neuropsicológicos actuales, propone un modelo de funciones ejecutivas. De acuerdo con el punto de vista de Stuss y Alexander (2000), este modelo conceptualiza a las funciones ejecutivas como cuatro dominios distintos: a) Control atencional, b) Procesamiento de información, c) Flexibilidad cognoscitiva, y d) Establecimiento de metas. Estos dominios ejecutivos están relacionados con sistemas frontales específicos. Sin embargo, todos operan de forma integrada para ejecutar ciertas tareas y se conceptualizan como un sistema de control total.

Cada dominio incluye alta integración de procesos cognoscitivos y cada uno recibe y procesa estímulos de varias fuentes:

a) El *control atencional* incluye la capacidad de seleccionar un estímulo específico e inhibir otros y la habilidad para enfocar la atención en un tiempo prolongado. También incluye la regulación y monitoreo de las acciones para que sean ejecutadas en el orden correcto, identificación de errores y logro de metas.

b) El *procesamiento de información* se refiere a la fluidez, eficacia y rapidez de producción. El dominio de este procesamiento refleja la integridad de conexiones neuronales y la integración funcional de sistemas frontales.

c) La *flexibilidad cognoscitiva* se refiere a la habilidad para cambiar entre varias respuestas, aprender de errores, idear estrategias, dividir la atención y procesar múltiples fuentes de información al mismo tiempo. En este modelo, la memoria de trabajo es un elemento del dominio de la flexibilidad cognoscitiva.

d) *Establecimiento de metas* incorpora la habilidad de desarrollar nuevas iniciativas y conceptos, como la capacidad de planear acciones con antelación y tareas de aproximación de forma eficiente y estratégica.

Las funciones ejecutivas, actualmente se acepta que, están asociadas con diferentes regiones del lóbulo frontal (Stuss & Alexander, 2000; Stuss & Levine, 2002; Koechlin, et al., 1999). Así como también están distribuidas sobre un gran red cerebral, la cual incluye estructuras subcorticales y vías talámicas (Monchi, et al., 2001; Kassubek, Juengling, Ecker & Landwehrmeyer, 2005).

Se ha sugerido que ambas cortezas asociativas posteriores y frontales, median las funciones del sistema ejecutivo (Collette & Van der Linder, 2002) como ejemplos:

- **MANIPULACIÓN DE LA INFORMACIÓN:** que es necesaria para realizar una tarea dual, activa frecuentemente áreas de la corteza prefrontal inferior derecha.
- **ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN CONTINUA Y MEMORIA DE ORDEN TEMPORAL:** activa la corteza frontal superior.

Stuss y Levine (2002) han encontrado que la corteza frontal dorsolateral DERECHA está involucrada en monitorear la conducta, mientras que la corteza dorsolateral IZQUIERDA está involucrada en el procesamiento verbal.

Ambas zonas, derecha e izquierda, dorsolaterales frontales así como la frontal medial superior parecen estar comprometidas en tareas que necesitan un cambio de estrategia cognoscitiva, mientras que la frontal medial inferior parece mediar aspectos de procesos inhibitorios de la conducta.

Por lo tanto, estas áreas cerebrales, así como el buen control de las funciones ejecutivas es necesario para la conducta normal del individuo, sin embargo no existen muchos métodos para evaluar dichas funciones, no se han encontrado métodos exactos para estimar y replicar con suficiente validez y confiabilidad la integridad del sistema ejecutivo y poder realizar comparaciones intra e inter individuos. Sin embargo, existen métodos para identificar y hacer discriminaciones finas entre varias funciones cognoscitivas que nos permiten distinguir la integridad de algunos componentes de varias funciones cognoscitivas.

2.5. Una prueba de Funciones Ejecutivas: las Torres de Hanoi.

Actualmente se aplican diversos tipos de test para medir funciones ejecutivas como planeación, organización, solución de problemas, seguimiento de reglas y estrategias, así como también para medir la atención y la memoria de trabajo, entre otras, estas tareas están relacionadas con el funcionamiento de las áreas prefrontales. Entre las más frecuentemente utilizadas en el diagnóstico clínico y la investigación son: el WCST, la prueba de Stroop, las Torres de Londres y Torres de Hanoi de principal interés en este trabajo, entre muchos otros.

El estudio de funciones ejecutivas se basa en pruebas que históricamente han propuesto medir las funciones del lóbulo frontal. La validación en estas pruebas está basada únicamente sobre el criterio de ellas, siendo sensibles al daño del lóbulo frontal; mientras que la naturaleza precisa de la función ejecutiva necesaria para el desempeño adecuado en estas tareas no es especificado (Miyake, et al., 2000).

Los mismos principios estratégicos que se sabe aplican en la Torre de Londres (TOL), son válidos en la tarea de *las Torres de Hanoi (TOH)*, en la que los discos son de tamaños diferentes, los postes son del mismo tamaño, y puede variar la cantidad de discos en las TOH. El objetivo de TOH consiste en transferir todos los discos desde el primer poste al tercero, siguiendo ciertas reglas: 1) no se puede colocar un disco menor

encima de un disco mayor, 2) no se puede dejar ningún disco fuera de algún poste, 3) se deben mover los discos de uno en uno; donde la meta final es obtener que los discos estén en el último poste ordenados de menor a mayor (ver Figura 15).

Según una leyenda, un monasterio en Hanoi tiene un tablero con tres estacas. La primera estaca tiene 64 discos de oro en orden descendente de tamaño, el más grande en el fondo y el más pequeño en la parte superior. Los monjes tienen órdenes de Dios para mover todos los discos a la tercera estaca mientras los mantienen siempre en orden descendente. Un disco grande nunca debe colocarse sobre uno más pequeño. Pueden ser usadas las tres estacas. Cuando los monjes muevan el último disco, el mundo llegará a su fin. ¿Por qué?

El mundo debe terminar porque los monjes deben tomar $2^{64} - 1$ movimientos para completar la tarea de movimientos de los discos estipulados. Si se realiza un movimiento por segundo (sin errores), la tarea requerirá 5.82×10^{11} , o 582, 000, 000, 000 millones de años para completarla (Danesi, 2004).

TOH es conocido como uno de los más famosos y fascinantes de todos los juegos matemáticos. Fue inventado como un juego para niños en 1883 por el matemático francés François Edouard Anatole Lucas. Aunque la idea representante del patrón es considerablemente anterior en tiempo y es encontrada en varias culturas a través del mundo. El acertijo es, en efecto, un modelo dentro del concepto de series de juegos geométricos. Dada su simplicidad, un hecho intrigante en nuestros días es que califica como uno de los diez grandes acertijos de todos los tiempos (Danesi, 2004).

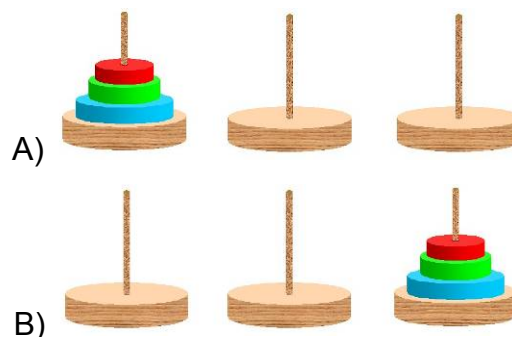


Figura 15. Tarea de Torres de Hanoi computarizada. A) Esquema de la posición inicial y B) Esquema de la meta.

Las Torres de Hanoi constituyen una tarea de ejecución considerada como una prueba de planeación, organización y programación visoespacial de una secuencia de movimientos y de atención y memoria de trabajo que mide funciones ejecutivas. Esta prueba involucra procesos complejos en la cognición, y necesita un buen recurso de memoria de trabajo, tanto para mantener las normas como para anticipar movimientos en base a la predicción mental de configuraciones intermedias, así como para mantener la meta final y el tipo de estrategias utilizado en cada movimiento para el alcance de las submetas.

En la Tabla 1 se especifican los aspectos ejecutivos que se han reportado, están implícitos en la ejecución de las Torres de Hanoi.

Tabla 1. Recopilación de estudios que indican las funciones ejecutivas y cognoscitivas implicadas en la solución de la prueba las Torres de Hanoi.

Inhibición de respuestas inmediatas	Goel y Grafman, 1995; Welsh et al., 1990; Welsh & Pennington, 1988, Bull, Espy & Senn, 2004.
Planeación (secuenciación)	Ahonniska et al., 2000; Cardoso & Parks, 1997; Pineda et al., 2000; Welsh & Pennington, 1988; Goel y Grafman, 1995; Morris et al., 1993, Fincham et al., 2002; Schuepbach et al., 2002.
Organización	Pineda, 2000.
Auto-evaluación de resultados	Stuss y Benson, 1986; Welsh et al., 1994; Welsh, Pennington y Groisser, 1991.
Solución de problemas y manejo de reglas	Anderson et al., 1998; Welsh y Huizinga, 2001; Goldberg et al., 1990; Cavedini et al., 2001; Goel y Grafman, 1995; León-Carrión y Barroso y Martín, 2001 (tiempo total); Goel, Pullara y Grafman, 2001.
Seguimiento de reglas	Welsh y Huizinga, 2001, Welsh, 1991; Schuepbach et al., 2002.
Aprendizaje de estrategias	León-Carrión et al, 2001 (total de movimientos y errores); Anderson, et al., 2005; Goel, Pullara y Grafman, 2001.
Percepción espacial y posición	Welsh, Persington y Groisser, 1991.
Auto-monitoreo	Welsh et al., 1991; Welsh et al., 1994; León-Carrión y Barroso y Martín, 2001.

Memoria de trabajo espacial	Goel, Pullara y Grafman, 2001; Bull et al., 2004, Pineda, 2000.
Atención	Bull et al., 2004

Simon en 1975 describió 4 tipos de estrategias para solucionar el problema de las torres de Hanoi:

1. Estrategia de repetición de la meta: la pirámide de discos puede moverse del poste 1 al poste 3 en 3 etapas: a) la pirámide que consiste en mover el disco más grande del poste 1 al poste 2, b) el disco más grande se mueve del poste 1 al poste 3; c) finalmente la pirámide del poste 2 se mueve al poste 3. Solo en la segunda etapa se realiza un movimiento legal o permitido. La primera etapa la cual libera el poste 1 y 3 por los movimientos de (b), y la tercera etapa, la cual lleva los discos sobrantes al poste 3. Dado que el número original de discos es infinito, se puede continuar descomponiendo el problema en problemas pequeños, sin embargo todos pueden reducirse a simples movimientos de discos legales permitidos. La repetición de movimientos debe ser cíclica. Si se aplican las torres de Hanoi de 3 discos, se genera la siguiente secuencia de movimientos y metas:
 - a) Meta: mover la pirámide de 3 discos del poste 1 al poste 3.
 - b) Meta: mover la pirámide de 2 discos del poste 1 al 3.
 - c) Movimiento del disco 1 del poste 1 al poste 3 *
 - d) Movimiento del disco 2 del poste 1 al 2.*
 - e) Movimiento del disco 1 del poste 3 al poste 2 *
 - f) Movimiento del disco 3 del poste 1 al poste 3 *
 - g) Meta: mover la pirámide de dos discos del poste 2 al 3.
 - h) Movimiento del disco 1 del poste 2 al 1.*
 - i) Movimiento del disco 2 del poste 2 al 3. *
 - j) Movimiento del disco 1 del poste 1 al 3. *

Sin embargo los únicos movimientos legales son los marcados con *, y sólo se pueden realizar movimientos disco por disco, sin embargo el sujeto puede tener el concepto de la meta y sub-metas manteniéndolas en la memoria de corto

plazo. Esto determina, que tan larga es esta estrategia, y depende de la capacidad que se tenga en la memoria de corto plazo y cuantas sub-metas puedan ser retenidas en ella simultáneamente. El sujeto que utiliza esta estrategia debe tener alguna manera de representar la meta internamente y mantenerla ahí en la memoria de trabajo, mientras lleva a cabo las sub-metas.

2. Estrategia perceptual: Para rehacer la pirámide en el poste 3, el disco más grande debe colocarse primero en el poste 3, luego el que le sigue el mediano, y así. Pero el disco más grande solo puede ser movido en dos condiciones: a) cuando no haya discos más pequeños en este poste y b) cuando no haya discos menores en el poste meta 3. Por lo tanto, el movimiento de un disco en particular, hacia un poste, puede lograrse mediante a) el movimiento de discos menores que el grande, b) repitiendo el primer movimiento (a) mientras que no haya discos más pequeños en el poste meta, c) moviendo cualquier disco menor que el inicial y quitarlo del poste 3, d) repitiendo (c) hasta que todos los discos más pequeños que el primero queden fuera del poste 3, e) moviendo el disco seleccionado al poste 3. Esta estrategia no es lineal, sin embargo no hay garantía que dejando libre el poste meta no se obstruirá los postes previamente liberados, por lo tanto la estrategia en esta simple forma puede producir ciclos interminables de movimientos, para evitar esta ciclicidad es necesario consultar a la situación problema y al poste meta.
3. Estrategia perceptual sofisticada: la tercera estrategia asemeja a la segunda, pero con una importante diferencia. Los pasos esenciales son: a) identificar, como anteriormente, el disco más grande, que no se encuentra aún en el poste meta 3, b) examinando ambas, el poste 1 y el poste 3, identificando el disco más grande que este obstaculizando su movimiento al poste 3, c) si no hay un obstáculo, realizar el movimiento indicado, d) si hay un disco mayor obstaculizando el movimiento, establecer la meta del movimiento del disco que obstaculiza al otro poste y luego repitiendo lo mismo para el disco que fue obstructor inicial entre los pasos b y c. Mientras que la primera estrategia determina su siguiente movimiento por referencia solo al poste meta, la segunda

y tercera estrategias determinan que hacer enseguida mediante la percepción de características del problema actual o situación actual.

4. Estrategia del patrón de movimiento: las estrategias anteriores se han descrito como razonadas, es decir, que involucran la descomposición de la meta total de la tarea en un número subsidiario de metas, para alcanzar la meta total. Otro procedimiento puede ser simplemente almacenar pasos para la solución en la memoria y ejecutarlos uno tras otro. Pero hay dos dificultades con este procedimiento, primero que requiere de un gran compromiso de la memoria (almacenar 15 pasos al mismo tiempo). Segundo y más importante, es que una secuencia diferente debe ser memorizada para cada número de discos específicos, ya sea una torre de 3 o 4 o más discos. Existen estrategias que no sufren de esta segunda dificultad, pero que en cierto sentido son procedimientos rotatorios. Esta estrategia de movimientos rotatorios en una situación de las torres de Hanoi, hay al menos 3 movimientos legales la 1 y la 2 indica que un disco menor puede moverse a dos postes el poste 2 y el poste 3. El siguiente disco menor (mediano en la torre de 3 discos) puede colocarse hasta arriba del disco más grande o en un poste vacío. El disco más grande (si no hay postes libres) no puede moverse, porque los discos que restan son menores que él. Considerando esta estrategia: 1) en movimientos impares, mover el disco menor, 2) en movimientos pares, mover el disco siguiente (mediano) que está solo, 3) el disco inicial es I, el disco meta o último es U y el otro disco de en medio es O. Entonces si el número de postes es impar, el disco menor siempre se moverá de I a U a O a I, y así, mientras que si el total de postes es impar, el disco menor siempre se moverá en forma del ciclo opuesto, de I a O a U a I y así sucesivamente. Para ejecutar esta estrategia, uno debe llevar el registro de a) una parte de los movimientos y b) la dirección cíclica del disco menor. Mientras la información durante la solución de la prueba no cambie, esta debe ser almacenada en la memoria de largo plazo. Solo una parte de la información necesita ser retenida en la memoria de corto plazo.

Las torres de Hanoi obligan al sistema prefrontal a guardar información durante su ejecución y se ha descrito que la corteza prefrontal está jugando un papel importante

en el mantenimiento de la información previa a la acción, lo que la hace una prueba especialmente sensible en esta investigación. Particularmente, las TOH son de interés en este trabajo ya que involucran un procesamiento cognoscitivo específico en el cual se ha descrito, están implicados mecanismos fisiológicos de activación e inhibición, principalmente en corteza prefrontal y estructuras que se sabe envían proyecciones a dicha corteza. Es importante conocer como estos mecanismos que subyacen a la actividad cognoscitiva de planeación, estrategias, memoria de trabajo, etc. y que han sido descritos previamente, puedan estar alterados ante la presencia de una activación sexual generada a partir de estímulos relevantes para el sujeto (como por ejemplo, estímulos visuales con contenido sexual).

Diversos estudios han mostrado que durante el procedimiento de las TOH existe una prominente activación bilateral en prefrontales, cíngulo, corteza motora, parietal y occipital (Schuepbach et al., 2002).

Esta prueba requiere la habilidad de hacer frente adecuadamente con situaciones novedosas y solucionar un problema. La planificación requiere a menudo ser flexible y variar la estrategia, dependiendo de si cambian las circunstancias. Así también tiene la ventaja de ser una prueba rápida y de fácil aplicación, que permite seleccionar diferentes niveles de dificultad, así como de manipular sus reglas de aplicación (León-Carrión & Barroso y Martín, 2001). Mientras menor sea el número de discos, menor será la dificultad planteada a los componentes del sistema ejecutivo. Por lo que es excelente prueba para evaluar la integridad del sistema ejecutivo.

Goldberg, Saint-Cyr & Weinberger (1990) compararon la ejecución en las Torres de Hanoi con 3 y con 4 discos en pacientes esquizofrénicos, encontrando que este tipo de pacientes tenía una ejecución deficiente en ambas torres, indicando que el nivel de dificultad por sí mismo, no fue causal de su mala ejecución. En estudios previos se ha sugerido que la versión de las Torres de Hanoi de 3 discos, involucra principalmente habilidades de planeación y solución de problemas, y es mayormente sensible a lesiones del lóbulo frontal, y mientras más difícil sea la versión, como mayor cantidad de discos, Torre de Hanoi de 4 discos, el cual involucra “aprendizaje activo” y es más sensible a enfermedades o padecimientos relacionados con los ganglios basales. Los problemas presentados en las pruebas de las pruebas que trabajan con Torres son

problemas viso-espaciales novedosos que correspondería al componente fluido de la cognición.

Los pacientes con lesiones del lóbulo frontal fracasan en todas estas tareas de planeación, y los estudios de imagen confirman la activación de las caras dorsales de la corteza frontal en testigos normales durante la realización de las tareas.

Las Torres de Londres y las Torres de Hanoi son similares en el sentido de que ellas requieren la transformación de un estado inicial de esferas o discos en tres estacas verticales dentro de una configuración de meta de estos objetos con el menor número de movimientos. Ambas imponen una organización de reglas de las tareas que limitan la manera en la cual estos objetos deben ser movidos de estaca a estaca. Dado que la solución más eficiente es demandada por ambas tareas, una secuencia de movimientos debe ser planeada, ejecutada, monitoreada, y revisada antes de la acción. En la neuropsicología clínica y experimental, la TOH y la TOL, son consideradas esencialmente isomórficas.

Anderson, Albert y Fincham (2005) encontraron que existe una mayor activación de áreas prefrontales y parietales izquierdas en participantes diestros ante la ejecución de la tarea de TOH mediante el análisis de la técnica de RMIf, donde concluyen que áreas prefrontales están participando en esta tarea con la recuperación de la información almacenada y mantenida en la memoria de trabajo, las áreas parietales también están participando en los cambios de la representación del problema, en este estudio se encontró que en conjunto con otras áreas, las regiones parietales y prefrontales participan en la determinación de qué tanta magnitud de planeación precede a un movimiento.

2.6. Interferencias cognoscitivas y motivacionales en las funciones ejecutivas

Dado que las salidas funcionales del individuo, la medicación, el cocinar, el cuidado del hogar, el trabajo diario, son ejemplos de actividades dirigidas a metas, estas son inherentemente vulnerables al discontrol ejecutivo (Royall, et al., 2002).

Existen obstáculos para la evaluación de las funciones ejecutivas, en especial en casos con daño y deficiencia en este sistema ejecutivo o en el lóbulo frontal, así como también la asociación a diferentes trastornos conductuales, neuropsiquiátricos y

médicos. Sin embargo, las pruebas que se han diseñado para la evaluación de las FE son aplicables y válidas para cualquiera de estos casos (como en la esquizofrenia, la enfermedad estructural cerebral, la diabetes mellitus, entre otros).

Existen algunas interferencias, como trastornos psicológicos o psiquiátricos (por ejemplo la depresión mayor), en las cuales se ha demostrado una patología frontal, asociada con una reducción en el metabolismo frontal, lo cual deriva en un déficit en las FE. Por otro lado, el envejecimiento normal puede estar asociado con deficiencias en el sistema frontal y se puede detectar un control ejecutivo reducido, y el deterioro puede ir en aumento conforme aumenta la edad (Royall, et al., 2002).

Otro tipo de deficiencias en las FE son los problemas de conducta, los cuales probablemente se han asociado con sistemas frontales disfuncionales, caracterizados por apatía, desinhibición y disfunción ejecutiva o deficiencia en la capacidad de abstracción, cada uno de ellos ligado a un circuito prefrontal diferente. Entre otros, se encuentran las fallas en la memoria de trabajo, en la atención, deficiencias en el juicio social o en la abstracción de conceptos, incapacidad de generar planes, metas o intenciones, así como no poder iniciar conductas complejas, lo cual es un indicador de deficiencia ejecutiva.

Algunos de estos síntomas pueden presentarse aislados, o influenciados por características de personalidad y experiencias previas en su historia de vida; sin embargo, poco se sabe de algunas interferencias cotidianas que no refieran a un síndrome disejecutivo o a una deficiencia en el sistema ejecutivo.

Como se mencionó en los primeros apartados, la ley de Yerkes y Dodson, es uno de los ejemplos en donde se muestran los efectos que pueden provocar diferentes grados de estrés sobre la memoria de trabajo de los seres humanos; representada por una U invertida en la figura 1. Elevados niveles de alertamiento o estrés o sobreactivación física pueden alterar el funcionamiento normal de las FE.

Una explicación a estas interferencias en las FE es la hipótesis del marcador somático de Damasio (1994). La hipótesis del marcador somático provee de un sistema neuroanatómico y cognoscitivo para la toma de decisiones y la influencia de las emociones en esta. La clave de esta hipótesis es que la toma de decisiones es un proceso que es influenciado por señales marcadas que surgen de procesos

bioregulatorios, incluyendo aquellos que expresan emociones y sentimientos (Bechara, Damasio & Damasio, 2000).

Por otro lado, Zelazo et al. (2003) propone diferenciar aspectos ejecutivos de carácter emocional y motivacional; las funciones ejecutivas “HOT” que se relacionan con el sistema afectivo ventral, con la corteza orbital frontal; y aquellos aspectos ejecutivos puramente cognoscitivos llamadas funciones ejecutivas “COOL” las cuales dependen del sistema ejecutivo dorsal formado por la corteza prefrontal dorsolateral y la corteza parietal lateral entre otras. En los sujetos sanos, el sistema ejecutivo dorsal y el sistema afectivo ventral interactúan como parte de una red neuronal crítica para la autorregulación del comportamiento. El equilibrio entre ambos sistemas condicionaría la capacidad del individuo para regular su comportamiento gracias a la integración de sus necesidades y la información procedente del mundo exterior. La alteración de cualquiera de estos sistemas merma la capacidad de control del sujeto y sus manifestaciones son diferentes en función del sistema afectado. La alteración del sistema ejecutivo dorsal produce el denominado síndrome disejecutivo, mientras que la afectación del sistema afectivo ventral ocasiona esencialmente alteraciones comportamentales.

2.7. Electroencefalograma (EEG)

El registro y análisis de la actividad electroencefalográfica ha sido usado durante muchos años como una de las más sensibles herramientas que permiten examinar la funcionalidad cerebral en relación a diferentes estados fisiológicos, manipulaciones hormonales y farmacológicas. La importancia de su uso radica básicamente en dos aspectos: su alta resolución temporal, que permite obtener registros desde milisegundos hasta horas o días, y su flexibilidad, que puede permitir el registro de sujetos en libre movimiento.

El electroencefalograma (EEG) nos permite estudiar la relación entre la conducta y el sistema nervioso sin intervención invasiva (Niedermeyer, 1999). Entendemos por EEG el registro continuo de las fluctuaciones espontáneas de voltaje generadas por el cerebro (John, et al., 1977) y se representa por una gráfica del voltaje en función del tiempo.

Los inicios del EEG se atribuyen a los médicos Fritsch (1838 – 1927) y Hitzing (1838 – 1907) que en el año de 1870 observaron que al estimular mediante corriente galvánica determinadas áreas laterales del encéfalo de un perro se producían movimientos en el lado opuesto del cuerpo. Fritsch observó contracciones musculares contralaterales durante el vendaje de un cerebro abierto de un soldado herido en la guerra Prusiana – Danesa de 1864 (Niedermeyer, 1999).

Con electrodos no polarizados, Beck (1863 – 1939) investigaba la actividad eléctrica espontánea del cerebro de conejos y perros. Él observó la desaparición de oscilaciones rítmicas cuando los ojos eran estimulados con luz. Hasta 1913 Prawdycz-Neminski registró lo que llamó “electrocerebrograma” de un perro. Siendo el primero en intentar clasificar semejantes observaciones, continuó haciendo investigaciones de este tipo, en las cuales los registros se hacían en cerebros descubiertos ya que era imposible registrar los impulsos cerebrales desde el exterior del cráneo debido a que no contaban con amplificadores (Niedermeyer, 1999).

El electroencefalograma (EEG) fue descrito inicialmente en conejos y monos por Richard Caton en 1875. Caton estaba interesado en estudiar la localización de las funciones sensoriales del cerebro, presentaba estímulos visuales mientras registraba desde electrodos directamente sobrepuestos en el cerebro de conejos y monos. Demostró que cuando un “flash” o luz se le presentaba al animal enfrente a sus ojos, existía un cambio en la actividad eléctrica del área occipital. Esta respuesta, fue probablemente el primer potencial sensorial evocado de tejido cortical. También Caton fue el primero en demostrar que aunque no existiera estímulo alguno que se le presentara al animal, ocurrían oscilaciones de voltaje en sus registros, concluyendo la existencia de ondas y actividad eléctrica en el cerebro en reposo (Andreassi, 2000).

En 1902, Hans Berger comenzó su trabajo sobre las ondas cerebrales en perros, y en 1920 comenzó con registros de EEG en humanos. Su principal meta fue detectar desde la superficie del cráneo en humanos, las mismas ondas que podía obtener de la superficie del cerebro de los animales, finalmente incluyó sus propios registros y los de su hijo para publicar sus primeros resultados.

Berger descubrió y nombro dos ondas cerebrales con patrones básicos, una onda relativamente larga, regular que ocurría entre 10 y 11 veces por segundo (Hz),

llamándola “Alpha”; y una onda pequeña e irregular a una frecuencia de 20 a 30 ciclos por segundo, llamándola “Beta”. Posteriormente, a otras ondas continuaron llamándolas con las letras del alfabeto griego, por lo que “delta” es una onda caracterizada por muy baja frecuencia y gran amplitud y fue nombrada por Walter en 1937; y la onda “Theta” fue nombrada por Walter en 1953 para describir una onda con frecuencias entre 3 y 7 ciclos por segundo (Andreassi, 2000).

2.7.1. Ritmos Electroencefalográficos

“Por ritmo electroencefalográfico, se reconoce a una actividad sincrónica, con un rango de frecuencias específico, con determinada localización encefálica y que predomina en alguna condición fisiológica y puede desaparecer ante una maniobra específica (reactividad)...” (Harmony et al., 1991).

Ritmo Alfa: fue el primer ritmo electroencefalográfico descrito, descubierto por Hans Berger en 1929; fue llamado como “ritmo de Berger” por Adrián y Matthews en 1934 (Harmony, 1991). Son ondas rítmicas que ocurren en una frecuencia de 8 a 13 ciclos por segundo (Hertz: Hz) y se observan en el EEG de adultos normales despiertos en condición de reposo; se favorece la aparición de alfa cuando el sujeto tiene los ojos cerrados. Estas ondas tienen mayor amplitud o voltaje en regiones occipitales pero también pueden ser encontradas en las regiones parietales y frontales. Su voltaje es usualmente de 50 μV . Durante el sueño, el ritmo alfa comienza a reducirse, paulatinamente, en amplitud y frecuencia de aparición, llegando a desaparecer por completo en las últimas fases de sueño de ondas lentas. Este ritmo también se reduce o bloquea cuando el sujeto enfoca su atención a una actividad mental específica o cuando abre los ojos en condición de reposo; cuando el EEG se desincroniza las ondas alfa son reemplazadas por ritmo beta; sin embargo en la condición de concentración profunda que se requiere para algunas tareas mentales se ha descrito también que se reemplaza por actividad delta (Fernández, 1996).

Ritmo Beta: fue descrito por Hans Berger en 1929 (Guyton, 1987). Su frecuencia se encuentra entre 14 y 30 Hz y tiene menor amplitud que alfa, aproximadamente 20 μV . Este ritmo es el que más frecuentemente se registra en las regiones frontales. La

mayoría de las ondas beta aparecen durante la activación del sistema nervioso central, si el individuo se encuentra bajo tensión o con la apertura de los ojos en vigilia.

Ritmo Theta: su frecuencia está entre los 4 y los 7 ciclos por segundo. Este ritmo se presenta en la mayoría de las regiones parietales y temporales en los niños. En situaciones fisiológicas normales no es frecuente observarlo en adultos en vigilia, aunque a veces se presenta bajo situaciones de estrés emocional y se ha descrito en condición de meditación yoga. En patologías se observa en pacientes que presentan edema cerebral (Fernández et al., 1996). Dicho ritmo fue descrito por Walter y Dovey en 1944 (Guyton, 1987). Es normal observarlo durante las primeras fases del sueño de ondas lentas.

Ritmo Delta: su frecuencia es de 1 a 3 Hz. No debe observarse en adultos en vigilia, pero es el ritmo que predomina en la última fase del sueño de ondas lentas. También se observa en los dos primeros años de vida y en daños cerebrales serios (tumores, cisticercos, isquemia, etc.) focalizado en el área de la lesión. Este ritmo fue descrito por Grey Walter en 1936 (Guyton, 1987). También se ha descrito en condición de meditación yoga y durante actividad mental que requiere de concentración, inhibiendo los estímulos externos que no son relevantes para la realización de la tarea.

La distinción que se ha hecho de los ritmos indica que tienen características funcionales diferentes y subyacen procesos conductuales diferentes. Es evidente que conforme se van estableciendo las interacciones neuronales definitivas, el EEG va presentando cambios que reflejan la maduración de los distintos sistemas. Esto plantea la posibilidad de definir una edad electroencefalográfica.

2.7.2. Métodos de Registro y Evaluación del EEG

Existen dos tipos: La interpretación visual y el análisis cuantitativo.

a) Interpretación Visual

Consiste en un informe de normalidad o anormalidad del EEG. Los factores que son evaluados de acuerdo a Kellaway (1979) son: frecuencia, voltaje o amplitud, topografía de los rasgos particulares observados, forma de onda y sus peculiaridades, sincronía

interhemisférica, reactividad, carácter de ocurrencia de las ondas, regulación de frecuencia y voltaje, y las relaciones entre estos dos parámetros.

A partir de estos datos un especialista, que generalmente es un neurofisiólogo clínico, da una interpretación cualitativa de la actividad eléctrica cerebral. Por medio de este análisis se pueden detectar desórdenes clínicos, en especial las epilepsias, lo cual constituye una ventaja de este método sobre el análisis cuantitativo.

Sin embargo, dada la estrecha relación que es posible establecer entre la conducta y los ritmos electroencefalográficos evaluados cualitativamente, es razonable cuantificar la actividad eléctrica cerebral considerando a la frecuencia como la variable más importante.

b) El análisis cuantitativo del EEG

El EEG cuantitativo requiere de una digitalización de la señal análoga tradicional, en lugar de que la señal sea impresa directamente en papel y monitoreada por medio de un osciloscopio, la computadora es capaz de obtener información de las formas de las ondas que se están generando, mostrarlas en la pantalla y poder guardar dicha información.

Con estas capacidades de almacenamiento del EEG, los registros de un individuo pueden ser comparados con las bases de datos de individuos con diferentes trastornos neurológicos o psiquiátricos, lo cual puede demostrar diferentes aspectos de la actividad de fondo que no se revelan mediante el análisis por inspección visual del EEG. Las ondas son generadas por los 3mm de materia gris que se encuentran justo debajo del cráneo, y estas ondas son medidas mediante el número de veces por segundo que una onda va de un pico al siguiente pico (llamados ciclos por segundo o Hz). Los rangos del EEG son convencionalmente divididos en cuatro bandas de frecuencia designadas de la siguiente manera: Delta (0-4 Hz), Theta (4-8 Hz), Alpha (8-13 Hz), Beta (más de 13 Hz), y Gamma (14-50 Hz) (Thornton & Carmody, 2005).

Buscando, también, obtener datos cuantitativos y comparables entre sujetos, es altamente recomendable que los registros del EEG sean obtenidos siguiendo una colocación estándar de electrodos de registro, por ejemplo siguiendo el Sistema Internacional 10-20 de colocación de electrodos (Jasper, 1958) (ver Figura 16).

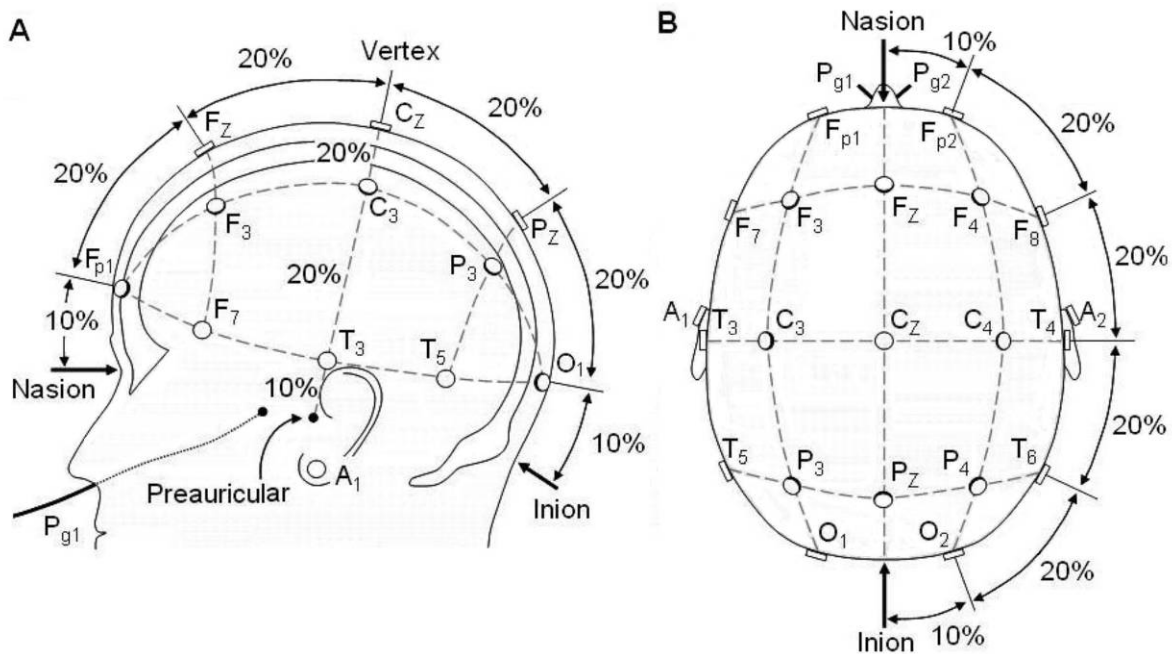


Figura 16. Representación esquemática de la colocación de electrodos mediante el sistema 10-20 internacional (Jasper, 1958) y su nomenclatura (A. vista lateral, B. vista superior).

En la búsqueda de la correspondencia entre la posición de los electrodos en el cuero cabelludo, de acuerdo al Sistema Internacional 10-20, y la corteza cerebral, se han realizado diferentes trabajos experimentales. Por ejemplo, Homan, Herman y Purdy (1987) colocaron marcadores de aluminio, siguiendo el sistema 10-20, en 12 sujetos (9 hombres y 3 mujeres), sanos y diestros, y mediante tomografía computarizada determinaron la relación entre la posición superficial del marcador y la relación que guarda con la estructura cerebral correspondiente. En particular encontraron que los marcadores colocados en F3 y F4 correspondían al área 46 de Brodmann; y que los colocados en P3 y P4, a pesar de que presentan una substancial dispersión, casi todos caen en el área 7 de Brodmann. De igual manera, los autores, presentan un reporte para el resto de los marcadores.

Herwig, Satrapi y Schönfeldt-Lecuona (2003) en 21 sujetos sanos (11 hombres y 10 mujeres) colocaron una gorra de electrodos, también de acuerdo al Sistema Internacional 10-20. La posición relativa de los electrodos sobre la corteza cerebral fue determinada mediante imágenes de resonancia magnética. Determinaron que la correspondencia no era uniforme para todos los sujetos, por ejemplo: el electrodo

colocado en F3 correspondió a las áreas de Brodmann 8 y 9 (algunos sujetos en 8 y otros en 9); con F4 pasó lo mismo pero del lado derecho; el colocado en P3 correspondió a las áreas de Brodmann 7 y 40 (algunos sujetos en 7 y otros en 40).

Rossi et al. (2001), a partir de promediar las imágenes de resonancia magnética de 152 sujetos, determinaron que la proyección cortical de F4, sobre la corteza cerebral, corresponde al área 9 de Brodmann; con las coordenadas de Tailarach 42, 32, 31 (que corresponden al giro frontal superior (Tailarach & Tournoux, 1988).

Okamoto et al. (2004) determinaron la proyección cortical del sistema internacional 10-20 en 17 sujetos sanos (9 hombres y 8 mujeres), 14 de ellos diestros. Usaron marcadores vegetales grasos y determinaron su proyección sobre la corteza mediante imágenes de resonancia magnética (usando un complejo programa computacional y el atlas de Talairach); tanto F3 como F4 resultaron proyectados sobre las áreas de Brodmann 9 y 10 (aproximadamente el 50% de los sujetos en cada área); tanto P3 como P4 se proyectaron sobre las áreas de Brodmann 7 y 19 (predominantemente sobre la 7); por lo que también se obtuvo variabilidad en la localización de la proyección de las localizaciones del sistema 10-20.

En base a los estudios anteriores, y algunos otros no revisados en este trabajo, se ha podido determinar que los electrodos colocados sobre el cuero cabelludo, de acuerdo al sistema internacional 10-20, en las derivaciones F3 y F4 se corresponden directamente con la corteza prefrontal dorsolateral y los colocados en las derivaciones P3 y P4 con la corteza parietal posterior.

Para poder trabajar con medidas cuantitativas es necesario utilizar métodos de análisis que utilicen series de tiempo. El análisis espectral de potencias es un método muy poderoso de cuantificación de series de tiempo. Todos los análisis espectrales descomponen una forma de onda compleja en una suma lineal de componentes de ondas más elementales. En el análisis de Fourier, las ondas elementales son ondas seno y coseno, las cuales permiten ejecutar el análisis lineal de una manera eficiente mediante simples cambios del dominio del tiempo al dominio de las frecuencias (Thatcher, 1998).

La verosimilitud del análisis cuantitativo depende en gran medida de la edición del EEG. La edición del EEG es la selección de varios segmentos representativos, al

menos 10 o 12, que en conjunto constituyan más de 10 segundos (John, et al., 1977) libres de artefactos; estos segmentos generalmente son de la misma longitud.

En el espectro de potencia se distinguen clásicamente 4 bandas: Delta (1.5-3.5 Hz), Theta (3.5-7.5 Hz.), Alfa (7.5-12.5 Hz) y Beta (12.5-19.0 Hz) (Cantor, 1999).

2.7.3. Potencia Absoluta y Potencia Relativa del EEG

En el análisis de banda ancha, se define la Potencia Absoluta (PA) de una banda como el área comprendida entre la curva del espectro de potencia y el eje de las X en el rango de frecuencias de la banda en cuestión (Figura 17).

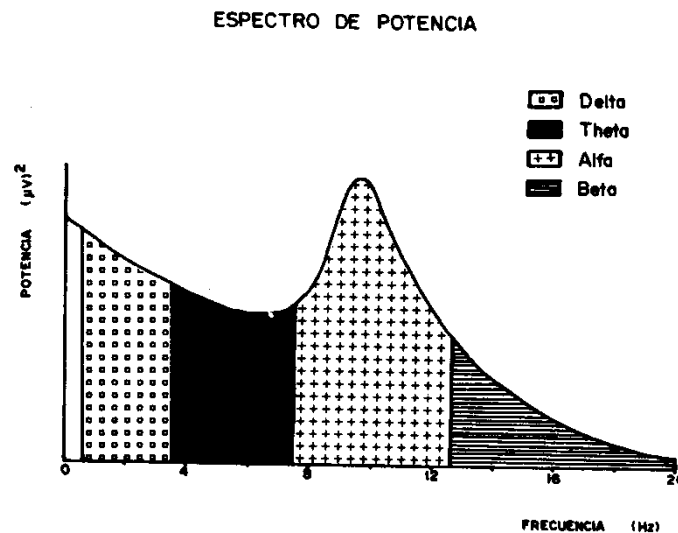


Figura 17. Espectro de Frecuencias: La Potencia Absoluta es el área bajo la curva, por ejemplo la PA de Theta es el valor neto de toda el área sombreada (Harmony, et al., 1992).

La Potencia Relativa (PR) es una medida porcentual. La PR en una banda dada es la proporción de PA en esa banda respecto a la PA total. Por ejemplo, la PR de la banda alfa en la derivación Pz podemos expresarla como:

$$PR_{\alpha, Pz} = \frac{PA_{\alpha, Pz}}{PA_{\delta, Pz} + PA_{\theta, Pz} + PA_{\alpha, Pz} + PA_{\beta, Pz}}$$

La aplicación del método de la Transformada de Fourier permite obtener valores de amplitud de los componentes de frecuencia de las señales bioléctricas de interés, los

cuales se pueden agrupar en bandas de frecuencia particulares, a través de esta transformada se pueden calcular los espectros de coherencia. La coherencia proporciona información similar a la correlación y ambas se han empleado para tratar de establecer posibles relaciones funcionales entre diferentes regiones del cerebro, ya que la coherencia es sensible a los cambios en la relación de fase entre las señales registradas (Shaw, 1984).

2.7.4. Correlación de Pearson en el análisis del EEG

Otro análisis que se puede hacer con las señales electroencefalográficas es la correlación, que es un método estadístico para encontrar posibles relaciones entre variables. Esto con la finalidad de encontrar relaciones funcionales cerebrales ante aspectos cognoscitivos específicos y conductas motivadas (Guevara & Hernández-González, 2006).

El coeficiente de correlación producto-momento de Pearson es uno de los índices matemáticos, con mayor potencia estadística, para encontrar posibles relaciones entre las variables de estudio. Este tipo de análisis se ha aplicado para el estudio de las señales bioeléctricas cerebrales. Galton fue uno de los iniciadores de la idea de utilizar la pendiente de regresión como índice de relación entre dos variables, pero fue Karl Pearson, quien resolvió el problema aplicando la fórmula de correlación a la cual se le atribuye su nombre (Guevara & Hernández-González, 2006).

La correlación, entre señales bioeléctricas cerebrales, es una medida de la semejanza de morfología y polaridad entre los puntos que conforman a dos señales registradas simultáneamente en diferentes zonas cerebrales sin tomar en cuenta la amplitud. Una correlación de 1 indica la máxima correlación positiva, de 0 la mínima y -1 la máxima negativa (Guevara, et al., 1995; Guevara & Hernández-González, 2006).

Un alto grado de correlación o de coherencia indica una relación lineal alta entre la actividad eléctrica de las dos regiones analizadas, debido a la semejanza morfológica, a la fase y al acoplamiento temporal o la sincronía de la actividad que pudiera existir entre ellas, lo que a su vez indica un estado funcional semejante, el cual puede ser consecuencia de una organización parecida entre las redes neuronales, a interconexiones entre ellas, actuando simultáneamente. Estos análisis, por tanto,

permiten conocer el grado de diferenciación funcional entre las regiones analizadas (Guevara et al., 1995; Guevara & Hernández-González, 2006).

La correlación ha sido de gran interés para evaluar las posibles relaciones funcionales del cerebro ante conductas motivadas. Mediante el uso del coeficiente de correlación producto-momento de Pearson es un índice matemático, el cual se encuentra entre los índices considerados con mayor potencia estadística, para encontrar posibles relaciones entre variables. Este tipo de análisis se ha aplicado, tradicionalmente en señales bioeléctricas cerebrales, ya que en condiciones normales cumplen con dichas características.

De acuerdo con Corsi-Cabrera, Gutiérrez, Ramos y Arce (1988) el nivel de correlación entre dos señales del EEG depende del nivel de similaridad entre ellos y refleja una actividad neural compartida. De esta manera, se ha considerado el índice de asimetría de la actividad eléctrica (EEG) como una forma de análisis frecuentemente utilizada para determinar el grado de activación de los dos hemisferios cerebrales, y este índice de asimetría se ha considerado como “la diferencia relativa entre la potencia de dos zonas homólogas de los hemisferios” (Corsi-Cabrera, et al., 1987).

Thatcher, Krause & Hrybyk (1986) revisó varios análisis anatómicos en relación a la coherencia, estimando que no más del 1% de las fibras corticales surgen del tálamo, 2-4% en la corteza contra lateral y aproximadamente el 95% en la corteza ipsilateral. Estas fibras de asociación cortico-corticales tienen en promedio de longitud varios centímetros mientras que las conexiones intercolumnares son de menor rango y son menores a 1mm de longitud. Este autor propone que el EEG cortical es producto de las fibras largas cortico-corticales, y se puede decir que la coherencia reflejaría entonces, este tipo de conectividad cortical.

La correlación, entre señales bioeléctricas cerebrales, es una medida de la semejanza de morfología y polaridad entre los puntos que conforman a dos señales registradas simultáneamente en diferentes zonas cerebrales sin tomar en cuenta la amplitud. Por lo tanto, cuando dos regiones están recibiendo la misma información y la están procesando de la misma manera, la actividad del EEG es muy parecida y por lo tanto, la correlación es muy alta y viceversa (Corsi-Cabrera, et al., 1987).

2.7.4. El EEG como herramienta no invasiva para medir la funcionalidad cerebral durante la activación sexual y funciones ejecutivas. Ventajas y Desventajas.

El EEG es generado por la actividad conjunta de billones de neuronas corticales influenciadas por la interrelación de la actividad entre regiones corticales y subcorticales.

El cerebro es una masa suspendida en líquido cefalorraquídeo. Alrededor de este líquido se encuentran las meninges, el cráneo y el cuero cabelludo; estos medios sirven como conductores y por consiguiente permiten el registro de la actividad eléctrica cerebral en el cuero cabelludo. Para registrar el EEG se colocan varios electrodos; cada electrodo registra la actividad rítmica de múltiples generadores (Cantor, 1999).

Se puede definir al EEG como las oscilaciones de voltaje originadas por las corrientes iónicas intra y extraneuronales en una gran población de células dispuestas en forma radial a la superficie, que se activan sincrónicamente. Por su configuración, los candidatos más probables son las neuronas piramidales que no están dispuestas en forma tangencial a la superficie. Las corrientes iónicas están dadas principalmente por los potenciales postsinápticos tanto excitatorios como inhibitorios.

Para revisar los mecanismos que subyacen al EEG es necesario considerar dos niveles: el celular y el de redes neuronales (Lopes da Silva, 1991).

En el ámbito celular, se sabe que el Sistema Nervioso Central (SNC), consta esencialmente de células nerviosas o neuronas y células gliales; las neuronas producen y conducen impulsos nerviosos mediante fenómenos químicos y eléctricos; estas células se interconectan a través de elaborados circuitos consistentes en redes. De esta manera la información pasa de una célula a otra por puntos de contacto especializados denominados sinapsis, las cuales pueden ser excitatorias o inhibitorias. El potencial de membrana de las células nerviosas está entre -60 y -70 mV y está sujeto a fluctuaciones dadas principalmente por la actividad sináptica. Estas fluctuaciones de los potenciales de membrana dan lugar a la generación de potenciales post-sinápticos excitatorios o inhibitorios (EPSP, IPSP) que contribuye en gran medida a la generación de los potenciales de campo extracelular (Speckmann & Elger, 1999) produciendo pequeños dipolos. Cerca del 70% de las células en la neocorteza son neuronas

piramidales cuyas dendritas apicales se extienden desde el soma hacia la superficie. La diferencia del Potencial de Membrana entre distintos lugares de la misma neurona piramidal (por ejemplo, entre una dendrita apical y una basal) se puede representar matemáticamente como un dipolo (vector), el cual representa el flujo de corriente. Se cree que la suma de cientos de miles de dipolos generados simultáneamente por estas células son la fuente primaria de los registros en el cuero cabelludo de la actividad electroencefalográfica (Kutas & Dale, 1996).

A nivel de redes neuronales, las fluctuaciones de la actividad eléctrica observadas en los registros del EEG son en gran medida el resultado de la actividad neuronal entre el tálamo y la corteza. El tálamo es la estructura subcortical central que releva señales aferentes hacia el nivel cortical y recibe señales de las vías ascendentes y descendentes de múltiples áreas del cerebro. En general, se acepta que la ritmicidad cortical es el resultado de una compleja interrelación entre circuitos tálamo-corticales y circuitos córtico-corticales locales y globales (Mesulam, 1990; Thatcher, Krause & Hrybyk, 1986).

Diversos estudios han sido realizados en el hombre sobre la conducta sexual, como los primeros registros de EEG realizados durante la autoestimulación hasta el orgasmo (Mosovich & Tallaferró, 1954) donde se ha encontrado que simultáneamente al inicio de la autoestimulación se presenta un incremento gradual en la actividad rápida de bajo voltaje, específicamente en áreas temporales, así como también en ambos sexos, durante la eyaculación se ha presentado un enlentecimiento de la actividad eléctrica con un incremento en el voltaje, presentándose paroxismos de corto tiempo.

Uno de los primeros estudios en los cuales se ubicaron estructuras cerebrales así como su funcionamiento en el hombre durante la conducta sexual fue un estudio realizado por Heat (1972) en el cual se trabajó con un hombre epiléptico homosexual sujeto a un programa para alterar su orientación sexual, se le registró mediante electrodos superficiales y de profundidad en zonas frontales, parietales, y temporales, y en el hipocampo, región septal media, amígdala, hipotálamo, tálamo lateral ventral posterior todos estos del lado derecho, y núcleo caudado izquierdo. Se encontraron que durante el periodo de estimulación sexual aparecieron ondas delta en la región septal asociadas con husos de gran amplitud en la amígdala y en el tálamo, en la etapa

preorgásmica la actividad septal se hizo parecida a descargas epileptiformes, caracterizadas por complejos de espigas y ondas lentas en una frecuencia de 1.5 a 2 por segundo. Casi después del orgasmo se intensificó la actividad delta en la amígdala y en el núcleo caudado. Durante el orgasmo la actividad del septum y del tálamo se convirtieron en espigas y ondas lentas, con frecuencias rápidas superpuestas.

Otros han registrado la actividad del EEG durante la estimulación manual (Cohen, Rosen & Goldstein, 1976) encontrando un incremento significativo en la amplitud del EEG registrado en el hemisferio derecho con relación al registrado en el hemisferio izquierdo, se encontró un patrón de 10Hz en el hemisferio izquierdo contra uno de 4 Hz de muy alta amplitud en el hemisferio derecho, mediante el análisis visual. Graber et al. (1985) estudiaron la actividad del EEG sobre los 4 lóbulos cerebrales en hombres jóvenes durante la masturbación y eyaculación sin encontrar cambios significativos en los valores de las potencias relativas ni absolutas.

Existen 3 trabajos, los cuales, mediante el registro de la actividad del EEG, han tratado de determinar los cambios en la funcionalidad cerebral en relación a la activación sexual generada por la observación de estímulos visuales eróticos (Tabla 2).

Tabla 2. Estudios de EEG sobre el efecto de imágenes eróticas sobre la actividad eléctrica cerebral.

AUTORES	EVALUACIONES	ESTÍMULOS USADOS	RESULTADOS
Cohen et al., 1985	Asimetría hemisférica y tumescencia peneana ante estímulos eróticos. EEG en T3, T4 , O1 y O2,	Videos con estímulos eróticos y neutros visuales y auditivos	Mayor activación temporal derecha ante estímulos eróticos en sujetos sanos.
Dimpfel, Wedekind & Keplinger, 2003	Diferencias de género en actividad eléctrica ante estímulos visuales. Temporal, frontal y central	Videos de Disney, animales, comedia, eróticos y escenas de sexo	Decremento en la potencia alfa y beta en T6 ante estímulos eróticos. Diferencia en zonas temporales entre hombres y mujeres.

Simons et al., 2003	Cambios en la potencia relativa de alfa, mediante EEG en zonas Fz, Cz y Pz.	60 imágenes de películas y programas de TV y fotos del IAPS	Activación cortical relacionada con activación emocional subjetivo mediante una reducción en la potencia de alfa en áreas parietales.
------------------------	---	--	---

Existen estudios que muestran evidencia clínica y experimental sugiriendo que el hemisferio izquierdo está participando preferentemente en el procesamiento del lenguaje, así como en tareas que requieren de un análisis matemático, mientras que el hemisferio derecho está involucrado en relaciones espaciales y tareas que requieren síntesis (Milner, 1971; Gutiérrez & Corsi-Cabrera, 1988).

De manera particular algunos estudios en torno a la asimetría del EEG durante el procesamiento cognitivo, se enfocan en la prueba de categorización de cartas llamada "Wisconsin Card Sorting Test" (WCST), que es una prueba considerada como sensible para detectar daño frontal. Aunque se han presentado controversias al respecto. Esta prueba evalúa la habilidad de enfrentar las interferencias de memorias inoportunas y también prueba la habilidad de planear acciones en un futuro cercano (Fuster, 1999). Se ha concluido que para llevar a cabo estas funciones durante el WCST, la corteza prefrontal anterior y posterior son necesarias. Estudios de imagenología funcional así como de EEG, revelan la activación prefrontal asimétrica durante la ejecución del WCST (Barceló, 1999).

Al respecto, Cicek y Nalcaci (2001) en un estudio con 8 mujeres y 8 hombres sanos evaluaron la asimetría interhemisférica en la potencia alfa del EEG durante la ejecución del WCST, y encontraron una mayor potencia alfa durante el reposo, lo cual se correlacionaba altamente con una mejor ejecución en el WCST; y una potencia alfa frontal izquierda menor durante el WCST correlacionada significativamente con una mejor ejecución durante el WCST.

En otro estudio, se compararon a los buenos ejecutantes (si cumplían 6 categorizaciones) contra los malos ejecutantes (si no cumplían las 6 secuencias de categorización) en la prueba del WCST, participaron 30 estudiantes (9 hombres y 21 mujeres) entre 18 y 23 años, se evaluó la coherencia relacionada con eventos ante una versión computarizada del WCST, y se encontró que los malos ejecutantes mostraban

menores niveles de coherencia relacionada con eventos en áreas frontales derechas (en las bandas alfa, beta1 y beta 2) y no encontraron diferencias en la coherencia relacionada con eventos en áreas parietales. Lo que implica que zonas prefrontales derechas están mayormente implicadas en las funciones ejecutivas incluidas en el WCST (Carrillo-de la Peña & García-Larrea, 2007).

Además del WCST otros estudios han evaluado la funcionalidad cortical utilizando otro tipo de tareas cognitivas. Por ejemplo: Babiloni et al. (2004) registraron el EEG en 14 sujetos sanos en zonas frontales y parietales ante dos tareas de memoria a corto plazo. Se encontró que ante las tareas de memoria a corto plazo se caracterizaban por un incremento en la coherencia de altas frecuencias (beta y gamma, 14 a 45 Hz) fronto-parietal izquierdo y derecho y se concluyó que áreas prefrontales y parietales posteriores juegan un papel importante en el mantenimiento de la “memoria representacional”.

Recientemente, una revisión de Pessoa y Engelmann (2010) describen las bases neurales de la interacción entre motivación y cognición sugiriendo diversos modelos de comunicación entre las redes neurales relevantes en cada uno de estos procesos. Dado que hemos estado hablando tanto de la motivación como de la excitación sexual, es relevante discutir la posibilidad de que la motivación sexual y un estado de excitación sexual puedan afectar o incrementar los procesos de control perceptual y ejecutivo. Pessoa y Engelmann proponen 3 modelos 1) Paralela; la función cognitiva y motivacional actúan en paralelo, donde dicha información se conjuga en la corteza del cíngulo anterior, quien funge como conector múltiple de otras áreas; 2) Mediadora; se promedian las interacciones entre motivación y procesos cognitivos permitiendo la comunicación entre sí; y 3) Integradora; donde están presentes sistemas de neuromodulación difusos que relevan y retroalimentan información entre señales motivacionales a la corteza y señales atencionales o cognoscitivas. Algunos estudios en esta revisión sugieren que los mecanismos motivacionales y cognitivos pudieran ser parcialmente dissociables en algunos de sus componentes, aunque es posible que siempre exista un efecto de uno sobre el otro y viceversa debido a que interactúan vía múltiples sustratos neurales compartidos que regulan la conducta del sujeto.

De manera particular, no se han encontrado estudios que exploren el acoplamiento cortical ante el funcionamiento ejecutivo presente durante la resolución de la tarea torres de Hanoi en sujetos sanos, únicamente existen trabajos de tesis, tales como Rizo-Martínez et al., 2009, en el cual se describe la funcionalidad prefrontal y parietal ante la realización de dicha prueba donde encontraron que la correlación del EEG es mayor en los sujetos de mayor edad comparado con los de menor edad, y que la eficiencia en terminar dicha tarea aumenta conforme aumenta la edad.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En varios estudios ha sido descrito que los estímulos visuales con contenido sexual generan un estado de activación sexual (arousal sexual) en humanos, el cual ha sido considerado como una experiencia multidimensional generada por estímulos externos y/o factores endógenos, donde áreas críticas del cerebro juegan un papel importante en la experiencia del deseo sexual y en la inhibición o facilitación de la subsecuente acción.

El proceso de “activación sexual”, es un término difícil de definir, sin embargo, se considera como un estado de sobreactivación general asociado a cambios fisiológicos y autonómicos, así como a la activación de diversos sistemas de neurotransmisión cerebral. Se ha mostrado que la activación sexual generada por la observación de estímulos visuales eróticos se asocia con una alta activación de la corteza prefrontal, la cual, se sabe, está implicada en el procesamiento de estímulos visuales y en la asignación de valor-incentivo a cada estímulo. La corteza prefrontal, gracias a la amplia conectividad que tiene con otras áreas corticales y subcorticales, juega también un papel muy importante en los procesos cognoscitivos y por tanto, en la adecuada manifestación de las funciones ejecutivas.

Una de las pruebas neuropsicológicas que más ampliamente ha sido utilizada para evaluar las funciones cognoscitivas y ejecutivas es las Torres de Hanoi, un juego matemático que, se sabe, requiere para su eficiente ejecución del adecuado funcionamiento prefrontal. Ya que se ha mostrado que la activación prefrontal asociada a la observación de estímulos visuales eróticos, ya sean fijos (fotos) o en movimiento (videos) prevalece por varios segundos más después de que se suspendió el estímulo visual, resulta interesante caracterizar el grado de acoplamiento funcional entre las cortezas prefrontal, parietal y temporal durante la estimulación visual erótica y si ésta afecta la eficacia para la resolución de las Torres de Hanoi, así como el grado de acoplamiento funcional durante la ejecución de Hanoi en hombres jóvenes.

4. OBJETIVOS

4.1. *Objetivo General*

- Determinar el efecto de la estimulación visual erótica sobre la correlación electroencefalográfica prefrontal, prefronto-parietal y prefronto-temporal, así como sobre la ejecución de Torres de Hanoi, en hombres jóvenes.

4.2. *Objetivos Específicos*

- Caracterizar los efectos de la estimulación visual erótica sobre la correlación interhemisférica entre zonas prefrontales.
- Caracterizar los efectos de la estimulación visual erótica sobre la correlación intrahemisférica entre zonas prefronto-parietales y prefronto-temporales.
- Caracterizar los efectos de la estimulación visual erótica sobre la correlación interhemisférica entre zonas prefrontales durante la ejecución de Torres de Hanoi.
- Caracterizar los efectos de la estimulación visual erótica sobre la correlación intrahemisférica entre zonas prefronto-parietales y prefronto-temporales durante la ejecución de Torres de Hanoi.
- Determinar el efecto de la estimulación visual erótica sobre la ejecución de Torres de Hanoi.

5. Hipótesis

5.1. *Hipótesis General*

- ❖ La estimulación visual erótica afectará la correlación interhemisférica entre zonas prefrontales, así como la intrahemisférica prefronto-parietal y prefronto-temporal, durante la estimulación visual y durante la ejecución de la tarea de Torres de Hanoi.

5.2. *Hipótesis Específicas*

- ❖ La correlación interhemisférica prefrontal será la misma antes y durante la estimulación visual erótica.
- ❖ La correlación intrahemisférica, prefronto-parietal y prefronto-temporal, se verá disminuida durante la estimulación visual erótica.

- ❖ La correlación interhemisférica prefrontal durante la ejecución de la tarea de Torres de Hanoi se verá incrementada por la estimulación visual erótica.
- ❖ La correlación intrahemisférica, prefronto-parietal y prefronto-temporal, durante la ejecución de la tarea de Torres de Hanoi se verá disminuida por la estimulación visual erótica.
- ❖ La ejecución de la tarea Torres de Hanoi, inmediatamente después de la estimulación visual erótica, se verá disminuida.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Sujetos

Participaron 45 hombres jóvenes voluntarios sanos, heterosexuales, con nivel de estudios de licenciatura al menos iniciada, diestros, con edades entre 25 y 35 años que fueron divididos en 3 grupos; a uno de los cuales se le presentó un estímulo visual neutro (un sujeto caminando dentro de una multitud tomado de la película “The Long Shadow” 1992, de Vilmos Zsigmond), a otro grupo se le presentó un estímulo visual agresivo (escenas de mutilación y lesiones físicas de la película “Hostal” 2005 de Eli Roth) y al tercero se le presentó un estímulo visual erótico (escenas eróticas de interacción sexual explícita de la película “The Catwoman” 1988 de John Leslie).

	Adultos (25 a 35 años)
Video Neutro	<i>Grupo Neutro Control 1</i> <i>N=15</i>
Video Agresivo	<i>Grupo Agresivo Control 2</i> <i>N=15</i>
Video Erótico	<i>Grupo Erótico Experimental</i> <i>N=15</i>
Total de participantes	<i>N= 45</i>

Se incluyó el grupo agresivo como un segundo control, con la finalidad de corroborar si el efecto de la estimulación erótica es específico del contenido erótico y no de una activación general ocasionada por la estimulación agresiva. Dado que se ha considerado que una estimulación visual erótica tiene una valencia positiva, es correcto

incluir un tipo de estimulación visual agresiva que genere un estado de activación general y tenga una valencia negativa.

Se obtuvo de todos los sujetos su consentimiento por escrito (formato en anexo) y dichas normas de aplicación se consideraron dentro de la Declaración de Helsinki y bajo la aprobación del comité de ética del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara.

Criterios de inclusión:

Todos los voluntarios fueron hombres, de nacionalidad mexicana, de una edad entre 25 y 35 años de edad, diestros, heterosexuales, con al menos la licenciatura iniciada. No ser estudiantes o licenciados en psicología e ingeniería, asimismo no tener algún tipo de enfermedad psiquiátrica o psicológica, y que no consuman drogas o medicamentos prescritos o tengan antecedentes médicos relevantes. Todos los pertenecientes a la muestra debían terminar la prueba de Torres de Hanoi en tiempo menor a los 7min límite, para asegurar que no existía ningún problema en las funciones ejecutivas de planeación y organización en general.

PRUEBAS PSICOMÉTRICAS APLICADAS

- a) Escala Arizona de Experiencia Sexual (ASEX) (McGahuey, et al., 2000): donde se obtienen rangos de calificación mínimo de 5 y máximo de 30 puntos. El sujeto que tenga menor cantidad de puntos (entre 5 y 10) se considera que tiene alto impulso sexual, si tiene entre 10 y 20 tiene impulso sexual medio, y si el sujeto tiene mayoría de puntos (de 20 a 30) se considera con bajo impulso sexual. Esta escala ha sido ampliamente utilizada en estudios sobre terapia con antidepresivos, para disfunciones sexuales (Piazza, 1997; Ferguson, 2001; Masand et al., 2001; Clayton, 2005; Mathias, 2006; Rajnish & Balwant, 2008).
- b) Escala de rangos homosexual-heterosexual de Kinsey, Pomeroy & Martin (1948); un individuo "heterosexual" será clasificado como aquel que caiga dentro del "0" o "1" en la escala de rangos homosexual-heterosexual de Kinsey (Kinsey, et al., 1948). Esta escala se ha utilizado en diversos estudios para evaluar el grado de homosexualidad o heterosexualidad en diferentes poblaciones y ante diferentes

condiciones como ante estímulos visuales (Pillard & Bailey, 1998; Rieger, Chiever & Bailey, 2005; Paul, et al., 2007; Keppel & Hamilton, 2007).

c) Escala SAM (Self-Assessment Manikin) (Bradley & Lang, 1994) la cual consiste en una serie de 5 dibujos en escala gradual de 9 opciones de respuesta, que consiste en la evaluación de 2 niveles (valencia y activación)

1) VALENCIA: considerando los estímulos como “desagradables” aquellos que califiquen entre 1 y 3, entre 4 y 6 como un estímulo “neutro”, y entre 7 y 9 como “agradable” (Figura 18).

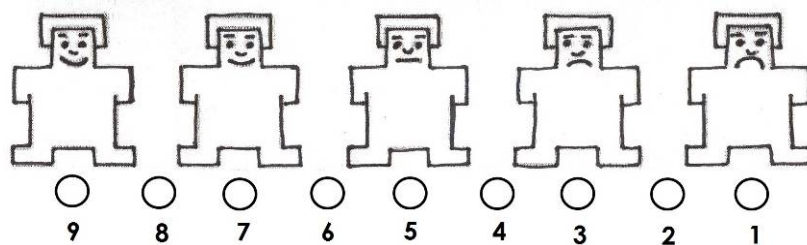


Figura 18. Escala de medición de valencia ante estímulos emocionales (9= agrado o placentero hasta 1= desagrado o displacentero).

2) ACTIVACIÓN GENERAL, se consideran las calificaciones entre 1 a 5 como “no activado” y de 6 a 9 como “activado” (Figura 19).

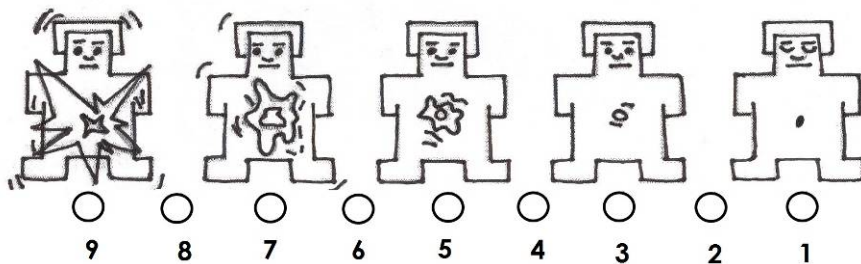


Figura 19. Escala de medición de activación general ante estímulos emocionales (9= altamente activado o exaltado hasta 1= nada activado o calmado).

Esta escala ha sido utilizada para validar diferentes tipos de estímulos visuales en investigación sobre emociones, atención a programas televisivos, comparaciones entre percepción afectiva en adolescentes y adultos, estudios de motivación y diferencias sexuales, entre muchos otros (Patrick & Lavoro, 1997;

Bradley, Codispoti, Sabatinelly & Lang, 2001; Simons et al., 2003; Stark, et al., 2005; León-Carrión, et al., 2006, 2007 y 2007b).

- d) Escala de Activación Sexual, la cual fue creada en el laboratorio, y consiste en una serie de 5 dibujos de penes en diferentes intensidades de erección, en escala gradual igual que la escala SAM, donde 1=sin erección, 9= muy alta erección (Figura 20).

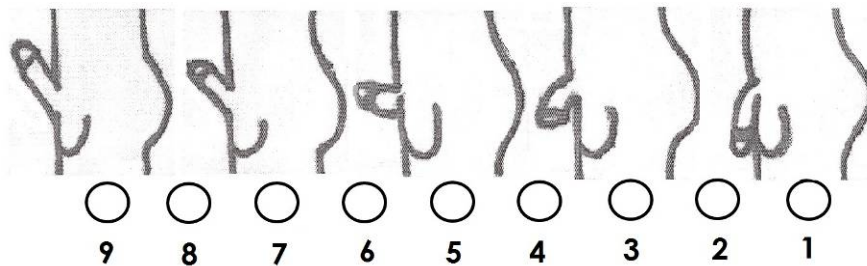


Figura 20. Escala de medición de activación sexual ante estímulos visuales (9= altamente excitado/ erecto hasta 1=nada excitado/erecto).

- e) Test de Depresión de Hamilton (Williams, 1988): Esta prueba consiste en 20 aseveraciones el tipo de respuestas en escala ordinal, con 2 o 3 opciones de respuesta en cada una en orden ascendente de valor, las cuales determinan un puntaje total, los cuales son considerados criterios de sintomatología de depresión, si el puntaje total es menor de 10 no se considera depresión, si es de 10 a 18 se considera depresión leve, si es entre 19 y 25 se considera depresión moderada, si es igual o mayor de 26 se considera depresión severa.

6.2. Registros

Se realizó el registro de la actividad eléctrica cerebral a los 45 sujetos voluntarios, aunado al registro del electrooculograma y electrocardiograma como medidas periféricas a la actividad central.

El electroencefalograma (EEG) se registró en las derivaciones: F3, F4, P3, P4, T3 y T4 de acuerdo con el Sistema Internacional 10-20 de colocación de electrodos (Jasper, 1958) (Figura 21), con orejas cortocircuitadas como referencia y un electrodo en la frente como la tierra, por medio de un polígrafo Grass (filtros de 1 a 60 Hz). Los

electrodos que se utilizaron fueron de tipo platillo con recubrimiento de chapa de oro. La impedancia de los electrodos fue menor de 10 Kohms. Las muestras tomadas fueron de 1024 puntos a una frecuencia de muestreo de 512 Hz. Se revisó el EEG fuera de línea para eliminar segmentos contaminados y posteriormente se obtuvieron los valores normalizados de la Correlación Interhemisférica (rTER) y de la Correlación Intrahemisférica (rTRA).

El electrooculograma (EOG) se registró mediante dos electrodos en los cantos externos de los ojos, con la finalidad de detectar artefactos en el registro del EEG.

El Electrocardiograma (EKG) se registró como medida periférica de activación fisiológica, se le colocó un electrodo de chapa de oro en la muñeca de la mano izquierda, con pasta electrolítica sujetado con algodón y cinta de microporo, el cual se conectó a un canal del polígrafo de registro marca Grass modelo 7; dicho electrodo fue referenciado a orejas cortocircuitadas, con filtros de 1hz a 30hz.

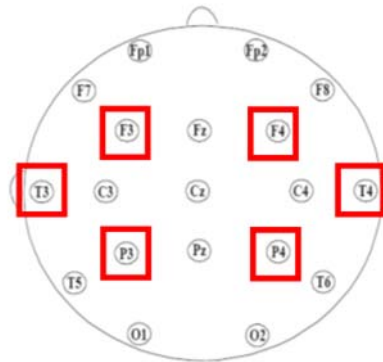


Figura 21. Imagen del sitio de colocación de electrodos.

6.3. Prueba de Torres de Hanoi

De manera general, la tarea de esta prueba consiste en lo siguiente: se tienen tres postes, en uno de ellos hay “n” discos de diferentes tamaños, organizados por tamaño, de manera que el mayor está debajo de los demás y así sucesivamente. El problema consiste en mover todos los discos a otro poste (el más lejano), pero con la condición de mover solo uno cada vez, los discos siempre tienen que estar en uno de los postes y nunca se puede colocar un disco mayor sobre uno menor.

La versión computarizada HANOIPC3 (Guevara, Rizo, Ruiz-Díaz, & Hernández-González, 2009) que se utilizó en este experimento consta de una computadora y un

mini teclado que se conecta a través de un puerto USB, el cual tiene 9 teclas: una fila de 3 teclas rojas (números 7, 8 y 9), otra fila de 3 teclas verdes (números 4, 5 y 6) y otra de 3 filas azules (números 1, 2 y 3), las cuales corresponden a los colores de los 3 discos que se utilizaron en la tarea y las posiciones de las teclas corresponderá a los tres postes de la prueba, pero se añadirá una regla más en este experimento: durante el movimiento de los discos no está permitido saltar postes intermedios, es decir, el movimiento de un disco debe ser de un poste al poste contiguo (la computadora irá marcando los errores de ejecución), por lo tanto el número mínimo de movimientos que se requieren para realizar la tarea será de 26 (mientras en la versión clásica el número mínimo de movimientos para realizar la prueba con tres discos es de 7).

Duración mínima de la prueba para que sea válida para el estudio: 3 minutos.
Tiempo límite de ejecución fue de 7 minutos.

a. Parámetros a medir en la prueba de Torres de Hanoi:

- Latencia del primer movimiento
- Tiempo total
- Movimientos correctos
- Total de movimientos

6.4. Procedimiento

Etapa Experimental

A todos los sujetos que se presenten como voluntarios, se les aplicaron los siguientes procedimientos: (ver Figura 18)

- a) Carta aceptación de participante voluntario
- b) Hoja de datos generales
- c) Escala Kinsey
- d) Escala Arizona
- e) Test de Hamilton de depresión
- f) Colocación de electrodos, EEG, EKG y EOG.
- g) Registro electroencefalográfico basal (5min)
- h) Reposo durante 5 min.
- i) Instrucciones: "Relájate y trata de sentirte lo más natural posible"

- j) Instrucciones de la tarea de Torres de Hanoi en la pantalla: sin decirle las reglas de la tarea, indicando que es un “juego de estrategia donde tendrá que deducir las reglas”.
- k) Registro electroencefalográfico durante la presentación de estímulos visuales (neutro o erótico) en grupos contrabalanceados durante 5 min.
- l) Registro electroencefalográfico durante la realización de la prueba computarizada de Torres de Hanoi, tiempo máximo de 7 min.
- m) Escala SAM, para la evaluación del estímulo visual en cuanto a valencia y activación general.
- n) Escala de Activación Sexual, creada en el laboratorio para la evaluación del estímulo visual en cuanto al grado de erección peneana.
- o) Cuestionario de Motivación sexual.

6.5. Registro electroencefalográfico.

Instrucciones previas al experimento.

Antes de que los sujetos acudan a la sesión experimental se les pidió abstenerse por 12 horas de bebidas que contengan alcohol o cafeína, de igual manera de refrescos que puedan contenerla o alimentos con mucha cantidad de azúcar. Además, se estandarizó que el día del registro todos los sujetos hayan comido, y descansado normalmente durante la noche anterior.

Cada uno de los sujetos fue citado a una sesión experimental, la cual se realizó contrabalanceando en la mañana entre las 9:00 y 11:00 y por la tarde entre las 17:00 y 19:00 hrs. Una vez que llegaba el participante voluntario a la primera sesión se tomaban sus datos generales, se le aplicaban las escalas de Arizona, Kinsey y Hamilton, y firmaba la carta de consentimiento. Cada sujeto fue asignado, aleatoriamente, a uno de los 3 grupos.

Grupos	Condición Basal	Condición Video	Condición Hanoi
Grupo Neutro	S1-S15	S1-S15	S1-S15
Grupo Agresivo	S16-S30	S16-S30	S16-S30
Grupo Erótico	S31-S45	S31-S45	S31-S45

Se les dieron las instrucciones correspondientes a la explicación del experimento, “cuando se presente el video relájate y trata de sentirte lo más natural posible”. Se le colocaron los electrodos de acuerdo al sistema internacional 10-20 en zonas frontales (F3 y F4), parietales (P3 y P4) y temporales (T3 y T4). Se colocaron, además, electrodos para registrar el EOG y el EKG, dos electrodos de referencia colocados en los lóbulos de las orejas cortocircuitados y uno de tierra colocado en la frente (Figura 21). La impedancia fue menor a 10 Kohms, con filtros de 1 a 60 Hz, para conseguir bandas desde delta hasta gamma. La frecuencia de muestreo fue de 512 Hz.

En seguida se les pasó al cuarto de registro aislado donde se sentaban cómodamente con ojos abiertos y permaneciendo solos en dicho lugar, con la puerta cerrada, durante el registro electroencefalográfico en periodo basal, durante el video y durante la ejecución de la prueba (el experimentador permaneció afuera del cuarto observando el registro electroencefalográfico en la computadora correspondiente y tomando el tiempo).

La captura de la señal de EEG se realizó mediante el programa CAPTUSEX generado en el laboratorio, especial para la captura de la señal durante las 3 condiciones. La revisión de la señal fuera de línea se realizó con el programa CHECASN basado en el programa CAPTUSEN (Guevara, et al, 2000) y el análisis de dichos datos se realizó con el programa EEGmagic (Guevara & Hernández-González, 2009). El registro se dividió en 3 condiciones (fases):

Condición 1 <i>Basal</i>		Condición 2 <i>Video</i>	Condición 3 <i>Hanoi</i>
<i>Sin estimulación visual</i>	Reposo	<i>Durante observación de estímulos visuales</i>	<i>Durante la ejecución de Torres de Hanoi</i>
5 MIN	5 MIN	5 MIN	7 MIN

CONDICIÓN 1. LINEA BASE. Se comenzó registrando cinco minutos del EEG previos a la observación del video correspondiente, como línea base, en la cual, se le indicó

permanecer con los ojos abiertos mirando a un punto fijo, no moverse y parpadear lo menos posible. Después se les dio cinco minutos de descanso (durante este tiempo se abrió la puerta para que se relajara el sujeto).

CONDICIÓN 2. ESTIMULACIÓN VISUAL. Se registró 5 minutos del EEG durante la observación de un video neutro, agresivo o erótico, según corresponda al grupo.

CONDICIÓN 3. PRUEBA TORRES DE HANOI. Inmediatamente después (sin descanso) se procedió con la aplicación de la prueba de Torres de Hanoi en una versión computarizada, en donde también se les pedirá no moverse y parpadear lo menos posible. Las instrucciones para la tarea estaban de manera escrita en la computadora antes de iniciar la presentación de los estímulos visuales, para cuando inició la prueba de Torres de Hanoi, el sujeto ya había comprendido el manejo del teclado y la meta de la tarea a ejecutar. La duración de la tarea de Torres de Hanoi fue de máximo 7 minutos. Al terminar la tarea se le indicó al sujeto que podía salir y abrir la puerta del cuarto, para inmediatamente aplicarle la escala SAM y de Activación Sexual así como también el cuestionario (preguntando al sujeto como se sintió, si tuvo dudas al momento de realizar la prueba y se le dieron las explicaciones correspondientes a lo observado en su registro). Se le quitaron los electrodos y se les dio las gracias por haber participado. Cada sesión experimental tuvo una duración total de aproximadamente 90 minutos (ver Figura 22).

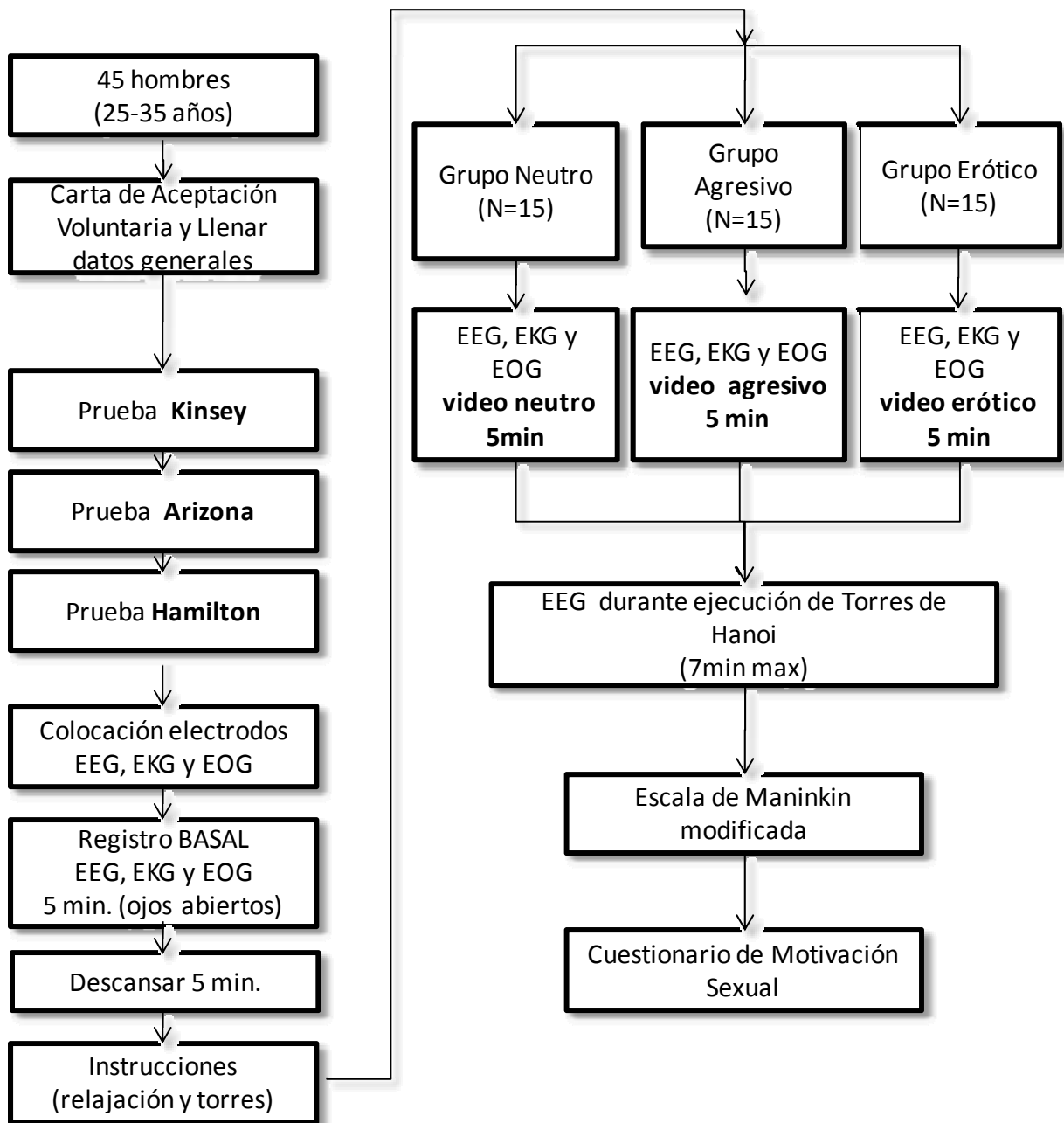


Figura 22. Diagrama de Flujo del diseño experimental.

6.6. Variables

Variables Dependientes.- Parámetros del EEG: correlación inter (prefrontal) e intrahemisférica (prefronto-parietal, prefronto-temporal), así como parámetros propios de la ejecución de Torres de Hanoi (latencia de inicio, tiempo total, número de movimientos y movimientos correctos).

Variables Independientes.- Tipo de estimulación visual (erótico / agresivo / neutro), y la condición (estimulación visual / Torres de Hanoi).

6.7. Análisis Estadístico

ANALISIS DEL EEG

Los registros del EEG fueron revisados fuera de línea a fin de eliminar posibles artefactos. Posteriormente, por medio de un análisis de la transformada rápida de Fourier para cada banda tradicional del EEG: delta (1.5 -3.5 Hz), theta (4 -7.5Hz), alfa1 (8- 9.5 Hz), alfa2 (10-12.5 Hz), beta1 (13-17.5 Hz) y beta2 (18-25 Hz), gamma (31-50 Hz), se obtendrá la correlación Interhemisférica entre zonas homólogas de ambos hemisferios (F3-F4, P3-P4, T3-T4) y la correlación Intrahemisférica (F3-P3, F4-P4, F3-T3 y F4-T4), en las comparaciones por grupo y por condición.

En cada grupo, a las condiciones de Video y Hanoi se les restó la condición Basal; debido a que es una condición de reposo donde aún no hay diferencia entre los grupos. Por lo que por condición se tienen dos grupos (Video y Hanoi) con la diferencia respecto de la basal.

Para el análisis del EEG se seleccionaron 60 segmentos de 1 seg cada uno, de acuerdo a la condición de registro. En la condición BASAL se tomaron 60 segmentos iniciales de los primeros minutos de registro sin ruido ni movimiento ocular o muscular. En la condición de VIDEO se tomaron 60 segmentos de los últimos 2.5 min de la segunda mitad del video sin ruido ni movimiento ocular o muscular, dado que los videos tenían una condición emocional presentada en forma gradual, el agresivo y erótico presentaban acciones más violentas, en el agresivo y en el erótico se mostraban los genitales y la penetración, todo esto, en la segunda mitad del video. En la condición de HANOI: se tomaron 60 segmentos de la misma manera, sin ruido ni movimiento ocular

o muscular, de la primera mitad del registro (primeros 3min), con la finalidad de ver el efecto inmediato de los estímulos visuales sobre los primeros momentos del procesamiento cognoscitivo.

Análisis inter hemisférico (F3-F4, P3-P4, T3-T4): ANOVA de 2 vías: 3 (neutro, agresivo y erótico) X 2 (Video –Basal, y Hanoi- Basal), para cada variable dependiente del EEG (bandas).

CONDICIÓN/ GRUPO	ESTIMULACIÓN VISUAL-LINEA BASE	TORRES DE HANOI- LINEA BASE
	FRONTAL, PARIETAL, TEMPORAL	FRONTAL, PARIETAL, TEMPORAL
Grupo Neutro	S1-S15	S1-S15
Grupo Agresivo	S16-S30	S16-S30
Grupo Erótico	S31-S45	S31-S45

Análisis intra hemisférico (F3-P3, F4-P4, F3-T3, F4-T4): ANOVA de 3 vías. 3 (grupos) X 2 (condiciones) X 2 (Hemisferios).

GRUPO	ESTIMULACIÓN VISUAL-BASAL		TORRES DE HANOI- BASAL	
	F-P y F-T DERECHO	F-P y F-T IZQUIERDO	F-P y F-T DERECHO	F-P y F-T IZQUIERDO
Grupo Neutro	S1-S15	S1-S15	S1-S15	S1-S15
Grupo Agresivo	S16-S30	S16-S30	S16-S30	S16-S30
Grupo Erótico	S31-S45	S31-S45	S31-S45	S31-S45

ANÁLISIS CONDUCTUAL

Ejecución de Torres de Hanoi: comparación por grupo, de grupo neutro, grupo agresivo y grupo erótico mediante ANOVA de una vía en cuanto a los parámetros latencia de inicio, tiempo total, movimientos correctos y total de movimientos.

Posteriormente, con las interacciones significativas encontradas en el análisis de varianza, se realizarán pruebas de Tukey *post hoc* con un nivel de significancia de $p < 0.05$ para conocer el efecto entre las diferentes variables analizadas.

Estos análisis se realizarán mediante el programa EEGmagic (Guevara & Hernández-González, 2009)

7. RESULTADOS

Se realizaron las evaluaciones correspondientes a 45 participantes, los cuales cumplieron al 100% con los criterios de inclusión.

Los participantes fueron 45 hombres, diestros, sanos, heterosexuales, con un promedio de edad de 29.8 (± 0.45) años, con mínimo 13 años de estudios, con licenciatura al menos iniciada y de los cuales, el 100% terminaron la prueba de las Torres de Hanoi antes de los 7 minutos dados como tiempo límite.

Cada uno de los grupos: neutro, agresivo y erótico estuvieron constituidos por 15 sujetos

7.1. Resultados de las escalas psicológicas aplicadas previas al experimento.

Se aplicaron 3 escalas para determinar los criterios de inclusión y tener una muestra homogénea.

En la escala de rangos homosexual-heterosexual de Kinsey, el promedio obtenido de los participantes fue 0 = exclusivamente heterosexual (sólo tres sujetos contestaron 1 = predominantemente heterosexual), demostrando que todos los sujetos participantes tienen una orientación sexual heterosexual.

En la escala de Arizona la cual evalúa el nivel del deseo o impulso sexual del participante, la mayoría de sujetos obtuvieron un puntaje de 10.9 (± 0.27 EE) lo que indica un impulso sexual alto ya que el mínimo puntaje posible es 5 (indicando un alto nivel de excitación) y el máximo es 30 (indicando un mínimo nivel de excitación).

En el test de depresión de Hamilton, el cual evalúa los niveles de depresión y ansiedad que puede presentar un sujeto, en promedio obtuvieron un puntaje de 5.35 (± 0.81 EE); un puntaje menor de 10 en esta escala indica que no se tienen síntomas de depresión o ansiedad.

Los resultados mostraron que todos los sujetos incluidos en la muestra cumplieron los criterios de inclusión a la muestra, esto, con la finalidad de tener un control de la variabilidad debida a las diferencias individuales de cada sujeto (Tabla 3).

Tabla 3. Media y Error estándar de los resultados obtenidos por grupo en las escalas aplicadas como criterios de inclusión

Escalas	Grupos	Media	Error Estándar
KINSEY	NEUTRO	0.13	0.09
	AGRESIVO	0.13	0.09
	ERÓTICO	0.13	0.09
ARIZONA	NEUTRO	11.13	0.42
	AGRESIVO	10.8	0.49
	ERÓTICO	10.8	0.52
HAMILTON	NEUTRO	4.33	1.05
	AGRESIVO	6.6	1.64
	ERÓTICO	5.13	1.52

7.2. Resultados de la evaluación subjetiva de los estímulos visuales.

En cuanto a los resultados obtenidos de la valoración subjetiva de los estímulos con la escala SAM y SAS, se tuvo una N total de 45 sujetos, se encontró lo siguiente:

En la aplicación de la escala SAM (Bradley & Lang, 1994) y la escala de Activación Sexual, donde se buscó conocer el impacto que tuvieron los estímulos visuales aplicados.

Se realizó un análisis de varianza para encontrar las diferencias significativas en la escala de SAM entre la valoración de los 3 estímulos visuales, encontrando una diferencia estadísticamente significativa entre los 3 estímulos presentados en cuanto a la Valencia (agrado /desagrado) con una $F=13.22$ ($p \leq 0.001$) y en cuanto al nivel de Activación general se encontró una diferencia estadísticamente significativa con una $F=10.60$ ($p \leq 0.001$).

Se realizó un análisis post hoc para conocer las diferencias entre los grupos, mediante una prueba de Tukey, donde se encontraron los siguientes resultados:

En cuanto a la valoración del estímulo con la escala de SAM, respecto al nivel de valencia, se encontró que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el

video erótico (7.2 ± 1.42) vs. Neutro (5.7 ± 3.01) y Agresivo (3.26 ± 1.53) con una $p \leq 0.05$, el erótico mostró valores mayores en cuanto a valencia indicando mayores niveles de agrado y placer, en comparación con el neutro y el agresivo (Figura 23).

Lo anterior, sugiere que el video erótico tiene una valencia positiva en comparación con el video agresivo que presenta una valencia más negativa. Y esto pudiera apoyar a los resultados posibles del EEG en especificar la diferencia entre el impacto de estímulos con valencia diferente.

En cuanto a la medición de la activación general en la escala de SAM, se encontraron diferencias estadísticamente significativas $p \leq 0.01$ en cuanto a la comparación post hoc con la prueba de Tukey entre el video neutro (1.93 ± 1.33) vs. erótico (5.4 ± 2.58) y agresivo (3.8 ± 2.07), los cuales sí presentan niveles más elevados de activación en comparación con el estímulo neutro, no encontrándose diferencia entre la activación de los videos erótico y agresivo. Estos resultados sugieren que ambos videos, erótico y agresivo, cumplieron el objetivo de generar una activación generalizada a diferencia del video neutro (Figura 23).

En cuanto al análisis de los resultados de la escala de Activación Sexual (SAS) que indica el grado de erección peneana que reportaron los participantes ante los tres diferentes estímulos visuales presentados, se encontró una diferencia entre los 3 grupos con una $F = 25.55$ ($p \leq 0.001$). En las comparaciones post hoc con la prueba de Tukey, en la escala de Activación Sexual, se encontró una diferencia significativa con $p \leq 0.01$, entre el grupo erótico (4.33 ± 2.55) vs. neutro (1 ± 0) y el agresivo (1 ± 0). Los participantes refirieron tener un grado medio de erección peneana (excitación o activación sexual) ante el estímulo erótico, no siendo así en el estímulo neutro o agresivo ya que ninguno refirió algún nivel de excitación (Figura 23).

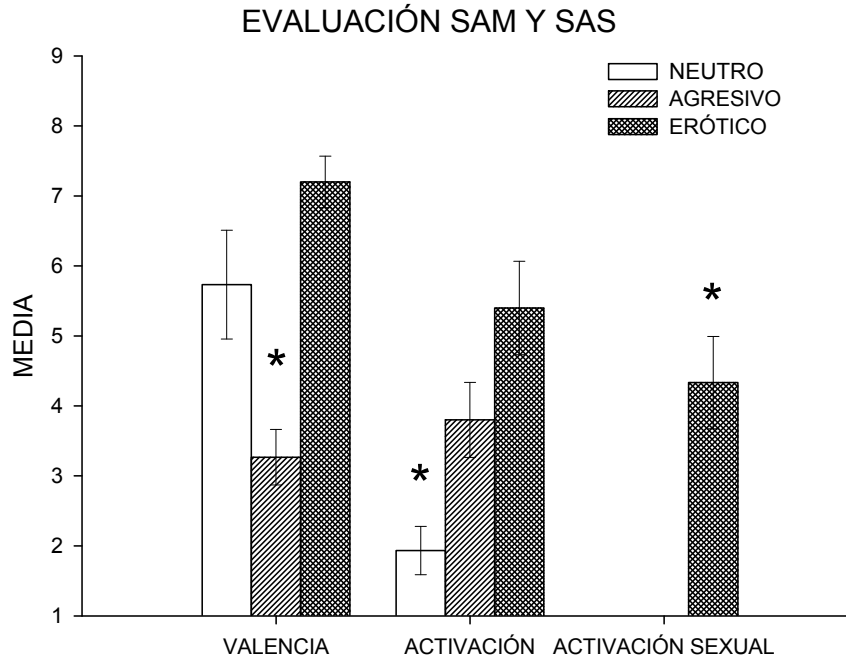


Figura 23. Medias \pm EE de la valoración de la Valencia, Activación y Activación Sexual inducida por los estímulos visuales. Diferencia significativa $*\leq p 0.01$ del grupo erótico contra sus controles, mediante una prueba Tukey de la comparación entre los 3 grupos.

Estos resultados comprueban que los estímulos utilizados tuvieron un efecto diferente entre sí. El estímulo agresivo generó un grado de activación general negativa mientras que el neutro no generó ningún grado de activación general ni activación sexual. La observación del estímulo erótico en el grupo experimental se asoció con una activación sexual aunque moderada de valencia positiva, lo cual nos permitió evaluar sus efectos sobre la ejecución de la tarea cognoscitiva (Torre de Hanoi).

7.3. Resultados de activación medidos a través del electrocardiograma

En cuanto a la medición de la frecuencia cardiaca en cada condición de los 3 diferentes grupos, se encontró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las 3 condiciones ni entre los 3 grupos. Se observa una tendencia en el grupo erótico ($75.44 \pm 2.43EE$) de tener una mayor frecuencia cardiaca durante la observación del estímulo (video) comparado con el grupo neutro ($70.25 \pm 2.36EE$) y agresivo ($70.18 \pm 2.17EE$). Sin presentar cambios ni tendencias en la condición de basal ni durante Hanoi (Figura 24).

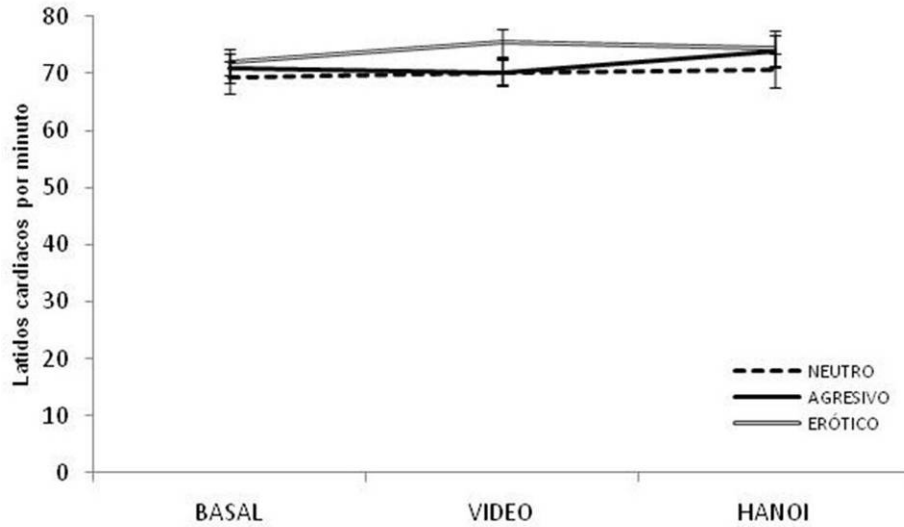


Figura 24. Medias \pm EE de la frecuencia cardiaca durante la condición basal, durante la estimulación visual y durante la ejecución de la prueba Torres de Hanoi entre los 3 grupos.

En la gráfica anterior, podemos observar que los rangos de frecuencia cardiaca (evaluados a través de la frecuencia de latidos cardiacos por minuto de los 45 voluntarios) fluctúan de manera muy similar sin responder fuertemente a la estimulación erótica.

En este parámetro de evaluación de respuesta autónoma frente a la activación sexual se puede observar que la medición específica de los latidos cardiacos por minuto es un índice confiable, sin embargo es posible tener diversos parámetros de análisis con respecto a los componentes del electrocardiograma que pudieran dar mayor información al respecto.

7.4. Resultados conductuales de la prueba de Torres de Hanoi.

De la muestra de N=45 sujetos, cabe señalar que todos los sujetos terminaron la tarea antes de los 7 minutos de tiempo límite.

Se realizó un análisis de varianza incluyendo a toda la muestra, y se analizaron los parámetros de tiempo total, latencias de inicio, total de movimientos y movimientos correctos (Tabla 4).

Tabla 4. Media y error estándar de los parámetros evaluados en la prueba de Torres de Hanoi en los tres grupos.

	Grupos	Media	Error	F	Sig.
LATENCIA DEL PRIMER MOVIMIENTO (seg)	NEUTRO	5.53	0.49	0.56	0.57
	AGRESIVO	4.5	0.69		
	ERÓTICO	5.71	1.25		
TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN (seg)	NEUTRO	245.10	23.97	0.03	0.97
	AGRESIVO	253.42	22.36		
	ERÓTICO	250.9	27.27		
TOTAL MOVIMIENTOS	NEUTRO	81.26	7.69	0.26	0.76
	AGRESIVO	90.53	12.50		
	ERÓTICO	82.6	8.31		
MOVIMIENTOS CORRECTOS	NEUTRO	44.93	3.64	0.21	0.80
	AGRESIVO	48.8	7.13		
	ERÓTICO	44.4	4.03		

En las comparaciones post hoc no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en dichos parámetros evaluados de los 3 grupos. Lo anterior refleja que los estímulos visuales con diferente contenido de activación general o sexual no afectaron la ejecución y solución eficiente de la tarea de torres de Hanoi.

7.5. Resultados Electroencefalográficos

En cuanto a los resultados electroencefalográficos, se consideraron tres zonas corticales como zonas de interés, debido a su participación en el proceso de activación y motivación sexual, dichas zonas Frontales, Parietales y Temporales fueron analizadas en cuanto a sus valores de correlación interhemisféricas e intrahemisféricas, comparándose mediante un análisis de varianza entre grupos (Neutro, Agresivo y Erótico) y entre condiciones (Video y Hanoi) en todas las bandas de interés (delta, theta, alfa1, alfa2, beta1, beta2 y gamma).

Después de tener segmentos “limpios” del EEG, es decir; libres de movimiento ocular, actividad electromiográfica o ruido eléctrico; se seleccionaron segmentos específicos del EEG en cada condición: 1) Basal; los primeros 60 segmentos de 1 seg, 2) Video; los últimos 60 segmentos de la segunda mitad (últimos 2.5min), 3) Hanoi; los primeros 60 segmentos de la primera mitad del registro (primeros 2.5min).

Posteriormente la condición Basal fue restada de las condiciones experimentales, por lo que en ambas se hablará de la diferencia entre video menos la condición Basal, y la diferencia entre la condición Hanoi menos la condición Basal, dejándonos así

únicamente dos condiciones: Video y Hanoi. Esto debido a que los tres grupos, en condición basal aun no estaban sometidos a ninguna manipulación experimental, haciendo de ellos un mismo grupo Basal.

El diseño experimental es un diseño mixto (parcelas divididas) de dos factores: considerando como Factor A los grupos independientes (Neutro, Agresivo y Erótico) y como Factor B a las condiciones (dependientes) de registro (Video y Hanoi).

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de dos factores A(3) X B(2). El factor A= Grupo (Neutro, Agresivo y Erótico) y el factor B= Condición (Video y Hanoi), comparando en todas las bandas electroencefalográficas de los tres grupos.

En cuanto a los resultados de la interacción de los factores AXB en el ANDEVA realizado se encontró que la rTER no presentó diferencia estadísticamente significativa en frontales ni temporales, encontrando diferencias significativas en la correlación Interparietal, en la banda beta1, con una $F(2,42)=3.56$, $p \leq 0.05$; y beta2, con una $F(2,42)=3.38$, $p \leq 0.05$ (tabla 5, 6 y 7).

Tabla 5. Valores de F y p del análisis de varianza de la comparación de Grupos (neutro, agresivo y erótico) X Condiciones (video y Hanoi), en la correlación Interhemisférica (rTER) por cada banda.

Correlación Interhemisférica (rTER)	Bandas	Valor de F	Valor de p	Significancia
FRONTAL F3-F4	δ	0.67	0.52283	NS
	θ	0.57	0.57322	NS
	$\alpha 1$	0.23	0.80121	NS
	$\alpha 2$	2.89	0.06539	NS
	$\beta 1$	0.55	0.58768	NS
	$\beta 2$	0.14	0.87362	NS
	γ	0.29	0.7569	NS
PARIETAL P3-P4	δ	0.52	0.60345	NS
	θ	0.07	0.93231	NS
	$\alpha 1$	1.31	0.27913	NS
	$\alpha 2$	0.33	0.72809	NS
	$\beta 1$	2.48	0.09408	NS
	$\beta 2$	3.7	0.03214	*
	γ	4.08	0.02346	*
TEMPORAL T3-T4	δ	0.71	0.50212	NS
	θ	0.48	0.62723	NS
	$\alpha 1$	1.02	0.3697	NS
	$\alpha 2$	1.09	0.34767	NS
	$\beta 1$	0.5	0.61675	NS
	$\beta 2$	0.9	0.58338	NS
	γ	1.57	0.21773	NS

Con respecto a la rTRA fronto-parietal y fronto-temporal derecha e izquierda, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las bandas.

Tabla 6. Valores de F y p del análisis de varianza de la comparación de Grupos (neutro, agresivo y erótico) X Condiciones (video y Hanoi), en la correlación Intrahemisférica (rTRA) izquierda por cada banda.

Correlación Intrahemisférica (rTRA) Izquierda	Bandas	Valor de F	Valor de p	Significancia
FRONTO-PARIETAL (F3-P3)	δ	0.74	0.51111	NS
	θ	0.51	0.60739	NS
	$\alpha 1$	0.45	0.64916	NS
	$\alpha 2$	0.48	0.63036	NS
	$\beta 1$	0.09	0.91685	NS
	$\beta 2$	1.39	0.26042	NS
	γ	0.48	0.62597	NS
FRONTO-TEMPORAL (F3-T3)	δ	1.6	0.21221	NS
	θ	0	0.99739	NS
	$\alpha 1$	0.76	0.52372	NS
	$\alpha 2$	0.24	0.78779	NS
	$\beta 1$	0.65	0.52949	NS
	$\beta 2$	0.79	0.5373	NS
	γ	0.6	0.55968	NS

Tabla 7. Valores de F y p del análisis de varianza de la comparación de Grupos (neutro, agresivo y erótico) X Condiciones (video y Hanoi), en la correlación Intrahemisférica (rTRA) derecha por cada banda.

Correlación Intrahemisférica (rTRA) Derecha	Bandas	Valor de F	Valor de p	Significancia
FRONTO-PARIETAL (F4-P4)	δ	1.39	0.25954	NS
	θ	0.24	0.79137	NS
	$\alpha 1$	0.08	0.92439	NS
	$\alpha 2$	0.36	0.70249	NS
	$\beta 1$	0.74	0.51413	NS
	$\beta 2$	0.81	0.54654	NS
	γ	0.09	0.9167	NS
FRONTO-TEMPORAL (F4-T4)	δ	0.53	0.59499	NS
	θ	0.46	0.63947	NS
	$\alpha 1$	0.05	0.95065	NS
	$\alpha 2$	0.41	0.67195	NS
	$\beta 1$	0.2	0.8206	NS
	$\beta 2$	2.58	0.0859	NS
	γ	2.42	0.09924	NS

7.5.1. Comparación por grupo (neutro, agresivo, erótico) en las condiciones de Estimulación Visual y Torres de Hanoi

a) Correlación Interhemisférica (rTER) Frontal, Parietal y Temporal

La rTER por grupo (factor A) no presentó diferencias entre los 3 grupos estadísticamente significativas en el ANDEVA de los valores transformados a Z de la correlación interhemisférica en las bandas de las siguientes zonas (Tabla 8). A continuación se muestran los valores de F de cada banda y con * se señalan las diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los grupos y con NS se muestra donde no hubo diferencias Significativas.

Tabla 8. Valores de F y p del análisis de varianza realizado comparando los grupos Neutro, Agresivo y Erótico, en las 3 zonas corticales por cada banda.

Correlación Interhemisférica (rTER)	Bandas	Valor de F	Valor de p	Significancia
FRONTAL F3-F4	δ	0.84	0.559	NS
	θ	0.22	0.80305	NS
	$\alpha 1$	0.36	0.70693	NS
	$\alpha 2$	0.35	0.71154	NS
	$\beta 1$	0.29	0.75372	NS
	$\beta 2$	0.6	0.55763	NS
	γ	1.73	0.18872	NS
PARIETAL P3-P4	δ	0.28	0.76328	NS
	θ	0.77	0.52647	NS
	$\alpha 1$	0.28	0.76395	NS
	$\alpha 2$	1.28	0.28868	NS
	$\beta 1$	0.69	0.51182	NS
	$\beta 2$	0.13	0.87964	NS
	γ	0.49	0.61894	NS
TEMPORAL T3-T4	δ	0.52	0.60468	NS
	θ	0.55	0.58602	NS
	$\alpha 1$	2	0.146	NS
	$\alpha 2$	2.98	0.06024	NS
	$\beta 1$	2.83	0.06865	NS
	$\beta 2$	0.81	0.54441	NS
	γ	0.19	0.82912	NS

Debido a que no se encontraron diferencias significancias en el ANDEVA de los 3 grupos en frontales, parietales y temporales, se realizó un análisis post hoc mediante la prueba de Duncan, para comparar las 3 zonas (frontal, parietal y temporal), en cada banda, en los 3 grupos, como análisis exploratorio.

En la Correlación Interfrontal se encontró que existe una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) entre el grupo erótico comparado con sus controles, mostrando una disminución en la correlación el grupo erótico durante la activación sexual en la banda gamma; en tanto que durante la ejecución de Hanoi se presentó una disminución en la banda de gamma y un aumento en la banda alfa 2 (Figura 25).

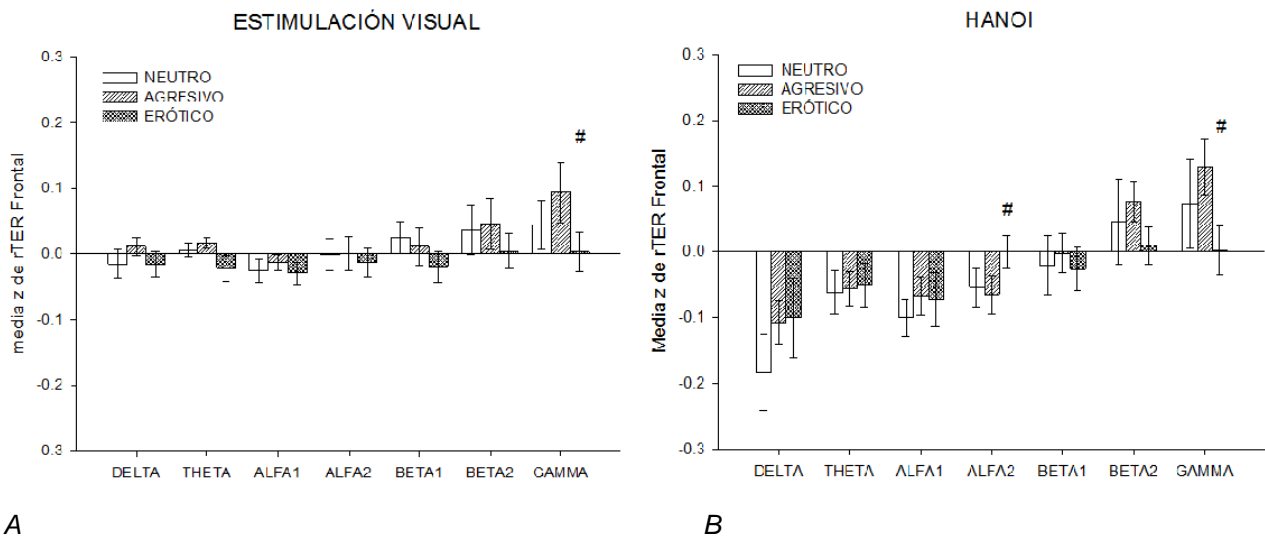


Figura 25. Medias \pm EE del valor de la rTER FRONTAL de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda. A) rTER Frontal durante el estímulo visual, B) rTER Frontal durante la ejecución de las Torres de Hanoi # $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo erótico vs. agresivo.

En la Correlación Interparietal se encontró que durante el estado de activación sexual, el grupo erótico presentó incrementos en la correlación con respecto al grupo agresivo en las bandas alfa2, beta1 y una disminución de la banda gamma con respecto al grupo neutro ($p \leq 0.05$). Durante la ejecución de la tarea de Hanoi no se encontraron cambios significativos en la correlación Interparietal entre los grupos (Figura 26).

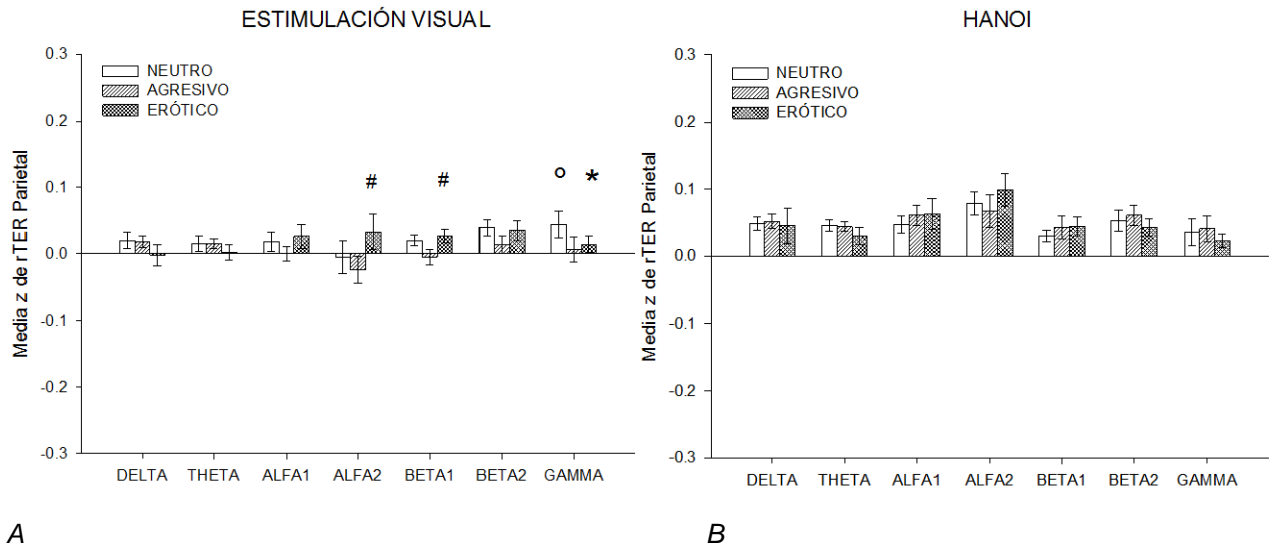


Figura 26. Medias \pm EE del valor de la rTER PARIETAL de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda. A) rTER Parietal durante el estímulo visual, B) rTER Parietal durante la ejecución de las Torres de Hanoi * $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo neutro vs. Erótico. # $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo agresivo vs. Erótico. ° $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo neutro vs. agresivo.

En la Correlación Intertemporal se encontró que, durante la exposición del estímulo visual, el grupo agresivo disminuyó en la correlación de la banda beta1 con respecto al grupo neutro. Por otro lado, la correlación Intertemporal durante la tarea de Hanoi del grupo erótico aumentó significativamente en alfa1 y en alfa 2 con respecto al grupo neutro y en alfa 1 también con respecto al grupo agresivo ($p \leq 0.05$) (Figura 27).

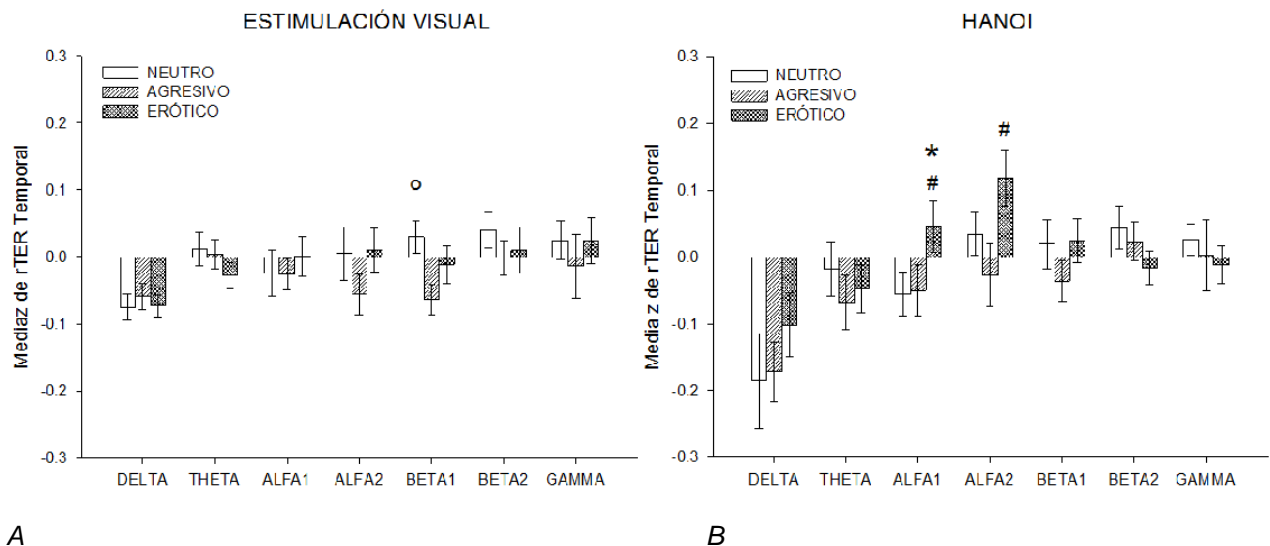


Figura 27. Medias \pm EE valor de larTER TEMPORAL de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda. A) rTER Temporal durante el estímulo visual, B) rTER Temporal durante la ejecución de las Torres de Hanoi * $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo neutro vs. Erótico. # $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo agresivo vs. Erótico.

Por lo tanto, se puede observar que sólo durante la estimulación visual erótica la rTER frontal y parietal del grupo erótico presentó un decremento de la correlación de gamma, y sólo la rTER parietal mostró un aumento de alfa2 y beta1.

Sin embargo, durante la ejecución de la tarea de Hanoi la rTER Frontal el grupo erótico presentó un aumento en la banda de alfa2 y la rTER temporal un aumento en la banda alfa1 y alfa2. Se muestran decrementos en la correlación rTER Frontal en la banda gamma del grupo erótico comparado con sus controles.

b) Correlación Intrahemisférica (rTRA) Izquierda Prefronto-Parietal y Prefronto-Temporal

En el ANDEVA de la rTRA izquierda realizado, donde se compararon los 3 grupos en ambas condiciones por todas las bandas, se encontró que no existió diferencia estadísticamente significativa entre los grupos en ninguna de las correlaciones de las bandas tanto fronto-parietal como fronto-temporal izquierda. A continuación se muestran los valores de F y p de cada banda y con * se señalan las diferencias significativas entre los grupos (Tabla 9).

Tabla 9. Valores de F y p del análisis de varianza realizado comparando los grupos Neutro, Agresivo y Erótico, en la correlación intrahemisférica izquierda por cada banda.

Correlación Intrahemisférica (rTRA)	Bandas	Valor de F	Valor de p	Significancia
FRONTO-PARIETAL (F3-P3)	δ	0.3	0.75003	NS
	θ	1.99	0.14704	NS
	$\alpha 1$	0.56	0.57963	NS
	$\alpha 2$	0.18	0.83898	NS
	$\beta 1$	0.68	0.51575	NS
	$\beta 2$	0.78	0.52932	NS
	γ	1.01	0.37607	NS
FRONTO-TEMPORAL (F3-T3)	δ	0.46	0.63835	NS
	θ	0.33	0.72323	NS
	$\alpha 1$	0.56	0.58225	NS
	$\alpha 2$	0.98	0.61523	NS
	$\beta 1$	0.53	0.59512	NS
	$\beta 2$	0.53	0.59671	NS
	γ	0.84	0.55854	NS

Posteriormente, se realizó un análisis post hoc mediante la prueba de Duncan, para comparar la rTRA, en cada banda en los 3 grupos, y se encontraron algunas diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) que se describen a continuación (Figura 28).

Durante la observación del estímulo visual se encontró que en el grupo agresivo aumentó la correlación de theta con respecto al neutro. Sin embargo, durante la realización de la tarea de Hanoi, la rTRA izquierda Prefronto-Parietal del grupo erótico se vio disminuida con respecto a sus controles tanto en alfa 1 como en beta2 y gamma. En esta correlación izquierda el grupo agresivo mostró un incremento en la banda de theta con respecto al neutro.

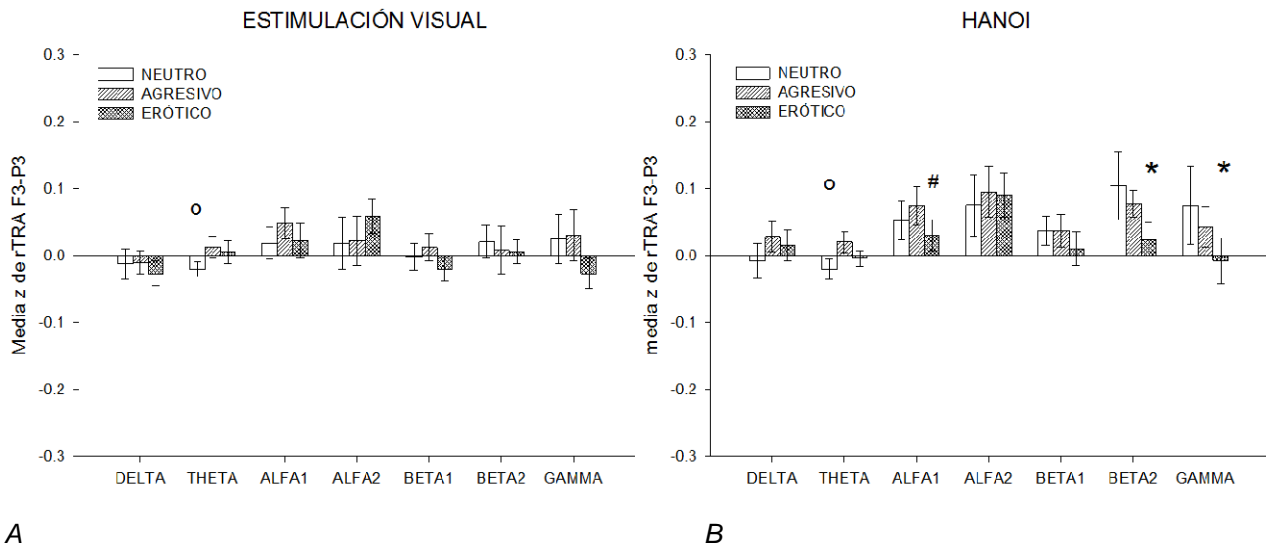


Figura 28. Medias \pm EE del valor de la rTRA FRONTO-PARIETAL IZQUIERDA de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda. A) rTRA Fronto-Parietal Izquierda durante el estímulo visual, B) rTRA Fronto-Parietal Izquierda durante la ejecución de las Torres de Hanoi * $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo neutro vs. Erótico. # $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo agresivo vs. Erótico. ° $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo neutro vs. agresivo.

La correlación intrahemisférica prefronto-temporal izquierda no mostró cambios significativos durante la observación del estímulo visual ni durante la ejecución de Hanoi (Figura 29).

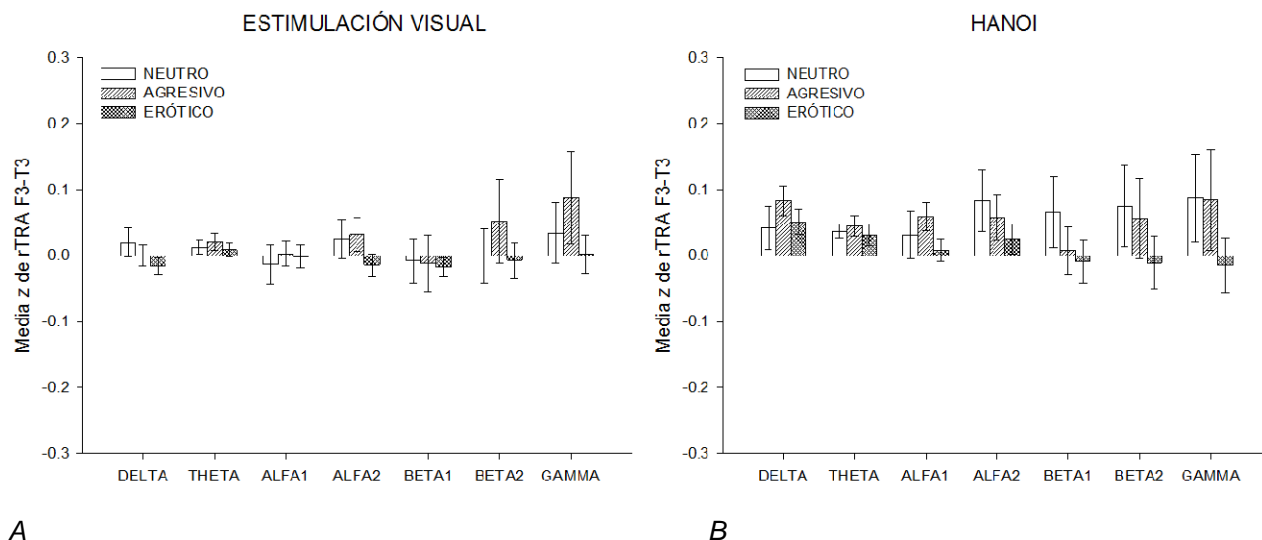


Figura 29. Medias \pm EE del valor de la rTRA FRONTO –TEMPORAL IZQUIERDA de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda. A) rTRA Fronto-Temporal izquierda durante el estímulo visual, B) rTRA Fronto-Temporal Izquierda durante la ejecución de las Torres de Hanoi * $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo neutro vs. Erótico. # $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo agresivo vs. Erótico.

c) *Correlación Intrahemisférica Derecha Prefronto-Parietal y Prefronto-Temporal*
 En el ANDEVA de la rTRA derecha, donde se compararon los grupos en ambas condiciones por todas las bandas, se encontró que no existió diferencia estadísticamente significativa en la interacción de los factores AXB. A continuación se muestran los valores de F y p de cada banda y con * se señalan las diferencias significativas entre los grupos (Tabla 10).

Tabla 10. Valores F y p del análisis de varianza realizado comparando los grupos Neutro, Agresivo y Erótico, en la correlación intrahemisférica derecha por cada banda.

Correlación Intrahemisférica (rTRA)	Bandas	Valor de F	Valor de p	Significancia
FRONTO-PARIETAL (F4-P4)	δ	1.19	0.31436	NS
	θ	0.58	0.56803	NS
	$\alpha 1$	0.2	0.82271	NS
	$\alpha 2$	0.27	0.77127	NS
	$\beta 1$	0.25	0.78152	NS
	$\beta 2$	1.15	0.32574	NS
	γ	2.22	0.11985	NS
FRONTO-TEMPORAL (F4-T4)	δ	0.42	0.66293	NS
	θ	1.14	0.3315	NS
	$\alpha 1$	2.51	0.09138	NS
	$\alpha 2$	1.39	0.25977	NS
	$\beta 1$	0.74	0.51039	NS
	$\beta 2$	1.12	0.33556	NS
	γ	0.5	0.61673	NS

Posteriormente, se realizó un análisis post hoc mediante la prueba de Duncan, para comparar la rTRA derecha Prefronto-Parietal y Prefronto-Temporal, en cada banda en los 3 grupos, y se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) que a continuación se describen.

Respecto a la rTRA derecha prefronto-parietal durante la exposición del video se encontró que en el grupo activado sexualmente disminuyó la correlación Prefronto-parietal de gamma comparado con el grupo agresivo en tanto que durante la ejecución de Hanoi, disminuyó la correlación de beta 2 y gamma contra el neutro y en gamma también contra el agresivo (Figura 30).

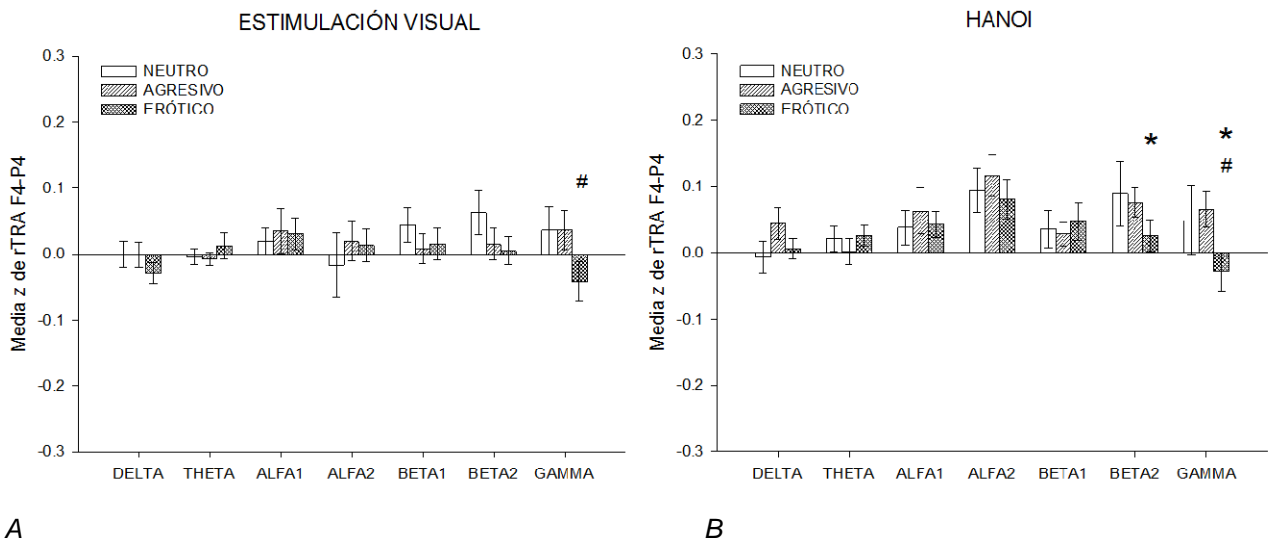


Figura 30. Medias \pm EE del valor de la rTRA FRONTO –PARIETAL DERECHA de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda. A) rTRA Fronto-Parietal derecha durante el estímulo visual, B) rTRA Fronto-Parietal Derecha durante la ejecución de las Torres de Hanoi * $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo neutro vs. Erótico. # $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo agresivo vs. Erótico.

La rTRA prefronto-temporal derecha durante la observación del estímulo no mostró cambios significativos en el grupo erótico con respecto a sus controles. Sin embargo, durante la ejecución de Hanoi se encontraron decrementos en la rTRA prefronto-temporal derecha en el grupo erótico en las bandas theta, alfa 1, beta2 y gamma con respecto al grupo neutro, y decrementos del grupo agresivo comparado con el neutro en la banda de alfa 1 (Figura 31).

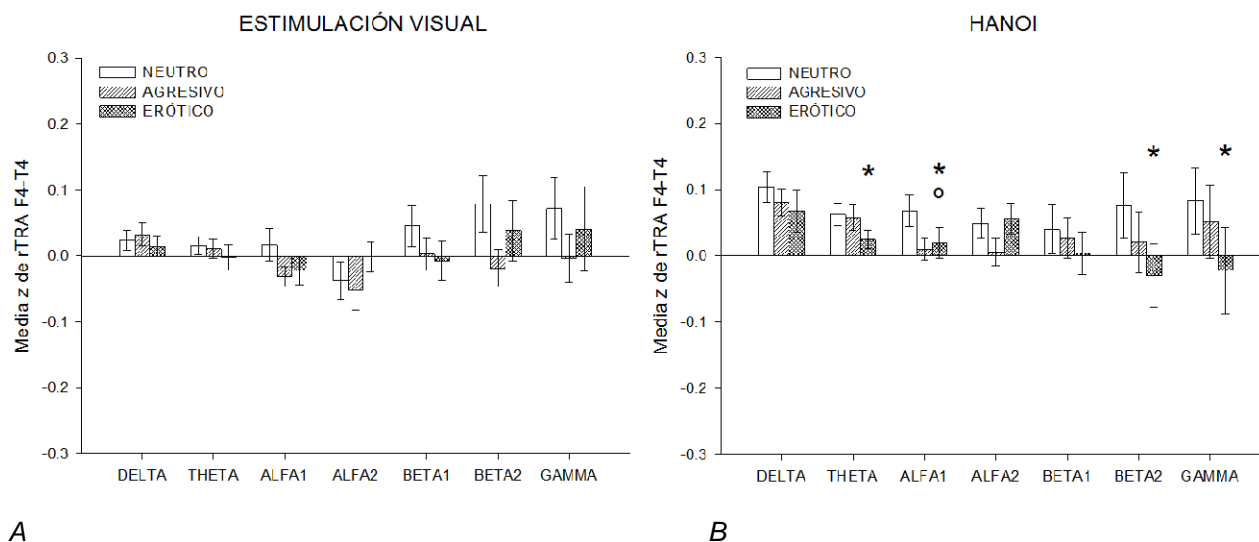


Figura 31. Medias \pm EE del valor de la rTRA FRONTO –TEMPORAL DERECHA de r de Pearson de los 3 grupos en cada banda. A) rTRA Fronto-Temporal derecha durante el estímulo visual, B) rTRA Fronto-Temporal derecha durante la ejecución de las Torres de Hanoi * $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo neutro vs. Erótico. ° $p \leq 0.05$ prueba Duncan entre el grupo agresivo vs. neutro.

Por lo tanto, en cuanto a la rTRA izquierda entre áreas Prefronto-Parietales se encontró que el grupo erótico presentó una disminución en la correlación en alfa1, beta2 y gamma con respecto a sus controles solamente durante la ejecución de la tarea de Hanoi. Durante la observación del estímulo no se encontraron diferencias significativas entre los grupos. En tanto que en la rTRA derecha en áreas Prefronto-Parietales, se encontró una disminución en la correlación en la banda de gamma durante el video, y una disminución en la banda beta2 y gamma durante la ejecución de la tarea de Hanoi. En la rTRA Prefronto-Temporal, los sujetos del grupo erótico presentaron un decremento en theta y en las bandas rápidas (alfa1, beta2 y gamma) únicamente durante la ejecución de Hanoi en el grupo erótico respecto su control.

7.5.2. Comparación por condición (Video y Hanoi) en los grupos Neutro, Agresivo y Erótico.

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de dos factores A(3) X B(2). El factor A = Grupo (Neutro, Agresivo y Erótico) y el factor B= condición (Video y Hanoi), comparando en todas las bandas los tres grupos.

En cuanto a la comparación por el factor B de grupos correlacionados en los tres grupos (correlación inter e intrahemisférica), el resumen de los datos se puede observar en la Tabla 9.

a) *Correlación Interhemisférica rTER Frontal, Parietal y Temporal*

En el ANDEVA rTER realizado comparando el factor A= las condiciones (Video vs. Hanoi) por el factor B= los 3 grupos, en todas las bandas, se encontró que no existió diferencia estadísticamente significativa en la interacción de los factores AXB, únicamente encontrando diferencias, en la interacción de factores en la banda Theta en la rTER parietal, con una $F(2,30) = 5.1$, $p=0.01$.

La rTER, presentó diferencias entre las dos condiciones (video vs. Hanoi) estadísticamente significativas en el ANDEVA de los valores transformados a Z de la correlación interhemisférica en las bandas siguientes de las siguientes zonas (Tabla 11). A continuación se muestran los valores de F de las comparaciones por condición y p de cada banda y con * se señalan las diferencias significativas entre las condiciones.

Tabla 11. Valores F y p del análisis de varianza realizado comparando las condiciones Video vs. Hanoi, en las 3 zonas corticales por cada banda.

Correlación Interhemisférica (rTER)	Bandas	Valor de F	Valor de p	Significancia
FRONTAL F3-F4	δ	17.14	0.00035	*
	θ	8.95	0.00483	*
	$\alpha 1$	8.35	0.00616	*
	$\alpha 2$	5.92	0.01829	*
	$\beta 1$	1.78	0.18674	NS
	$\beta 2$	0.61	0.55495	NS
	γ	0.98	0.67187	NS
PARIETAL P3-P4	δ	22.66	0.0001	*
	θ	36.5	0.00001	*
	$\alpha 1$	25.74	0.00006	*
	$\alpha 2$	38.04	0.00001	*
	$\beta 1$	11.4	0.00194	*
	$\beta 2$	13.21	0.00107	*
	γ	3.66	0.05958	NS
TEMPORAL T3-T4	δ	6.63	0.0131	*
	θ	3.11	0.08131	NS
	$\alpha 1$	0.03	0.85939	NS
	$\alpha 2$	4.71	0.03365	*
	$\beta 1$	0.7	0.58681	NS
	$\beta 2$	0	0.96353	NS
	γ	0.21	0.65238	NS

Debido a las significancias encontradas en el ANDEVA realizado de la comparación entre condiciones, se realizó un análisis más detallado, mediante la prueba de T de Student, para comparar las 2 condiciones, en los 3 grupos, en cada banda, y se encontró lo siguiente.

En cuanto a la rTER Frontal, el grupo erótico no mostró diferencias en ninguna banda entre las dos condiciones, el grupo agresivo mostró un decremento durante Hanoi en rTER Frontal en la banda delta, theta y alfa 2 respecto a video. El grupo neutro mostró también un decremento en la rTER de delta durante Hanoi (Figura 32).

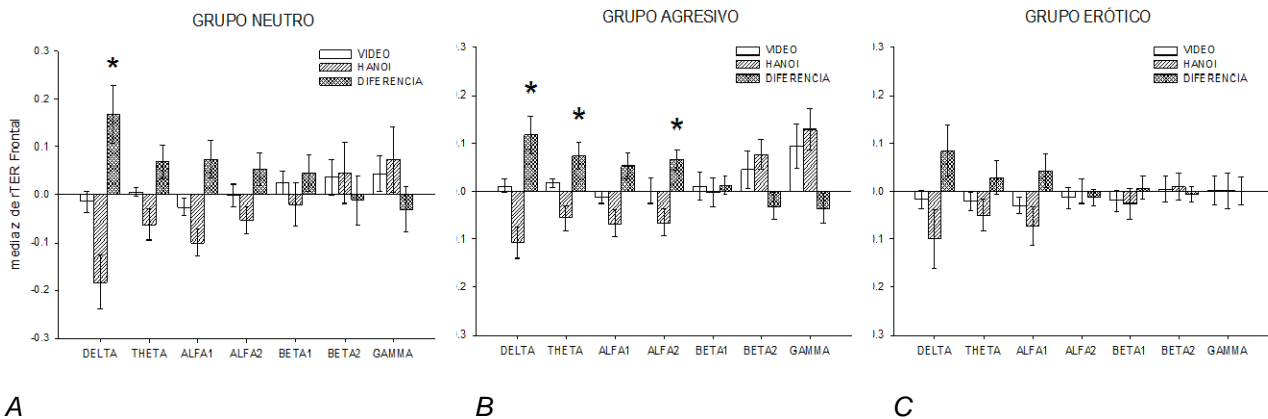
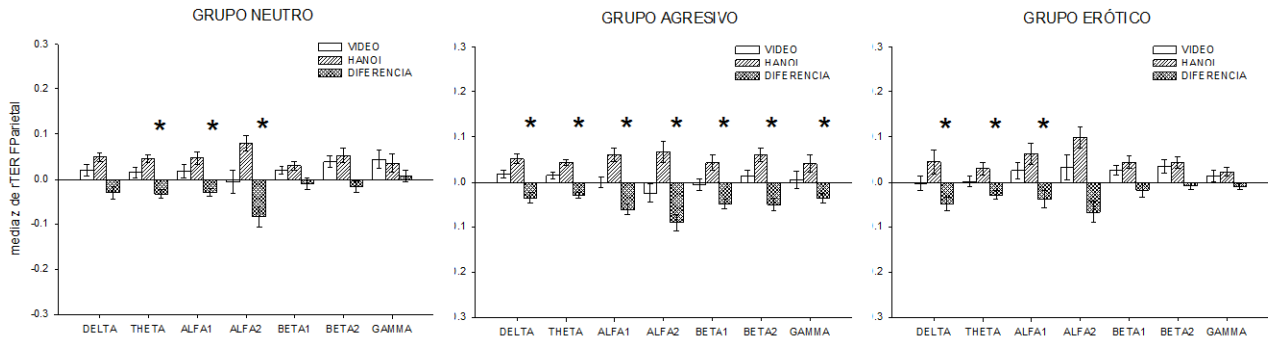


Figura 32. Medias \pm EE del valor z de la rTER FRONTAL de r de Pearson de la condición Video, la condición Hanoi y la diferencia entre ambas en cada banda. A) rTER Frontal en el grupo Neutro, B) rTER Frontal en el grupo Agresivo y C) rTER Frontal en el grupo Erótico. * $p \leq 0.01$ prueba t Student entre la condición Video vs. Hanoi. # $p \leq 0.05$ prueba t Student entre la condición Video vs. Hanoi.

Se encontró que el grupo neutro mostró un aumento en la rTER Parietal durante Hanoi en theta, alfa 1 y alfa 2. En el grupo agresivo tuvo un aumento en la rTER Parietal durante Hanoi en todas las bandas. El grupo erótico tuvo un aumento en la rTER Parietal en delta, theta y alfa 1 (Figura 33).



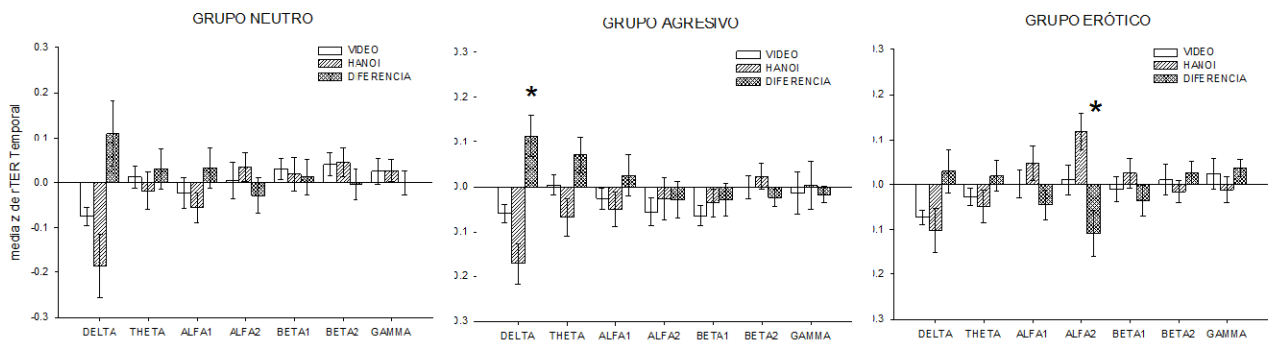
A

B

C

Figura 33. Medias \pm EE del valor de la rTER PARIETAL de r de Pearson de la condición Video, la condición Hanoi y la diferencia entre ambas en cada banda. A) rTER Parietal en el grupo Neutro, B) rTER Parietal en el grupo Agresivo y C) rTER Parietal en el grupo Erótico. * $p \leq 0.01$ prueba t Student entre la condición Video vs. Hanoi. # $p \leq 0.05$ prueba t Student entre la condición Video vs. Hanoi.

La rTER Temporal aumentó durante la ejecución de la tarea de Hanoi con respecto a la condición de Video, en el grupo erótico en la banda alfa2 y en el grupo agresivo disminuyó en la banda delta (Figura 34).



A

B

C

Figura 34. Medias \pm EE del valor de la rTER TEMPORAL de r de Pearson de la condición Video, la condición Hanoi y la diferencia entre ambas en cada banda. A) rTER Temporal en el grupo Neutro, B) rTER Temporal en el grupo Agresivo y C) rTER Temporal en el grupo Erótico* $p \leq 0.01$ prueba t Student entre la condición Video vs. Hanoi. # $p \leq 0.05$ prueba t Student entre la condición Video vs. Hanoi.

En la gráficas anteriores, se observó que existe un cambio significativo de la correlación entre la condición de Estimulación visual y de Hanoi, en zonas Frontales, Parietales y Temporales, únicamente en algunas bandas en los diferentes grupos. Se muestran diferencias en el acoplamiento cortical interhemisférico entre ambas condiciones, mostrando una mayor diferencia en zonas parietales, principalmente en el grupo agresivo.

d) Correlación Intrahemisférica Izquierda Prefronto-Parietal y Prefronto-Temporal

En el ANDEVA realizado de la rTRA izquierda, donde se compararon las dos condiciones en los 3 grupos, por todas las bandas, se encontró que no existió diferencia estadísticamente significativa en la interacción de los factores AXB. Sin embargo, sí se encontraron algunas diferencias estadísticamente significativas en la rTER izquierda, entre las condiciones Video-Basal y Hanoi-Basal en los 3 grupos de los valores transformados a Z de la rTRA en todas las bandas de las zonas Fronto-Parietal y Fronto-Temporal. A continuación se muestran los valores de F y p de cada banda y con * se señalan las diferencias significativas entre los grupos (Tabla 12).

Tabla 12. Valores F y p del análisis de varianza realizado comparando las condiciones Video y Hanoi, en la correlación intrahemisférica izquierda por cada banda.

Correlación Intrahemisférica (rTRA)	Bandas	Valor de F	Valor de p	Significancia
FRONTO-PARIETAL (F3-P3)	δ	4.34	0.04087	*
	θ	0.02	0.88513	NS
	$\alpha 1$	4.31	0.04164	*
	$\alpha 2$	9.25	0.00429	*
	$\beta 1$	5.98	0.01776	*
	$\beta 2$	11.24	0.00205	*
	γ	2.57	0.1125	NS
FRONTO-TEMPORAL (F3-T3)	δ	15.47	0.00055	*
	θ	8.63	0.00549	*
	$\alpha 1$	4.84	0.03138	*
	$\alpha 2$	4.89	0.03056	*
	$\beta 1$	1.84	0.17868	NS
	$\beta 2$	0.79	0.61784	NS
	γ	0.15	0.70556	NS

Debido a las significancias encontradas en el ANDEVA realizado de la comparación entre condiciones, se realizó un análisis mediante la prueba de T de

Student, para comparar las 2 condiciones, en los 3 grupos, en cada banda, y se encontró que existe una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) de la condición Hanoi-Basal vs. Video-Basal en ciertas bandas como se muestra a continuación.

En la rTRA Fronto-Parietal Izquierda se encontró un aumento de la correlación en la condición de Hanoi en la banda beta 2 en el grupo neutro y en el grupo agresivo se encontraron aumentos en dicha correlación en la banda alfa 2 y beta 2. En el grupo erótico se encontró un incremento de la correlación en la condición de Hanoi respecto a la condición de video únicamente en la banda delta (Figura 35).

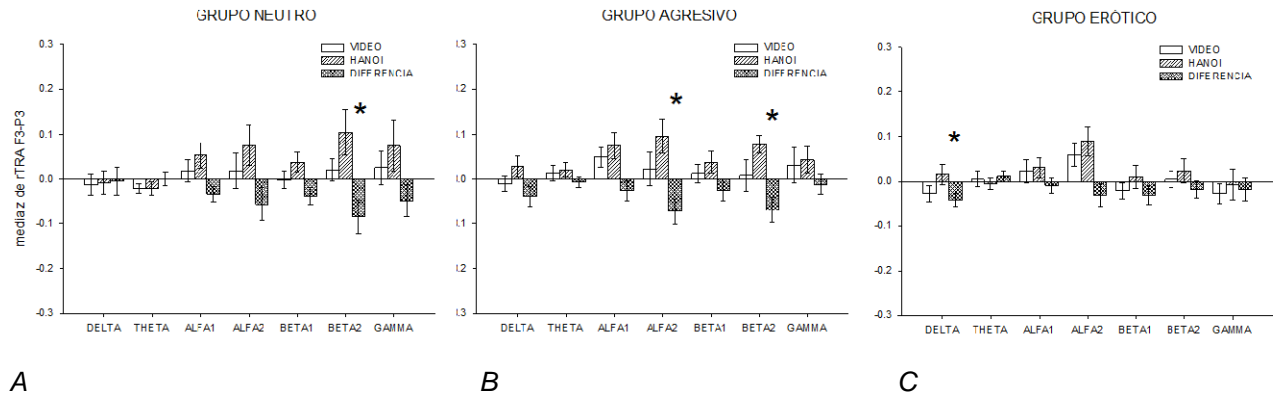


Figura 35. Medias \pm EE del valor de la rTRA Fronto-Parietal izquierda de r de Pearson de las dos condiciones y la diferencia entre ambas en cada banda. A) rTRA Fronto-Parietal izquierda en el grupo Neutro, B) rTRA Fronto-Parietal izquierda en el grupo agresivo y C) rTRA Fronto-Parietal izquierda en el grupo Erótico. * $p \leq 0.01$ prueba t Student, entre condición Video vs. Hanoi. # $p \leq 0.05$ prueba t Student entre la condición Video vs. Hanoi.

En cuanto a la rTRA Fronto-Temporal izquierda se mostró un incremento de la correlación en la condición de Hanoi con respecto a la de Video en el grupo agresivo en las bandas delta y alfa 1 y en el grupo erótico en la banda delta (Figura 36).

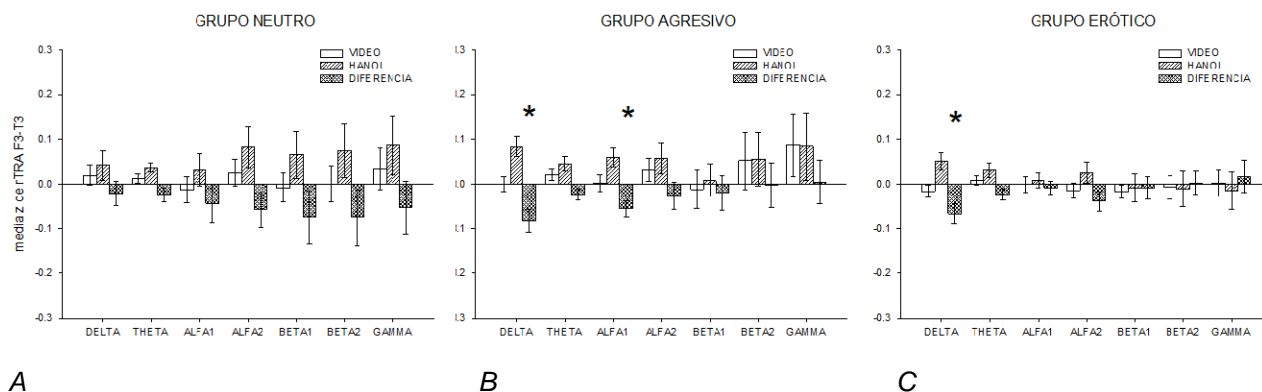


Figura 36. Medias \pm EE del valor de la rTRA Fronto-Temporal izquierda de r de Pearson de las dos condiciones y la diferencia de medias de ambas en cada banda. A) rTRA Fronto-Temporal izquierda en el grupo Neutro, B) rTRA Fronto-Temporal izquierda en el grupo agresivo y C) rTRA Fronto-Temporal izquierda en el grupo Erótico. * $p \leq 0.01$ prueba t Student, entre condición Video vs. Hanoi. # $p \leq 0.05$ prueba t Student entre la condición Video vs. Hanoi.

e) *Correlación Intrahemisférica Derecha Prefronto-Parietal y Prefronto-Temporal*
 En el ANDEVA de la rTRA derecha realizado, donde se compararon las dos condiciones en los 3 grupos, por todas las bandas, se encontró que no existió diferencia estadísticamente significativa en la interacción de los factores AXB. Sin embargo, sí se encontraron algunas diferencias estadísticamente significativas en la rTER derecha, entre las condiciones Video-Basal y Hanoi-Basal en los 3 grupos de los valores transformados a Z de la rTRA en todas las bandas de las zonas Fronto-Parietal y Fronto-Temporal. A continuación se muestran los valores de F y p de cada banda y con * se señalan las diferencias significativas entre los grupos (Tabla 13).

Tabla 13. Valores F y p del análisis de varianza realizado comparando las condiciones Video y Hanoi, en la correlación intrahemisférica derecha por cada banda.

Correlación Intrahemisférica (rTRA)	Bandas	Valor de F	Valor de p	Significancia
FRONTO-PARIETAL (F4-P4)	δ	3.18	0.07804	NS
	θ	3.19	0.07774	NS
	$\alpha 1$	1.33	0.25327	NS
	$\alpha 2$	19.95	0.00018	*
	$\beta 1$	1.17	0.28544	NS
	$\beta 2$	6.71	0.01262	*
	γ	1.18	0.28433	NS
FRONTO-TEMPORAL (F4-T4)	δ	19.4	0.0002	*
	θ	17.7	0.0003	*
	$\alpha 1$	12.32	0.00142	*
	$\alpha 2$	21.64	0.00012	*
	$\beta 1$	0.27	0.61448	NS
	$\beta 2$	0.29	0.59673	NS
	γ	0	0.95883	NS

Debido a las significancias encontradas en el ANDEVA realizado de la comparación entre condiciones, se realizó un análisis mediante la prueba de T de Student, para comparar las 2 condiciones, en los 3 grupos, en cada banda, y se encontró que existe una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) de la condición Hanoi-Basal vs. Video-Basal en las siguientes bandas que a continuación se describen.

En la rTRA Fronto-Parietal derecha se encontró un incremento en la correlación durante la ejecución de Hanoi con respecto a la observación del video en el grupo neutro, agresivo y erótico en alfa 2. Beta 2 se incremento únicamente en el grupo agresivo durante la ejecución de Hanoi con respecto al video (Figura 37).

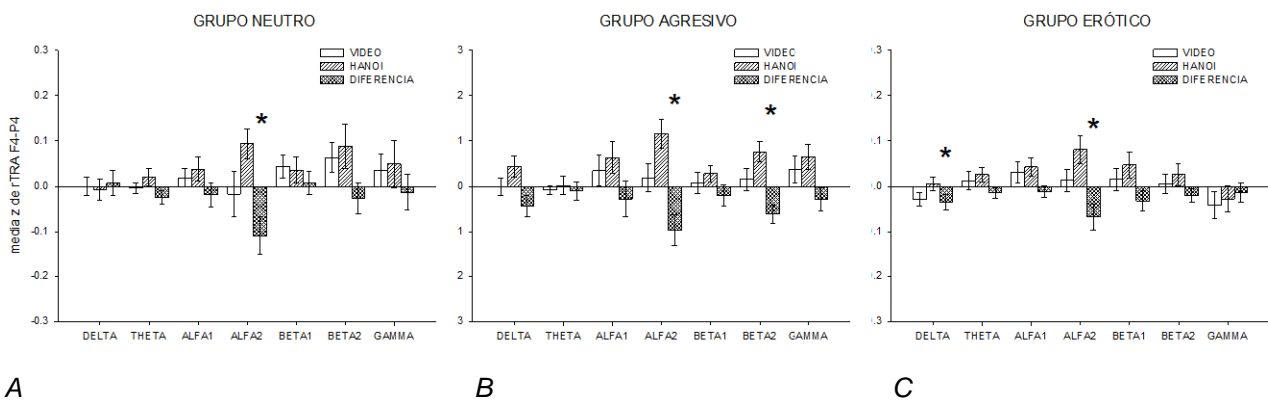


Figura 37. Medias \pm EE del valor de la rTRA Fronto-Parietal derecha de r de Pearson de las dos condiciones y diferencia de medias de ambas en cada banda. A) rTRA Fronto-Parietal derecha en el grupo Neutro, B) rTRA Fronto-Parietal derecha en el grupo agresivo y C) rTRA Fronto-Parietal derecha en el grupo Erótico. * $p \leq 0.01$ prueba t Student, entre condición Video vs. Hanoi. # $p \leq 0.05$ prueba t Student entre la condición Video vs. Hanoi.

En cuanto a la rTRA derecha Fronto-Temporal se observaron incrementos significativos de la correlación durante la ejecución de Hanoi con respecto a la observación del estímulo neutro en delta, theta y alfa 2. En el grupo agresivo se observó un incremento de esta correlación en la banda delta, theta y alfa1; y en el grupo erótico un incremento la correlación en las bandas alfa 2 y beta 2 (Figura 38).

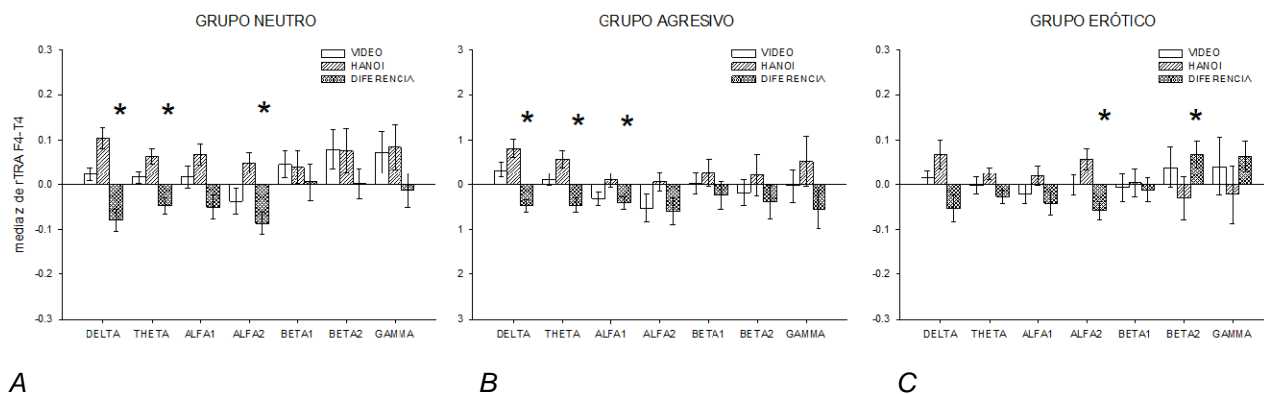


Figura 38. Medias \pm EE del valor de la rTRA Fronto-Temporal derecha de r de Pearson de las dos condiciones y la diferencia de medias en cada banda. A) rTRA Fronto-Temporal derecha en el grupo Neutro, B) rTRA Fronto-Temporal derecha en el grupo agresivo y C) rTRA Fronto-Temporal derecha en el grupo Erótico. * $p \leq 0.01$ prueba t Student, entre condición Video vs. Hanoi. # $p \leq 0.05$ prueba t Student entre la condición Video vs. Hanoi.

Se observaron incrementos en la correlación intrahemisférica derecha entre la condición de Hanoi con respecto a la de estimulación visual, en zonas Fronto-Parietal y Fronto-Temporal, siendo significativas las diferencias en ciertas bandas en los 3 diferentes grupos; sin embargo, se muestran algunas tendencias en estos incrementos.

Las diferencias encontradas entre las condiciones, reflejan incrementos en el acoplamiento cortical intrahemisférico derecho, habiendo un único decremento en la banda beta2 del grupo erótico en la correlación fronto-temporal derecha.

8. DISCUSIÓN

En cuanto a los resultados de la evaluación de los estímulos visuales, es de relevancia señalar que el estímulo visual agresivo generó una activación generalizada que fue diferente a aquella mostrada por el grupo experimental (erótico), el cual reportó niveles moderados de activación sexual medidos a través de una escala SAM y de una escala diseñada especialmente para la medición de la activación sexual (SAS). El grupo experimental presentó niveles estadísticamente diferentes de los dos grupos control (neutro y agresivo). El estímulo agresivo generó niveles de activación generalizada mayores que el grupo que vio un estímulo completamente neutro, sin embargo no tenía la característica de valencia positiva como lo tuvo el estímulo erótico. Estos datos muestran que tanto el estímulo agresivo como el erótico generaron un estado de activación en los participantes, sin embargo, el estímulo erótico fue el único con el componente de activación sexual con valencia positiva. Esto confirma que los estímulos visuales fueron adecuados para generar los estados de activación y adecuados para evaluar su efecto sobre el desempeño de una tarea cognoscitiva y sobre la actividad eléctrica cerebral durante y posterior a la estimulación visual sexual.

En cuanto a los datos del electrocardiograma (EKG), pudimos observar que el grupo erótico presentó una tendencia a aumentar su frecuencia cardíaca como signo de activación, no siendo así en los grupos agresivo y neutro. Estudios previos han demostrado variaciones en la frecuencia cardíaca ante estímulos visuales eróticos, en especial videos (Exton, et al., 2000) confirmando que este parámetro es un indicador eficiente para el estudio de la activación sexual, ya que ha sido correlacionado con índices de aumento en la tumescencia peneana (Henson & Rubin, 1971) y aumentos en la actividad electrogalvánica (Karama, et al., 2002). En tales estudios, aumentos de excitación y activación sexual generada por diversos estímulos, internos o externos, fijos o en movimiento, se asocian con incrementos en la frecuencia cardíaca conforme aumenta el grado de tumescencia peneana (Golde, Strassberg & Turner, 2000; Redouté et al., 2000; Stoléru et al., 1999). El hecho de que en este trabajo los sujetos del grupo erótico sólo hayan mostrado un moderado nivel de activación sexual, podría haber sido

la razón por la cual no se alcanzó un incremento significativo de la tasa cardíaca en este grupo.

8.1. Ejecución de las Torres de Hanoi

En los parámetros conductuales de las TOH no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los 3 grupos. La ejecución de dicha prueba no fue afectada por la activación sexual o la activación general inducida por los estímulos visuales utilizados; esto es, una estimulación visual por pocos minutos, en sujetos sanos jóvenes, no fue capaz de provocar cambios significativos de tal forma que los sujetos de todos los grupos ejecutaron de forma adecuada y exitosa la tarea. Sería de interés para posteriores estudios, conocer las diferentes estrategias de solución que utiliza cada sujeto que determinen la eficiencia en la ejecución, estrategias como las que propuso Simon en 1975 (citado en Goel y Grafman, 1995), pudiendo atribuir las diferencias individuales en el uso de estrategias cognoscitivas a un procesamiento cortical diferente. Sin embargo con los parámetros que actualmente se evaluaron no es posible determinar dichas diferencias.

La ausencia de diferencias en la ejecución de las Torres de Hanoi en los 3 grupos demuestra que la observación previa de videos con diferente contenido emocional por 5 minutos no afectó las funciones ejecutivas involucradas en la solución de esta tarea en específico.

El efecto del contenido emocional sobre las funciones ejecutivas ha sido muy poco estudiado y en los pocos trabajos que hay, se han obtenido resultados contradictorios. Por ejemplo, Macapagal & Janssen, 2010, examinaron la influencia de la excitación sexual en el aprendizaje por discriminación y toma de decisiones, encontrando que los mayores puntajes de excitación sexual se relacionaron con mayor cantidad de falta de respuestas en los paradigmas go/no go. Sin embargo, otros trabajos recientes mediante técnicas conductuales y de neuroimagen han demostrado que la motivación y la activación sexual puede incrementar los procesos perceptuales y de control ejecutivo para alcanzar mejores conductas que se dirigen a una meta específica (Ariely & Loewenstein, 2005).

Existen estudios donde se ha mostrado que la estimulación visual erótica provoca cambios en la actividad cerebral, principalmente en la corteza prefrontal. Mediante diversas técnicas como espectroscopia funcional por rayos infrarrojos (León-Carrión et al., 2007) y potenciales relacionados con eventos (Anokhin et al., 2006) se ha mostrado que estos cambios prefrontales perduran por al menos 20 segundos posteriores a la estimulación visual erótica, sin embargo no se ha demostrado si este cambio puede durar más de los 20 segundos. Ya que la ejecución de las TOH requiere un tiempo mínimo de ejecución de 7 minutos, pudiera pensarse que la activación generada por los estímulos visuales, en especial el estímulo erótico, no afectó los parámetros de la tarea debido a la temporalidad de su ejecución. Así, es probable que en pruebas que tuvieran una mayor demanda cognoscitiva y menor tiempo de ejecución, sería posible observar el efecto de estímulos eróticos sobre la ejecución de la tarea. Cabe remarcar, que la estimulación visual fue presentada únicamente por 5 minutos y de forma gradual, en especial los estímulos agresivo y erótico (de neutro a activador) durante esos 5 minutos. Otros estudios (León-Carrion et al., 2006, 2007) han utilizado estímulos pornográficos donde se muestran los genitales y la interacción sexual desde un inicio de la estimulación visual y durante todo el tiempo. Por lo tanto, otra posible explicación a la falta de efecto sobre la ejecución cognitiva, es que la activación (general o sexual) generada gradualmente no tiene el mismo impacto que una estimulación pornográfica explícita desde un inicio, o con una mayor duración de exposición al estímulo.

Otra posibilidad de explicación a la falta de diferencias conductuales entre los grupos, puede ser debida a que el diseño del experimento obligaba a dar las instrucciones de ambas pruebas, previo a la estimulación visual. Esta condición pudo haber generado estados activados de alertamiento y procesamientos cognoscitivos tales como la planeación anticipada de la solución de dicha prueba, durante la presencia del estímulo, así como una disminución de la atención hacia el estímulo visual. Asimismo, otro factor podría haber sido el reducido tamaño de la muestra, generando una gran variabilidad en los datos obtenidos y la imposibilidad de encontrar una diferencia estadística entre ellos.

8.1. Correlación electroencefalográfica

De forma general se encontró que la estimulación visual erótica fue capaz de generar un estado de activación sexual, y que bajo este estado activado los sujetos presentaron cambios tanto en la correlación inter (frontal, parietal y temporal) como intrahemisférica (fronto-parietal y fronto-temporal).

Es interesante hacer notar, que aunque no se demostró ninguna diferencia en los parámetros de ejecución de las TOH entre los 3 grupos y que todos mostraron una eficaz solución de la tarea, el grado de acoplamiento cortical que presentaron los sujetos de cada grupo fue diferente.

Un interesante resultado en la comparación entre grupos, es el hecho de que *durante la estimulación visual* sólo los sujetos del grupo erótico mostraron una menor correlación interprefrontal, interparietal e intra prefronto-parietal derecha de la banda gamma respecto a los grupos neutro y agresivo. Mientras que durante la ejecución de Hanoi también se encontró en el grupo erótico una disminución de gamma en la correlación interprefrontal; así como en la intra prefronto-parietal izquierda y derecha e incluso en la intra prefronto-temporal derecha, este decremento de gamma siempre apareció acompañado del decremento de otras bandas (como alfa o beta). Así, es probable sugerir que la activación sexual generada por la estimulación erótica se asocie con una menor correlación en la banda gamma. Se ha descrito que esta banda de frecuencias rápidas está asociada a pensamientos abstractos y que involucren un alto procesamiento de información (su existencia se ha asociado a la aparición de la conciencia) Se ha reportado que la banda gamma participa en y se encuentra correlacionada con numerosos procesos cognoscitivos y muestra una alta relevancia para la conducta y percepción (Basar et al., 1999; Fires, 2005; Lenz, 2009). También se ha descrito que la banda gamma se encuentra involucrada en la categorización de información (Enger & Singel, 2001) procesamiento de objetos (Tallon-Baudry & Bertrand, 1999); atención (Tiitinen, et al., 1993; Debener, et al., 2003), y memoria (Herrmann, et al., 2004; Kaiser & Lutzenberger, 2005; Gruber & Muller, 2006). Así, el hecho de que esta banda muestre una baja correlación entre cortezas prefrontales y entre prefronto-parietales y prefronto-temporales, pudiera indicar que en este estado de

activación sexual los sujetos manifiestan un procesamiento consciente de la estimulación erótica que difiere de aquel obtenido durante la estimulación neutra o agresiva. Esta disociación de la funcionalidad inter e intrahemisférica en la banda gamma durante la estimulación erótica pudiera representar una funcionalidad cerebral característica de la activación sexual, la cual, al ejecutar la tarea cognitiva (Torres de Hanoi) prevaleció pero ahora acompañada del decremento en la correlación de otras bandas.

Nuestros datos parecieran coincidir con los hallazgos de Dimpfel, Wedekind & Keplinger (2003) en cuanto a que encontraron disminuciones significativas de la potencia absoluta de alfa y beta en zonas temporo-occipitales, ya que en este estudio se encontraron decrementos significativos en el grupo erótico de la correlación de bandas rápidas como son beta2 y gamma, particularmente en el hemisferio derecho.

Adicionalmente, se encuentra que existe un efecto post estímulo visual, ya que el estímulo erótico afectó de manera más significativa en la fase posterior al estímulo (durante la ejecución de la tarea), sugiriendo que el estímulo erótico tiene un efecto mayor en periodos posteriores a su observación que durante su presencia, similares hallazgos a los reportados por Leon-Carrion et al. (2006, 2007a y 2007b).

Se mostraron decrementos en diversas áreas, particularmente interfrontales e intrahemisféricas prefrontales con parietal y temporal en bandas rápidas, lo que sugiere que el estado de activación sexual está modificando la funcionalidad cerebral ante la ejecución de la tarea de Hanoi. Estos datos pueden fundamentarse en estudios similares con otra tarea que involucra la funcionalidad prefrontal, aunque no son directamente equiparables. Se ha reportado asimetrías prefrontales funcionales particularmente en las potencias de la banda alfa durante la ejecución de la tarea de Wisconsin Card sorting Test (WCST) sugiriendo que la disminución en la actividad alfa se encuentra relacionada con procesos atencionales (Cicek & Nalcaci, 2001). Por otro lado, Davidson (2003) reporta incrementos en la actividad dorsolateral izquierda asociada a conductas de aproximación, dirigidas a metas y de planeación, lo que pudiera verse reflejado en diferencias funcionales interhemisféricas.

El hecho de que las principales diferencias en la correlación (tanto durante la estimulación visual como durante la ejecución de Torres de Hanoi) ocurran en el grupo

erótico, pudieran indicar que en esta comparación entre grupos, el estímulo visual erótico fue el único que provocó efectos evidentes sobre el grado de acoplamiento tanto interhemisférico como intrahemisférico de las áreas corticales analizadas.

En la comparación entre condiciones (Video vs Hanoi), el patrón de acoplamiento entre cortezas mostró importantes cambios. Uno de los resultados más consistente fue que la correlación interparietal presentó un aumento en la mayoría de las bandas durante la ejecución de Hanoi respecto a la condición de video (neutro, agresivo y erótico). La corteza parietal es un sitio de integración somatosensorial y visual, la cual ha sido implicada en los procesos de memoria de localización visual y de dirección de movimientos oculares. La resolución de la tarea computacional de Hanoi requiere, además de los diversos procesos cognoscitivos que se mencionaron en los antecedentes, de un procesamiento y utilización de la información visual, por lo que es probable que este importante aumento del grado de acoplamiento entre cortezas parietales derecha e izquierda, represente los procesos y estrategias visuales que los sujetos debieron manifestar durante la tarea de Hanoi.

La correlación intrahemisférica prefronto-parietal tanto izquierda como derecha también presentó incrementos significativos durante la ejecución de Hanoi en diferentes bandas a comparación de la condición video neutro (alfa2 o beta2), agresivo (alfa2 y beta2) o erótico (delta o alfa2). Quintana y Fuster (1999) han propuesto que los circuitos fronto-parietales son esenciales en procesos de memoria espacial, participando en la translación del objetivo de una acción al movimiento, a través de la integración de las aferencias sensoriales con las representaciones centrales del movimiento en base a la experiencia previa. Por tanto, es probable que estos incrementos de la correlación entre cortezas prefrontales y parietales obtenidos en este estudio representen esos procesos de memoria espacial que proponen los autores mencionados.

Es probable que el aumento en la correlación inter e intra hemisféricas de las zonas registradas durante la ejecución de Hanoi constituya un mayor nivel de acoplamiento funcional entre dichas zonas, a comparación de la condición de estimulación visual, donde no se requirió tal grado de acoplamiento y por tanto, cada área cortical funcionó de forma más independiente o pudiéramos decir también, que no se encontró sincronizada en fase. Sin embargo, es importante hacer notar que ésta

correlación parietal y prefronto-parietal aumentada no fue un requisito para que se tuviera una adecuada ejecución en la tarea de TOH, ya que los tres grupos (neutro y agresivo) mostraron una eficaz solución de las TOH.

Las torres de Hanoi son consideradas una prueba de planeación viso-espacial, de organización en cuanto a la secuencia de movimientos y funcionalidad ejecutiva tales como, la memoria de trabajo (Goel & Grafman, 1995), planeación (Fincham, Carter, van Veen, Stenger, & Anderson, 2002), control inhibitorio (Krikorian, Bartok, & Gay, 1994) y monitoreo de planes (Welsh, et al., 1994). Tomando en consideración lo anterior, es posible sugerir que las estrategias cognoscitivas necesarias para la solución de este tipo de tareas de planeación como lo es las torres de Hanoi, se requiere de cierto acoplamiento interhemisférico prefrontal y parietal que no fue directamente asociado con la ejecución eficiente de dicha tarea.

En cuanto a los incrementos encontrados en la correlación interhemisférica frontal y temporal en bandas rápidas (alfa1 y alfa 2) durante la ejecución de la tarea de Hanoi en jóvenes activados sexualmente, concuerda con hallazgos de González-Hernández, Pita-Alcorta, Cedeño, Bosch-Bayard, Galan-García, Sherbaum & Figueroa-Rodríguez (2002) donde ante una tarea que evalúa la funcionalidad prefrontal ejecutiva (WCST) encuentra una alta sincronización en zonas prefrontales temporales y parietales de asociación induciendo significativos incrementos en las bandas rápidas como gamma, sin embargo, difieren en encontrar decrementos en la banda alfa. Estos datos sugieren que diferentes procesos cognoscitivos y ejecutivos se encuentran mediados simultáneamente durante la ejecución de tareas, es posible que exista una distribución selectiva de bandas que reflejan oscilaciones específicas, redes de comunicación neurales dependientes del tipo de procesamiento de información que se requiera.

Estos resultados muestran que la medida de correlación electroencefalográfica, es un parámetro sensible y útil para el estudio de diferentes estados de activación, así como también para el estudio de la ejecución de tareas cognitivas y la influencia de estados de activación sobre éstas. Resultados similares han sido obtenidos en otros estudios donde se mostró que el grado de acoplamiento cerebral o sincronización entre estructuras cerebrales cambia, dependiendo de los estados motivo emocionales en los

que se encuentren los sujetos ya sea animales (roedores) (Guevara, Martinez-Pelayo, Arteaga Silva, Bonilla-Jaime, & Hernandez-Gonzalez, 2008; Hernandez-Gonzalez, Prieto-Beracoechea, Arteaga-Silva, & Guevara, 2007; Korzeniewska et al., 1997) o seres humanos (Corsi-Cabrera, Meneses & Molina, 1987; Guevara, Lorenzo, Arce, Ramos & Corsi-Cabrera, 1995; Guevara, Ramos & Corsi-Cabrera 1997; Corsi-Cabrera, Arce, Ramos & Guevara, 1997).

Los datos del EEG durante los diferentes tipos de estimulación visual aportan información fundamental debido a que existen pocos estudios que han evaluado la actividad eléctrica cerebral durante este tipo de estimulación y sobre todo que no existen datos anteriores del grado de acoplamiento cerebral durante este tipo de estimulación y menos posterior a ella. Sería de interés para posteriores estudios conocer la temporalidad en la duración de este tipo de acoplamiento cortical ante los estímulos eróticos, así como su trayectoria y tiempo en el que dichos valores regresan a sus estados basales. De la misma manera, el estudio del EEG permite conocer la funcionalidad cerebral ante diferentes demandas cognoscitivas como es una tarea de TOH que principalmente requiere de procesos como planeación, organización, memoria de trabajo, establecimiento de metas, entre otros, y cómo puede disminuir o mejorar la ejecución de la misma.

Tomando en consideración lo anterior, estos datos fundamentan la hipótesis de que los estímulos visuales eróticos inducen diferentes estados funcionales de acoplamiento cerebral entre áreas prefrontales, parietales y temporales durante su observación y durante la ejecución de tareas cognitivas posteriores a la estimulación visual.

Se requiere aún de más investigación relacionada con los estados de activación sexual y su influencia sobre tareas cognoscitivas, para poder discriminar si, los patrones de correlación electroencefalográfica son una consecuencia directa de la actividad cognoscitiva que subyace al estado de activación sexual y a los diferentes procesos de las funciones ejecutivas.

9. CONCLUSIONES

- La observación de estímulos visuales eróticos indujo en los sujetos un nivel moderado de activación generalizada y sexual (erección peneana) de valencia positiva, a diferencia del estímulo visual agresivo que indujo un estado de activación generalizada de valencia negativa y del estímulo neutro que no generó ningún tipo de activación.
- La observación previa de los estímulos visuales neutros, agresivos o eróticos no afectó la ejecución de una tarea cognoscitiva (versión computarizada de Torres de Hanoi; HANOIPC3), ya que no hubo diferencias en los parámetros conductuales correspondientes a la resolución de Hanoi.
- Sólo los sujetos que vieron el estímulo erótico, presentaron una menor correlación interprefrontal e intra prefronto-parietal derecha de la banda gamma durante la observación del video. Por tanto, es probable que la activación sexual moderada se asocie con un menor acoplamiento entre cortezas prefrontales y parietales en las frecuencias rápidas del hemisferio derecho.
- Durante la ejecución de Hanoi, el decremento de la correlación en gamma prevaleció en el grupo erótico, pero siempre acompañado del decremento e incluso incremento de otras bandas de frecuencia, tales como alfa o beta.
- En la comparación entre condiciones, la correlación interparietal presentó además un incremento casi generalizado de todas las bandas de frecuencia durante la ejecución de Hanoi respecto a la observación de video neutro, agresivo y erótico, lo cual pudiera asociarse con los procesos de memoria de localización visual, memoria de trabajo espacial y procesos cognoscitivos implicados en esta tarea.
- Estos resultados muestran que la medida de correlación electroencefalográfica, es un parámetro sensible y útil para el estudio de diferentes estados de activación, así como también para el estudio de la ejecución de tareas cognitivas y la influencia de estados de activación sobre éstas.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ágmo, A. (1999). Sexual motivation-an inquiry into events determining the occurrence of sexual behavior. *Behav. Brain Res.*, 105, 129-150.
- Ágmo, A. (2005). La conducta sexual desde un punto de vista epicúreo: Reforzamiento, recompense e incentivos sexuales. En: Guevara, M.A., Hernández-González, M., Chacon-Gutiérrez, L. & Barradas-Bribiesca, J.A. (Eds.), *Aproximaciones al estudio de la motivación y ejecución sexual*. México: Universidad de Guanajuato.
- Ágmo, A. (2007). *Functional and dysfunctional Sexual Behavior: a Synthesis of neuroscience and comparative psychology*. Academic Press. Great Britain.
- Ahonniska, J., Ahonen T., Aro, T.; Tolvanen, A. & Lyytinen, H. (2000). Repeated assessment of the Tower of Hanoi test: reliability and age effects, realizado por: University of Jyväskylä. *Psychological Assessment*. Jyväskylä Finlandia.
- Alexander, G. E., De Long, M. R. & Strick, P. L. (1986). Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Ann Rev Neurosci*; 9, 357-81.
- Anderson S. & Tranel D. (2002). Neuropsychological consequences of dysfunction in human dorsolateral prefrontal cortex. In J. Grafman (Ed). *Handbook of Neuropsychology*, 2nd Edition, Vol. 7. Elsevier Science B.V. Iowa City, USA.
- Anderson, J. R., Albert, M. V. & Fincham, J. M. (2005). Tracing problem solving in real time: fMRI analysis of the subject-paced tower of Hanoi. *Journal of cognitive neuroscience*, 17, 1261-1274.
- Anderson, P. (2002). Assessment and Development of Executive Function (EF) During Childhood. *Child Neuropsychology*, Vol. 8, No. 2, pp. 71-82.
- Anderson, V. (1998). Assessing executive functions in children: biological, psychological and developmental considerations. *Neuropsychological rehabilitation*, 8, 319-349.
- Andreassi, J.L. (2000). *Psychophysiology; Human Behavior and Physiological Response*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, London. 4th. Edition.

- Anokhin, A. P., Golosheykin, S., Sirevaag, E., Kristjansson, S., Rohrbaugh, J. W. & Heath, A. C. (2006). Rapid discrimination of visual scene content in the human brain. *Brain Research*, 1093, 167-177.
- Ariely, D. & Loewenstein, G. (2006). The heat of the moment: the effect of sexual arousal on sexual decision making. *Journal of Behavioral Decision Making*, 19: 87–98.
- Arnou, B. A., Desmond, J. E., Banner, L.L., Glover, G. H., Solomon, A., Polan, M. L., Lue, T. F. & Atlas, S. W. (2002). Brain activation and sexual arousal in healthy, heterosexual males. *Brain*, 125, 1014-1023.
- Babiloni, C., Babiloni, F., Carducci, F., Cincotti, F., Vecchio, F., Cola, B., Rossi, S., Miniussi, C. & Rossini, P. M. (2004). Functional frontoparietal connectivity during short-term memory as revealed by high-resolution EEG coherence analysis. *Behavioral Neuroscience*, 118, 687-697.
- Baddeley, A. & Hitch, G. (1974). Working Memory. En G. H. Bower (Ed.) *Recent advances in learning and motivation* (Vol. 8, 47-89). Nueva York: Nueva York Academic.
- Baddeley, A. D. (2002). Is working memory still working? *European Psychologist*, 7, 85-97.
- Barceló, F. (1999). Electrophysiological evidence of two different types of errors in the Wisconsin Card Sorting Test. *Neuroreport*, 10, 1299-1303.
- Barkley R. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychol Bull*, 121, 65-94.
- Basar, E., Basar-Eroglu, C., Karakas, S., Schurmann, M. (1999). Are cognitive processes manifested in event-related gamma, alpha, theta and delta oscillations in the EEG? *Neurosci Lett*, 259 (3), 165–168.
- Beach, F. A. (1956). Characteristics of masculine 'sex drive'. In: Jones MR, editor. *Nebraska Symposium on Motivation*. Lincoln, NE: University of Nebraska Press, 1–32.
- Beauregard, M., Levesque, J. & Bourogouin, P. (2001). Neuronal Correlates of conscious self-regulation of emotion. *Journal of Neuroscience*, 21, 1-6. Nueva York.

- Bechara, A., Damasio, H. & Damasio, A. R. (2000). Emotion, Decision Making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 10, 295-307.
- Bindra, D. (1974) A motivational view of learning, performance, and behavior modification. *Psychol Rev*, 81,199–213.
- Bradley, M. M. & Lang, P.J. (1999). *International Affective Digitized Sounds. Technical Manual and Affective Ratings*. Gainesville: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. *J Behav Ther Exp Psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Bradley, M. M., Codispoti, M., Sabatinelli, D. & Lang, P. J. (2001). Emotion and motivation II: Sex differences in picture processing. *Emotion*, 3, 300-319.
- Buhler, M., Vollstadt-Klein, S., Klemen, J., & Smolka, M. N. (2008). Does erotic stimulus presentation design affect brain activation patterns? Event-related vs. blocked fMRI designs. *Behavioral and Brain Functions*, 4, 30.
- Buhler, M., Vollstadt-Klein, S., Klemen, J., & Smolka, M. N. (2008). Does erotic stimulus presentation design affect brain activation patterns? Event-related vs. blocked fMRI designs. *Behavioral and Brain Functions*, 4, 30.
- Bull, R., Espy, K. A. & Senn, T. (2004). A comparison of performance on the towers of London and Hanoi in young children. *Journal of child psychology and psychiatry*, 45, 743-754.
- Cantor, D. (1999). An overview of Quantitative EEG and its applications to Neurofeedback. En: Evans, R.J. & A. A. *Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback*, (PP. 3-27). USA: Academic Press.
- Cardoso, & J. Parks, R. W. (1997). Parallel distributed processing and executive functioning: tower of Hanoi neural networkmodel in healthy control and left frontal lobe patients. *J. Neuroscience*, 89, 217-240.
- Carrillo de la Peña, M. T. & García-Larrea, L. (2007). Right frontal event related EEG coherence (ERCoh) differentiates good from bad performers of Wisconsin Card Sorting Test (WCST). *Clinical Neurophysiology*, 37, 63-75.
- Cavedini, P., Cisima, M., Riboldi, G., D'Annuncci & Bellodi, L. (2001). A Neuropsychological Study of Dissociation in Cortical and Subcortical Functioning in

Obsessive-Compulsive Disorder by Tower of Hanoi Task. *Brain and Cognition*, 46, 357-363.

Cicek, M. & Nalcaci, E. (2001). Interhemispheric asymmetry of EEG alpha activity at rest and during the Wisconsin Card Sorting Test: relations with performance. *Biological Psychology*, 58, 75-88.

Clayton, A. L. H. (2005). *Tolerability Issues Affectin Adherence to antidepressant Therapy. Psychiatric Disorders*. Vol 2. No. 1. University of Virginia Health system.

Cohen, A.S., Rosen, R. C. & Goldstein, L. (1985). EEG Hemispheric asymmetry during sexual arousal: Psychophysiological patterns in responsive, unresponsive and dysfunctional men. *Journal of Abnormal Psychology*, 94, 580-590.

Cohen, H. D., Rosen, R. C. & Goldstein, L. (1976). Electroencephalographic Laterality Changes During Human Sexual Orgasm. *Arch of Sexual Behav*, Plenum Publishing, 5, 189-199.

Collette, F. & Van der Linden, M. (2002). Brain imaging of the central executive component of working memory. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 105-125.

Collette, F., Olivier, L., Van der Linden, M., Laureys, S., Delfiore, G., Luxen, A. & Salmon, E. (2005). Involvement of both prefrontal and inferior parietal cortex in dual-task performance. *Cognitive Brain Research*, 24, 237-251.

Coolen, L. M. & Hull, E. M. (2004). Male Sexual Function. *Physiology and Behavior*, 83 (2), 175-176.

Corsi-Cabrera, M. Arce, A., Ramos, J. & Guevara, M.A. (1997). Effect of spatial ability and sex on inter- and intrahemispheric correlation of EEG activity. *Electroenceph and clin neurophys*, 102; 5-11.

Corsi-Cabrera, M., Gutierrez, S., Ramos, J. & Arce, C. (1988). Interhemispheric correlation of EEG activity during successful and unsuccessful cognitive performance. *International Journal of Neuroscience*, 39, 253-259.

Corsi-Cabrera, M., Meneses, S. & Molina, E. (1987). Correlación interhemisférica y acoplamiento temporal de la actividad eléctrica cortical durante la vigilia, la etapa II y el sueño paradójico en el hombre. *Rev Mex de Psicología*, 4(2), 100-109.

Damasio, A. R. (1994). *El Error de Descartes*. New York: Grosset/Putnam.

- Danesi, M. (2004). *The liar Paradox y las Torres de Hanoi*. Los diez grandes acertijos matemáticos de todos los tiempos, 105-123, Estados Unidos de América.
- Davidson, R.J. (2003). Affective neuroscience and psychophysiology: toward a synthesis. *Psychophysiology*, 40, 655-665.
- Debener, S., Herrmann, C. S., Kranczioch, C., Gembris, D., Engel, A. K., (2003). Top-down attentional processing enhances auditory evoked gamma band activity. *Neuroreport*, 14 (5), 683–686.
- Dimpfel, W., Wedekind, W. & Keplinger, I. (2003). Gender difference in electrical brain activity during presentation of various film excerpts with different emotional content. *Eur J Med Res*, 30, 192-198.
- Easterbrook, J. A. (1959). The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychological Review*, 66 (3), 183-201.
- Engel, A. & Singer, W. (2001). Temporal binding and the neural correlates of sensory awareness. *Trends Cogn Sci*, 5(1), 16–25.
- Exton, N. G., Chau Truong, T., Exton, M. S., Wingenfeld, S. A., Leygraf, N., Saller, B., Hartmann, U. & Schedlowsky, M. (2000). Neuroendocrine response to film-induced sexual arousal in men and women. *Psychoneuroendocrinology*. (25): 187-199.
- Ferguson, J.M. (2001). SSRI antidepressant medications: Adverse effects and tolerability. *J Clin Psychiatry*, Vol. 3.
- Fernández, T. (1996). *Análisis Electroencefalográfico de la Actividad Cognoscitiva en Niños*. México: UNAM.
- Ferreti, A., Caulo, M., Del Gratta, C., Di Matteo, R., Merla, A., Montorsi, F., Pizzella, V., Pompa, P., Rigatti, P., Rossini, P. M., Salonia, A., Tartaro, A. & Romani, G. L. (2005). Dynamics of male sexual arousal: distinct components of brain activation revealed by fMRI. *Neuroimage*, 26, 1086-1096.
- Finchman, J., Carter, C., Vincent, V., Adrew, S. & Anderson, J. (2002). Neural mechanisms of planning: A computational analysis using event-related fMRI. *PNAS*, 99 (15).
- Fries, P. (2005). A mechanism for cognitive dynamics: neuronal communication through neuronal coherence. *Trends Cogn Sci*, 9(10), 474–480.
- Fuster, J. (2008). *The prefrontal cortex*. Academic Press. Fourth Edition. Londres, U.K.

- Fuster, J. M. (1997). *The prefrontal cortex. Anatomy, physiology, and neuropsychology of the frontal lobe*. Ed. Lippincott-Raven. U.S.A.
- Fuster, J. M. (1999). Sinopsis of function and dysfunction of the frontal lobe”, en *ACTA Psychiatrica Scandinavica Acta Psychiatr*, 99, 51-57.
- Fuster, J. M. (2001). The prefrontal cortex – an update: time is of the essence. *Neuron*, 30, 319-333.
- Fuster, J. M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of neurocytology*, 31, 373-385.
- Garey, L. (1999). *Brodmann's: Localization in the cerebral cortex*. Londres. Imperial College Press.
- Goel, V. & Grafman, J. (1995). Are de Frontal Lobes Implicated in “Planning” Functions? Interpreting Data From The Tower of Hanoi. *Neuropsychology*, Vol. 33, No. 5, pp. 623-642, 1995.
- Goel, V., Pullara, S. D. & Grafman, J. (2001). A computational model of frontal lobe dysfunction: working memory and the Tower of Hanoi Task. *Cognitive Science*, 25, 287-313.
- Goldberg, T. E., Saint-Cyr J. A. & Weinberger D. R. (1990). Assessment of procedural learning and problem solving in schizophrenic patients by Tower of Hanoi type task. *Journal of Neuropsychiatry*, 2, 165-173.
- Golde, J.A., Strassberg, D.S. & Turner, C.M. (2000). Psychophysiologic assessment of erectile response and its suppression as a function of stimulus media and previous experience with plethysmography. *The Journal of sex research*. 37:53-59.
- González-Hernández, J.A., Pita-Alcorta, C., Cedeño, I., Bosch-Bayard, J., Galan-García, L., Sherbaum, W. A. & Figueroa-Rodríguez, P. (2002). Wisconsin Card sorting test synchronizes the prefrontal, temporal and posterior association cortex in diferente frequency ranges and extensions. *Human Brain Mapping*, 17:37-47.
- Graber, B., Rohrbaugh, J. W., Newlin, D. B., Varner, J. L. & Ellingson, R. J. (1985). EEG during masturbation and ejaculation. *Arch of Sexual Behav*, 14, 491-503.
- Grafman, J., Holyoak, K. J. & Boller, F. (1995). Structure and Functions of the Human Prefrontal Cortex. *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 769.

- Gruber, T. & Muller, M. M. (2006). Oscillatory brain activity in the human EEG during indirect and direct memory tasks. *Brain Res*, 1097(1), 194–204.
- Guevara, M. A., Lorenzo, I., Arce, C., Ramos, J. & Corsi-Cabrera, M. (1995). Inter- and intra hemispheric EEG correlation during sleep and wakefulness. *Sleep*, 18, 257-265.
- Guevara, M.A. & Hernández-González, M. (2006). *Registro y análisis automatizado de señales bioeléctricas cerebrales durante la ejecución sexual*. Universidad de Guadalajara. México.
- Guevara, M.A., & Hernández-González, M. (2009). EEGmagic: programa para analizar señales electroencefalográficas. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*.
- Guevara, M.A., Ramos, J., Hernández-González, M., Madera-Carrillo, H. & Corsi-Cabrera, M. (2000). CAPTUSEN: un sistema para la adquisición computarizada del EEG y potenciales relacionados a eventos. *Revista Mexicana de Psicología*, 17(1), 77-88.
- Guevara, M.A., Rizo, L, Ruiz-Díaz, M., & Hernández-González, M. (2009). HANOIPC3: A computer program to evaluate executive functions. *Computer methods and programs in biomedicine*, 95, 158–165.
- Guevara, M.A., Martinez-Pelayo, M., Arteaga Silva, M., Bonilla-Jaime, H. & Hernandez-Gonzalez, M. (2008). Electrophysiological correlates of the mesoaccumbens system during male rat sexual behavior. *Physiology and behavior*, 96:545-552.
- Guevara, M.A., Ramos, J. & Corsi-Cabrera, M. (1997). Un método práctico para el espectro de correlación entre señales electroencefalográficas para evaluar relaciones funcionales entre áreas cerebrales. *Revista Mexicana de Psicología*, 14(1); 5-12.
- Gutierrez, S. & Corsi-Cabrera, M. (1988). EEG activity during performance of cognitive tasks demanding verbal and/or spatial processing. *International journal of Neuroscience*, 35, 1-7.
- Guyton, C. A. (1987). *Basic Neurociencia, Anatomy and Physiology*. Philadelphia. Saunders.
- Hamilton, W. D., Henderson, P. A. & Morán, N. A. (1981). Fluctuation of environment and coevolved antagonist polymorphism as factors in the maintenance sex. En R.

- D. Alexander y D. W. Tinke. *Natural Selection and Social Behavior*. Chiron Press pp. 125-131. New York.
- Harmony, T., Marosi, E., Becker, J., Reyes, A., Rodríguez, M., Bernal, J., Hinojosa, G. & Fernández, T. (1992). Correlación entre el análisis de frecuencias del EEG y el rendimiento en pruebas de atención selectiva y memoria en niños. *Revista latina de pensamiento y lenguaje*. 1: 96-103.
- Harmony, T., Marosi, E., Díaz de León, A. E., Becker, J. & Fernández, T. (1991). Factores de riesgo biológicos y socioculturales que afectan la maduración del EEG en el niño. En: *Ontogenia Neural*. México. Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas.
- Heat, R. G. (1972). Pleasure and brain activity in man. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 151, 3-18.
- Henson, D. E. & Rubin, H.B. (1971). Voluntary control of eroticism. *Journal of applied behavior analysis*. 4: 37-44.
- Hernández-González, M. (2002). *Motivación animal y humana*. Manual Moderno. México.
- Hernandez-Gonzalez, M., Prieto-Beracochea, C.A., Arteaga-Silva, M. & Guevara, M.A. (2007). Different functionality of the medial and orbital prefrontal cortex during a sexually motivated task in rats. *Physiology and behavior*, 90:450-458.
- Herrmann, C. S., Munk, M. H. J. & Engel, A. K., (2004). Cognitive functions of gamma-band activity: memory match and utilization. *Trends Cogn Sci* 8 (8), 347–355.
- Herwig, U., Satrapi, P. & Schönfeldt-Lecuona, C. (2003). Using the international 10-20 EEG system for positioning of transcranial magnetic stimulation, *Brain Topogr*, 16, 95-99.
- High, R. W., Rubin, H. B., & Henson, D. (1979). "Color as a variable in making an erotic film more arousing", *Archives of Sexual Behavior*, 8(3), 263-267.
- Homan, R., Herman, J. & Purdy, P. (1987). Cerebral location of international 10-20 system electrode placement. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 66, 376-382.
- Hyvärinen, J. (1982). *The parietal cortex of monkey and man*. Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. Germany.

- Jasper, H. H. (1958). Report of the Committee on Methods of Clinical Examination in Electroencephalography, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 370-1.
- John, E., Karmel, B., Cornig, W., Eaton, P., Brown, D., Ahn, H., John, M., Harmony, T., Prichep, L., Toro, A., Gerson, I., Bartlett, F., Thatcher, F., Kaye, H., Valdes, P. & Schwartz, E. (1977). Neurometrics. *Science*, 196, 1393-410.
- Julien, E., & Over, R. (1984). Male sexual arousal with repeated exposure to erotic stimuli. *Arch. Sex. Behav.* 13: 211-222.
- Jurado, M. B. & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: a review of our current understanding. *Neuropsychol Rev.* 17: 213-233-
- Kaiser, J. & Lutzenberger, W. (2005). Cortical oscillatory activity and the dynamics of auditory memory processing. *Rev Neurosci*, 16 (3), 239–254.
- Karama, S., Lecours, A.R., Leroux, J.M., Bourouin, P., Beaudoin, g., Joubert, S. & Beauregard, M. (2002). Areas of brain activation in males and females during viewing of erotic film excerpts. *Human Brain Mapping*, 16: 1-13.
- Kassubek, J., Juengling, F.D., Ecker, D. & Landwehrmeyer, G.B. (2005). Thalamic atrophy in Huntington's disease co-varies with cognitive performance: a morphometric MRI analysis. *Cereb. Cortex*, 15 (6), 846–853.
- Kellaway, P. (1979). An orderly approach to visual analysis: parameters of the normal EEG in adults and children, pp.69-147. En: *Current Practice of Clinical Electroencephalography*. Klass, D. W., Daly, D. D. (eds). Raven Press, New York.
- Keppel, B. & Hamilton, A. (2007). *Sexual and affectional orientation and identity scales*. Bisexual Resource Center. Portland, ME, USA.
- Kinsey, A. C., Pomeroy, W. R. & Martin, C. E. (1948). *Sexual Behavior in the Human Male*. 610-666. Philadelphia: W.B. Saunders; Bloomington: Indiana U. Press.
- Kirkorian, R., Bartok, J., & Gay, N. (1994). Tower of London procedure: A standardized method and developmental data. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16, 840-850.
- Koechlin, E., Basso, G., Pietrini, P. Panzer, S. & Grafman, J. (1999). The role of the anterior prefrontal cortex in human cognition. *Nature*. 399: 148-151.

- Korzeniewska, A., Kasicki, S. & Zagrodzka, J. (1997). Electrophysiological correlates of the limbic-motor interactions in various behavioral states in rats. *Behavioural Brain Research*, 87(1): 69-83.
- Krasnegor, N., Lyon R. G. & Goldman-Rakic, P. (1997). *Development of the Prefrontal Cortex. Evolution, Neurobiology, and behavior*. Ed. Paul H. Brookes Publishing Co. Inc. Baltimore, Maryland.
- Kutas, M. & Dale, A. (1996). Electrical and magnetic readings of mental functions. En: Rugg, D. *Cognitive Neuroscience*. Massachusetts: The MIT Press.
- Ledo-Varela, M. T., Giménez-Amaya, J. M. & Llamas, A. (2006). *El complejo amigdalino humano y su implicación en los trastornos psiquiátricos*. Facultad Medicina, Universidad Autónoma de Madrid.
- Leiguarda, R. (2003). Control cortical del movimiento: Aspectos Básicos. *Archivos de neurología, neurocirugía y neuropsiquiatría*.7: 2-6.
- Lenz, D. (2009). *Behavioural and cognitive relevance of evoked gamma-band responses in ADHD patients and healthy children*. Dissertation doctor rerum naturalium, Fakultat fur Naturwissenschaften der Otto-von-Guericke-Universitat Magdeburg.
- León-Carrión, J. & Barroso & Martin, J. M. (2001). La torre de Hanoi/Sevilla: una prueba para evaluar las funciones ejecutivas, la capacidad para resolver problemas y los recursos cognitivos. *Revista Española de neuropsicología*, 4, 63-72.
- León-Carrión, J., Damas-López, J., Izzetoglu, K., Pourrezai, K., Martin-Rodríguez, J. F., Barroso y Martin, J. M. & Domínguez-Morales, M. R. (2006). Differential time course and intensity of PFC activation for men and women in response to emotional stimuli: A functional near infrared spectroscopy (fNIRS) study. *Neuroscience Letters*. 403: 90-95.
- León-Carrión, J., Martin-Rodríguez, J. F., Damas-López, J., Pourrezai, K., Izzetoglu, K., Barroso y Martin, J. M. & Dominguez-Morales, M. R. (2007). Does dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) activation return to baseline when sexual stimuli cease? *Neuroscience Letters*, 416, 55-60.
- León-Carrión, J., Martin-Rodríguez, J. F., Damas-López, J., Pourrezai, K., Izzetoglu, K., Barroso y Martin, J. M. & Domínguez-Morales, M. R. (2007b). A lasting post-

- stimulus activation on dorsolateral prefrontal cortex is produced when processing valence and arousal in visual affective stimuli. *Neuroscience Letters*, 422, 147-152.
- Leslie, J. (1988). *The Catwoman*. Iridium Pictures. Formato DVD. www.adultdvd.com
- Lezak M. (1982). The problems of assessing executive functions. *Int J Psychol*, 17, 281-297.
- Lopes da Silva, F. (1991). Neural mechanisms underlying brain waves: from neural membranes to networks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 79, 81-93.
- Luquin, MR. Pomares, E. Martínez-Vila & Noé, E. *Los circuitos fronto-basales: un modelo de comprensión de los problemas motores y cognitivos que presentan los pacientes con enfermedades que afectan a los ganglios basales*. I Congreso Virtual de Psiquiatría 1 de Febrero - 15 de Marzo 2000 [citado: sept-2007]; Conferencia 19-CI-C: [25 pantallas]. Disponible en: http://www.psiquiatria.com/congreso/mesas/mesa19/conferencias/19_ci_c.htm
- Luria A. R. (1962). *Higher cortical functions in man*. Ed. English translation by Haigh B. of 1st Russian edition (Moscow University Press, Moscow). New York: Basic Books and Plenum Press.
- Luria A.R. (1973). *The working Brain. An introduction to Neuropsychology*. London: Penguin Press.
- Macapagal, K., Janssen, E., Fridberg, D. J., Finn, P. R., & Heiman, J. R. (2010). The effects of impulsivity, sexual arousability, and abstract intellectual ability on men's and women's go/no-go task performance. *Archives of Sexual Behavior*. Advance online publication.
- Mankeliunas, M. (1987). *Psicología de la Motivación*. Mexico: Trillas.
- Masand, P. S., Ashton, A. K., Gupta, S. & Frank, B. (2001). Sustained-release bupropion for selective serotonin reuptake inhibitor-induced sexual dysfunction: a randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel-group study. *Am J psychiatry*, 158, 805-807.
- Masters, W.H. & Johnson, V.E. (1966). *Human Sexual Response*. Toronto; New York: Bantam Books.

- Mathias, C., CardealMendes, C. M., Ponde de sena, E., Dias de Moraes, E., Bastos, c., Braghiroli, M. I., Nuñez, G., Athanazio, R., Alban, L., Moore, H. C. F. & Del Giglio, A. (2006). An open-label, fixed dose study of bupropion effect on sexual function scores in women treated for breast cáncer. *Anal. of oncology*, 17, 1792-1796.
- Mazzocco M. M., Hagerman R. J., Cronister S. A., & Pennington B. F. (1992). Problem solving limitations among cytogenetically expressing Fragile X-women. *American Journal of medical genetics*, 43, 78-86.
- McGahuey, C. A., Gelenberg, A. J., Laukes, C. A., Manber, R., McKnight, K. M., Moreno, F. A. & Delgado, P. L. (2000). The Arizona Sexual Experience Scale (ASEX): reliability and validity. *J Sex Marital Ther*, 26, 25-40
- Meisel, R. & Sachs, B. D. (1994). The physiology of male sexual behavior. Chapter 35. En: Knobil, E. y Neill, J. D. *The physiology of reproduction volume 1*. Raven Press.
- Mesulam, M. M. (1990). Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Ann. Neurol.*, 28: 597-613.
- Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin*, 27(3), 272–277.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H. & Howerter, A. (2000). The unitary and diversity of executive function and their contributions to complex “Frontal lobe” Tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*. 41: 49-100.
- Monchi, O., Petrides, M., Petre, V., Worsley, K. & Dagher, A. (2001). Wisconsin Card Sorting Revisited: Distinct Neural circuits participating in different stages of the task identified by event-related functional magnetic resonance imaging. *Journal of Neuroscience*. 21, 7733-7741.
- Morris, R. G., Ahmed, S., Syed, G. M. & Toone, B.K. (1993). Neural correlates of planning ability: frontal lobe activation during the Tower of London test. *Neuropsychologia*, 31, 1367-1378.
- Mosovich, A. & Tallaferró, A. (1954). *Studies on EEG and sex function orgasm*. Dis Nerv Syst. New York. Jul, 15: 218-220.
- Niedermeyer, E. (1999). The normal EEG of the waking adult. *Electroencephalography*. USA. Lippincott Williams y Wilkins.

- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. En R. J. Davidson, G. E. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and Selfregulation*: Plenum Press.
- Okamoto, M., Dan, H., Sakamoto, K., Tadeo, K., Shimizu, K., Cono, S., Oda, I., Isobe, S., Suzuki, T., Johyama, K., & Dan, I. (2004). Three-dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via the international 10–20 system oriented for transcranial functional brain mapping. *NeuroImage*, 21(1), 99–111.
- Ozzonoff, S., Pennington, B. F. & Rogers, S. J. (1991). Ejecutive functions deficits in high-functioning autistic individuals; Relationship to theory of mind. *Journal of child Psychology*, 32, 1081-1105.
- Patrick, C. J. & Lavoro, S. A. (1977). Ratings of emotional response to pictorial stimuli: Positive and negative affect dimensions. *Motivation and Emotion*. 21: 297-321.
- Paul, T., Schiffer, B., Zwarg, T., Kruger, T. H. C., Karama, S., Schedlowski, M., Forsting, M. & Gizewski, E. R. (2007). Brain response to visual sexual stimuli in heterosexual and homosexual males. *Human Brain Mapping*.
- Pessoa, L. & Engelmann, J.B. (2010). Embedding reward signals into perception and cognition. *Frontiers in Neuroscience*. *Front. Neurosci.* 4:17.
- Petrides, M. (1995). Impairments on nonspatial self-ordered and externally ordered working memory tasks after lesions of the mid- dorsal part of the lateral frontal cortex in the monkey. *Journal of Neuroscience*, 15, 359-75.
- Pfaff, D.W., Kieffer, B.L., Swanson, L.W. (2008). Mechanisms for the regulation of state changes in the central nervous system: an introduction. *Ann N Y Acad Sci.* 1129:1-7.
- Pfaus, J., Kippin, T. & Coria-Avila G. (2003). What can animal models tell us about human sexual response? *Annu Rev Sex Res.* 14:1-63.
- Piazza, L., Markowitz, J., Kocsis, J., Leon, A., Portera, L., Miller, N. & Adler, D. (1997). Sexual functioning in chronically depressed patients treated with SSRI antidepressants: a pilot study. *Am J Psychiatry*, 154, 1757-1759.
- Pillard, R.C. & Bailey, J. M. (1998). Human sexual orientation has a heritable component. *Human Biology*, 70; No. 2.

- Pineda, D. A., Merchan, V., Rosselli, M. & Ardila, A. (2000). Estructura factorial de la función ejecutiva en estudiantes universitarios jóvenes. *Rev Neurol*, 31, 1112-8.
- Portellano, J. A. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. Ed. Mc Graw Hill. Madrid, España.
- Quintana, J. & Fuster, J. M. (1999). From perception to action: temporal integrative functions of prefrontal and parietal neurons. *Cerebral Cortex*, 9, 213-221.
- Rajnish, R. & Balwant, S. S. (2008) Hyperprolactinaemia with amisulpride. *Indian journal of Psychiatry*, 50, 54-56.
- Redouté, J., Stoleru, S., Gregoire, M.C., Costes, N., Cinotti, L., Lavenne, F., Le Bars, D., Forest, M.G. & Pujol, J.F. (2000). Brain processing of visual sexual stimuli in males. *Hum. Brain Mapp*, 11, 162– 177.
- Rieger, G., Chiever, M. L. & Bailey, M. (2005). Sexual Arousal Patterns of bisexual men. *Psychological Science*, 16: 8; 579-584.
- Risberg, J. & Grafman, J. (2006) *The frontal lobes. Development, Function, and Pathology*. University Press. Cambridge.
- Rizo-Martinez, L. (2009). Correlación electroencefalográfica prefrontal y parietal durante la ejecución de Torres de Hanoi en relación a la edad, en niños, adolescentes y adultos jóvenes de sexo masculino. Tesis de Maestría: Universidad de Guadalajara.
- Rose, J.E. & Woolsey, C.N. (1948). The orbitofrontal cortex and its connections with the mediodorsal nucleus in rabbit, sheep and cat. *Research Publications – Association for Research in Nervous and Mental Disease*. 27:210–232.
- Rossi, S., Cappa, S.E., Babiloni, C., Pasqualetti, P., Miniussi, C., Carducci, F., Babiloni, F. & Rossini, P.M. (2001). Prefrontal cortex in long-term memory: an “interference” approach using magnetic stimulation. *Nature Neuroscience*, 4: 948-1017.
- Roth, E. (2005) *“Hostal”*. Película de terror formato DVD.
- Royall, D. R., Lauterbach, E. C., Cummings, J. L., Reeve, A., Rummans, T. A., Kaufer, D. I., La France, W.C. & Coffey, C. E. (2002). Executive control function: A review of its promise and challenges for clinical research. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*, 14, 377-405.

- Sachs, B. (2000). Contextual approaches to the physiology and classification of erectile function, erectile dysfunction, and sexual arousal. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 24, 541-560.
- Sachs, B. (2007). A contextual definition of male sexual arousal. *Hormones and Behavior*, 51, 569-578.
- Sachs, B. D. & Barfield, R. J. (1976). Functional analysis of masculine copulatory behavior in the rat.
- Schuepbach, D., Merlo, M. C.G., Goenner, F., Staikov, I., Mattle, H. P., Dierks, T. & Brenner, H. D. (2002) Cerebral hemodynamic response induced by the Tower of Hanoi puzzle and the Wisconsin Card Sorting Test. *Neuropsychologia*, 40, 39-53.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M.M., Hillman, C. H., Hamm, A.O. & Lang, P. J. (2004). Brain processes in emotional perception: motivated attention. *Cogn. Emot.*, 18, 593–611.
- Semendeferi, K., Lu, A., Schenker, N. y Damasio, H. (2002). Humans and great apes share a large frontal cortex. *Nature Neuroscience*, 5, 272-276.
- Shaw, J. C. (1984). Correlation and Coherence analysis of the EEG: A selective tutorial Review. *Int journal of Psych*, 1, 255-266.
- Simon, H. T. (1975). The functional equivalence of problem solving skills. *Cognitive Psychology*, 7, 268-288.
- Simons, R. F., Detenber, B. H., Cuthbert, B. N., Schwartz, D. & Reiss, J. E. (2003). Attention to Television: alpha Power and its relationship to image motion and emotional content. *Media psychology*, 5, 283-301.
- Speckmann, E. J. & Elger, C. E. (1999). Introduction to the Neurophysiological Basis of the EEG and DC Potentials. En: Niedermeyer, E. *Electroencephalography*, (pp. 15-27). USA: Lippincott Williams and Wilkins.
- Spiering, M., Everaerd, W., & Janssen, E. (2003). Priming the sexual system: Implicit versus explicit activation. *The Journal of Sex Research*, 40: 134–145.
- Stark, R., Schienle, A., Girod, C., Walter, B., Kirsch, P., Blecker, C., Ott, U., Schafer, A., Sammer, G., Zimmermann, M. & Vaitl, D. (2005). Erotic and disgust-inducing pictures-differences in the hemodynamic responses of the brain. *Biological Psychology*. 70: 9-29.

- Stoléru, S., Gregorie, M.C., Gerard, D., Decety, J., Lafarfe, E., Cinotti, L., Lavenne, F., Le Bars, D., Vernet-Maury, E., Rada, H., Collet, C., Mazoyer, B., Forest, M. G., Magnin, F., Spira, A. & Comar, D. (1999). Neuroanatomical correlates of visually evoked sexual arousal in human males. *Archives of sexual behavior*. Vol. 28, No. 1.
- Stuss, D. T. & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: conceptual view. *Psychol Res*, 63(3-4), 289-98.
- Stuss, D. T. & Benson (1986). Neuropsychological Studies of the Frontal Lobes. *Psychological Bulletin*. Vol. 95. No. 1, 3-28. U.S.A.
- Stuss, D.T. & Levine, B. (2002). Adult clinical neuropsychology: Lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401-433.
- Stuss, D.T. (1992). Biological and psychological development of executive functions. *Brain and Cognition*. 20, 8-23.
- Talairach, J., & Tournoux, P. (1988). *Co-planar stereotaxic atlas of the human brain*. New York: Thieme Medical.
- Tallon-Baudry, C. & Bertrand, O. (1999). Oscillatory gamma activity in humans and its role in object representation. *Trends Cogn Sci*, 3 (4), 151–162.
- Tekin S. & Cummings J. (2002). Frontal-Subcortical neural circuits and clinical neuropsychiatry. An update. *Journal of Psychosom Research*, 53, 647-654.
- Thatcher, R. W. (1998). Normative EEG databases and EEG biofeedback. *Journal of Neurotherapy*, Vol 2(4) Spr 1998, 8-39.
- Thatcher, R. W., Krause, P. J. & Hrybyk, M. (1986). Cortico-cortical associations and EEG coherence: a two-compartmental model. *Electroencephalography Clinical Neurophysiology*, 64, 123-43.
- Thornton, K. E. & Carmody, D. P. (2005). Electroencephalogram biofeedback for reading disability and traumatic brain injury. *Child Adolesc Psychiatric Clin Am*. 14: 137-162.
- Tiitinen, H., Sinkkonen, J., Reinikainen, K., Alho, K., Lavikainen, J. & Naatanen, R. (1993). Selective attention enhances the auditory 40-Hz transient response in humans. *Nature*, 364(6432), 59–60.

- Tzschentke, T. M. (2000) The medial prefrontal cortex as a part of the brain reward system. *Amino Acids*. 19: 211-219.
- Tzschentke, T. M. (2001). Pharmacology and behavioral pharmacology of the mesocortical dopamine system. *Progress in Neurobiology*. 63: 241-320.
- Ventura, Z. A., Pérez, M., & Carrasco; H. (2005). Valoración del lóbulo temporal por IRM, en pacientes del hospital central militar con crisis epilépticas parciales complejas. *Rev neurología, neurocirugía y psiquiatría*. 38: 7-10.
- Waxman, S. G. (2003). *Clinical Neuroanatomy*. McGraw-Hill. 25° Ed.
- Welsh, M. & Huizinga, M. (2001). *The development and preliminary validation of the tower of hanoi-revised*. Psychological Assessment. Vol. 8, No. 2, 167-176. University of Northern Colorado & University of Amsterdam.
- Welsh, M. C. & Pennington, B. F. (1988). Assessing frontal lobe functioning children: views from Developmental psychology. *Developmental neuropsychology*. 4:199-230.
- Welsh, M. C. (1991). Rule-guided Behavior and self-monitoring on the tower of Hanoi Disk-transfer Task. *Cognitive Develop*, 6, 59-76.
- Welsh, M. C., Cicerello, A., Cuneo, K. & Brennan, M. (1994). Error and temporal patterns in Tower of Hanoi performance: Cognitive mechanisms and individual differences. *The Journal of General Psychology*, 122, 69-81.
- Welsh, M. C., Pennington, B. F., & Groisser, D. B. (1991). A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7, 131-149.
- Welsh, M. C., Pennington, B. F., Ozonoff, S., McCabe, E. R., & Rouse, B. (1990). Neuropsychology of early-treated phenylketonuria: Specific executive function deficits. *Child Development*, 61, 1697-1713.
- Williams, J.B. (1988). "A Structured Interview Guide for the Hamilton Depression Rating Scale," *Archives of General Psychiatry*, American Medical Association, 45: 742-747.
- Woodworth, R.S. (1918). *Dynamic psychology*. New York: Columbia University Press.

- Yoshimoto, K., Useda, S., Kato, B., Takeuchi, Y., Kawai, Y., Noritake, K. & Yasuhara, M. (2000). Alcohol enhances characteristic releases of dopamine and serotonin in the central nucleus of the amygdale. *Neurochemistry international*. 37: 369-376.
- Zelazo, P. D., Müller, U., Frye, D., Marcovitch, S., Argitis, G. & Boseovski, J., (2003). The development of executive function in early childhood. *Monogr Soc Res Child Dev*. 68: vii-137.
- Zelazo, P., Carter, A., Reznick, J. & Frye, D. (1997). Early development of executive function: a problem solving framework. *Review of general psychology*. 1: 198-226.
- Zsigmond, V. (1992). *The Long Shadow*, Simitar Entertainment Inc. Formato DVD. USA.

11. ANEXOS

11.1. Carta de consentimiento

Usted está invitado a participar en un estudio de investigación orientado a evaluar el efecto de la estimulación visual sobre la actividad eléctrica cerebral y la ejecución de una tarea cognoscitiva. Por esta razón, a través de este formato, le estamos solicitando su consentimiento para participar en una sesión de registro electroencefalográfico, durante la cual le será aplicada una tarea de ejecución cognoscitiva.

INFORMACIÓN

1. Los procedimientos que se seguirán, son métodos NO INVASIVOS e indoloros.
2. Tanto los directores del proyecto como los responsables de las sesiones de registro y análisis de datos son profesionales en el área de la investigación y están ampliamente capacitados para llevar a cabo este proyecto.
3. La identidad de todos los participantes en los registros se mantendrá anónima.
4. La información y los resultados de la investigación no serán usados para ningún propósito engañoso.
5. Todos los datos que resulten relevantes para el interés científico serán publicados en revistas especializadas y representarán los datos de toda una muestra.

RIESGOS

No hay riesgos previsibles en esta investigación ni antes ni después del registro electroencefalográfico. Como se mencionó anteriormente, la identidad de todos los participantes que sean registrados se mantendrá anónima.

c) BENEFICIOS

El registro electroencefalográfico es una técnica ampliamente utilizada en el diagnóstico de alteraciones de la actividad eléctrica cerebral, como son epilepsia o tumores entre otras. Al participar en este proyecto, el registro realizado pudiera servirle como una referencia del estado de salud que guarda su sistema nervioso central.

NIVEL DE CONFIANZA

Los materiales de investigación no estarán al acceso de ninguna persona que no forme parte del grupo de trabajo del laboratorio de Neurofisiología de la Conducta Reproductiva, ni serán usados sin el permiso del jefe del mismo.

Si usted tiene preguntas en algún momento acerca de este estudio o los procedimientos, usted debe contactar a los responsables del proyecto, Dra. Marisela Hernández González y/o Mtra. Marina Ruiz Díaz: Instituto de Neurociencias, Universidad de Guadalajara. Calle Francisco de Quevedo 180, col. Arcos Vallarta, Guadalajara, Jalisco C.P. 44130. Teléfono: 38180740 ext. 5861 y 5862. Correo electrónico: mariselh@cencar.udg.mx y/o marina_ruiz_diaz@yahoo.com.

PARTICIPACIÓN

Su participación en este estudio es voluntaria. Si usted decide no participar puede retirarse en cualquier momento del estudio sin problema alguno.

CONSENTIMIENTO

Yo he leído este formato y he recibido una copia de él. Todas mis interrogantes con respecto a mis intereses particulares han sido respondidas satisfactoriamente. Por consiguiente yo estoy de acuerdo en participar en este estudio.

Nombre y firma del participante _____.

Guadalajara, Jalisco a _____ de _____ de 200____.

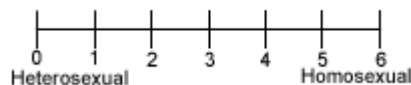
11.2. Entrevista de datos generales

Clave de Identificación: _____ Fecha: _____
Hora: _____ Escolaridad: _____
Edad: _____ Estatura: _____
Fecha de nacimiento: _____ Peso: _____
Preferencia Manual (marca según sea tu caso): Diestro Zurdo Ambidiestro
Antecedentes Médicos Relevantes: _____
Estas tomando algún medicamento: _____
¿Cuántas tazas de café te tomas al día? _____
¿Fumas? _____ ¿Cuántos cigarrillos diarios? _____

11.3. Escala de rangos homosexual-heterosexual de Kinsey (Kinsey, et al., 1948).

Este es un método de auto-evaluación basado en su experiencia individual. Os rangos de la escala desde "0" quien pudiera calificarse a si mismo como heterosexual sin ninguna experiencia, deseo o actividad sexual con personas de su mismo sexo, o pueden calificarse a sí mismos como "6" exclusivamente homosexual sin experiencia, deseo o actividad sexual con personas del sexo opuesto.

Elige la opción que consideres más adecuada:



- 0- Exclusivamente heterosexual
- 1- Predominantemente heterosexual, solo incidentalmente homosexual
- 2- Predominantemente heterosexual, pero más que incidentalmente homosexual
- 3- Igualmente heterosexual y homosexual
- 4- Predominantemente homosexual, pero más incidentalmente heterosexual
- 5- Predominantemente homosexual, solo incidentalmente heterosexual
- 6- Exclusivamente homosexual

11.4. *Escala Arizona de Experiencia Sexual (ASEX, McGahuey, et al., 2000)*

La escala Arizona de Experiencia Sexual (ASEX) es una escala de 5 reactivos que cuantifican el impulso sexual, activación sexual, erección penénea, habilidad para alcanzar el orgasmo y satisfacción en el orgasmo. Posibles rangos de calificación de 5 a 30.

1. *¿Qué tan fuerte es tu impulso sexual?*

- 1 Extremadamente fuerte
- 2 Muy fuerte
- 3 Algo fuerte
- 4 Algo débil
- 5 Muy débil
- 6 Ausente

2. *¿Qué tan fácil te excitas sexualmente?*

- 1 Extremadamente fácil
- 2 Muy fácil
- 3 Algo fácil
- 4 Algo difícil
- 5 Muy difícil
- 6 Nunca

3. *¿Puedes fácilmente obtener y mantener una erección?*

- 1 Extremadamente fácil
- 2 Muy fácil
- 3 Algo fácil
- 4 Algo difícil
- 5 Muy difícil
- 6 Nunca

4. *¿Qué tan fácilmente puedes alcanzar el orgasmo?*

- 1 Extremadamente fácil
- 2 Muy fácil
- 3 Algo fácil

4 Algo difícil

5 Muy difícil

6 Nunca

5. *¿Son satisfactorios tus orgasmos?*

1 Extremadamente satisfactorios

2 Muy satisfactorios

3 Algo satisfactorios

4 Algo insatisfactorios

5 Extremadamente insatisfactorios

6 Nunca alcanzo el orgasmo

Total

11.5. *Prueba de Depresión de Hamilton (Williams, 1988)*

Marque con una X sobre el número de cada síntoma que represente lo que haya experimentado, en forma casi diaria, durante el último mes:

A) Humor depresivo (tristeza, desesperanza, desamparo, sentimiento de inutilidad):

0. Ausente

1. Estas sensaciones las expresa solamente si le preguntan cómo se siente

2. Estas sensaciones las relata espontáneamente

3. Sensaciones no comunicadas verbalmente (expresión facial, postura, voz, tendencia al llanto).

4. Manifiesta estas sensaciones en su comunicación verbal y no verbal en forma espontánea

B) Sentimientos de culpa:

0. Ausente

1. Se culpa a sí mismo, cree haber decepcionado a la gente

2. Tiene ideas de culpabilidad o medita sobre errores pasados o malas acciones

3. Siente que la enfermedad actual es un castigo

4. Oye voces acusatorias o de denuncia y/o experimenta alucinaciones visuales amenazadoras

C) Suicidio:

0. Ausente
1. Le parece que la vida no vale la pena ser vivida
2. Desearía estar muerto o tiene pensamientos sobre la posibilidad de morirse
3. Ideas de suicidio o amenazas
4. Intentos de suicidio (cualquier intento serio)

D) Insomnio precoz:

0. No tiene dificultad
1. Dificultad ocasional para dormir, por ejemplo le toma más de media hora el conciliar el sueño
2. Dificultad para dormir cada noche.

E) Insomnio intermedio:

0. No hay dificultad
1. Esta desvelado e inquieto o se despierta varias veces durante la noche en forma espontánea
2. Esta despierto durante la noche, cualquier ocasión de levantarse de la cama (excepto por motivos de evacuar)

F) Insomnio tardío:

0. No hay dificultad
1. Se despierta a primeras horas de la madrugada, pero se vuelve a dormir
2. No puede volver a dormirse si se levanta de la cama

G) Trabajo y actividades:

0. No hay dificultad
1. Ideas y sentimientos de incapacidad, fatiga o debilidad (trabajos, pasatiempos)
2. Pérdida de interés en su actividad (disminución de la atención, indecisión y vacilación)
3. Disminución del tiempo actual dedicado a actividades o disminución de la productividad
4. Dejó de trabajar por la presente enfermedad. Solo se compromete en las pequeñas tareas, o no puede realizar estas sin ayuda

- H)** Inhibición psicomotora (lentitud de pensamiento y lenguaje, facultad de concentración disminuida, disminución de la actividad motora):
0. Palabra y pensamiento normales
 1. Ligeramente retrasado en el habla
 2. Evidente retraso en el habla
 3. Dificultad para expresarse
 4. Incapacidad para expresarse
- I)** Agitación psicomotora:
0. Ninguna
 1. Juega con sus dedos
 2. Juega con sus manos, cabello, etc.
 3. No puede quedarse quieto ni permanecer sentado
 4. Retuerce las manos, se muerde las uñas o los labios, se tira de los cabellos
- J)** Ansiedad psíquica:
0. No hay dificultad
 1. Tensión subjetiva e irritabilidad
 2. Preocupación por pequeñas cosas
 3. Actitud aprensiva en la expresión o en el habla
 4. Expresa sus temores sin necesidad que le pregunten
- K)** Ansiedad somática (*Signos físicos de ansiedad tales como: Gastrointestinales: sequedad de boca, diarrea, eructos, indigestión, etc. Cardiovasculares: palpitaciones, cefaleas. Respiratorios: hiperventilación, suspiros. Frecuencia de micción incrementada. Transpiración*):
0. Ausente
 1. Ligera
 2. Moderada
 3. Severa
 4. Incapacitante
- L)** Síntomas somáticos gastrointestinales:
0. Ninguno
 1. Pérdida del apetito pero come sin necesidad de estímulo. Sensación de pesadez

en el abdomen

2. Dificultad en comer si no le insisten. Solicita laxantes o medicación intestinal para sus síntomas gastrointestinales

M) Síntomas somáticos generales:

0. Ninguno

1. Pesadez en las extremidades, espalda o cabeza. Dorsalgias. Cefaleas, dolores musculares. Pérdida de energía y fatigabilidad (cansancio fácil).

2. Cualquier síntoma bien definido

N) Síntomas genitales (tales como: disminución de la libido y trastornos menstruales):

0. Ausente

1. Débil

2. Grave

O) Hipocondría:

0. Ausente

1. Preocupado de sí mismo (corporalmente)

2. Preocupado por su salud

3. Se lamenta constantemente, solicita ayuda

P) Pérdida de peso:

0. Pérdida de peso inferior a 500 gramos en una semana

1. Pérdida de más de 500 gramos en una semana

2. Pérdida de más de 1 kg. en una semana

Q) Introspección (insight):

0. Se da cuenta que está deprimido y enfermo

1. Se da cuenta de su enfermedad pero atribuye la causa a la mala alimentación, clima, exceso de trabajo, virus, necesidad de descanso, etc.

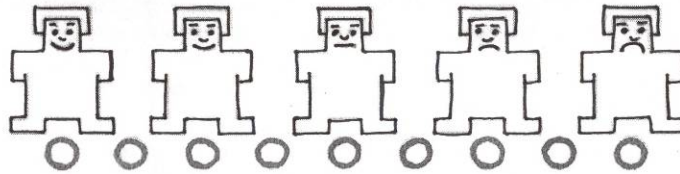
2. No se da cuenta que está enfermo

Si el puntaje es igual o mayor de 10 el score es positivo como diagnóstico de depresión.

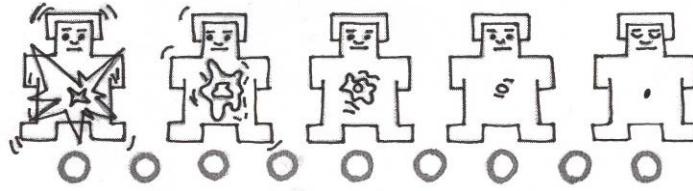
11.6. *Evaluación subjetiva del video en cuanto a valencia, activación y excitación sexual (modificado de Bradley & Lang, 1994).*

INSTRUCCIONES: Con relación al video que observaste por favor contesta lo siguiente acuerdo a los siguientes criterios:

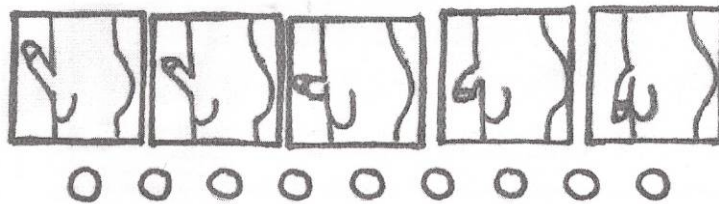
1) Valencia (muy agradable/ muy desagradable)



2) Activación General (altamente activado/ nada activado)



3) Erección peneana (altamente erecto /nada erecto)



11.7. *Cuestionario de Motivación Sexual.*

Ante la serie de preguntas o afirmaciones que se te presentan a continuación por favor contesta con las respuestas que más se aproximen a tu realidad. *Todas las preguntas son en relación a los últimos 6 meses.*

1. He visto películas con contenido sexual

Nunca Casi nunca Regularmente Casi siempre Siempre

2. He visto películas con contenido sexual pornográfico explícito

Nunca Casi nunca Regularmente Casi siempre Siempre

3. Cuando veo películas pornográficas me siento excitado

Nunca Casi nunca Regularmente Casi siempre Siempre

4. Cuando veo una película pornográfica cuanto tiempo dedico a verlas

0 a 1 hora 1 a 2 horas 2 a 3 horas 3 a 4 horas 4 a 5 horas

5. ¿Revisas imágenes con contenido sexual o pornográficas ya sea en revistas, internet, televisión y/o cine?

Nunca Casi nunca Regularmente Casi siempre Siempre

6. ¿Has tenido relaciones sexuales? _____

(En caso de que tu respuesta sea afirmativa contesta lo siguiente)

7. ¿A qué edad fue tu primera relación? _____

8. ¿Cuántas parejas sexuales has tenido? _____

9. ¿Cuál es tu preferencia sexual? _____

10. ¿Con que frecuencia tienes relaciones sexuales? _____

Comentarios

Agradecemos tu participación.

12. GLOSARIO DE ABREVIATURAS

ANDEVA	-	Análisis de Varianza
APOM	-	Área Preóptica Medial
ASEXS	-	Escala Arizona de Experiencia Sexual
ATV	-	Área Tegmental Ventral
CPF	-	Corteza Prefrontal
CPF DL	-	Corteza Prefrontal Dorso-Lateral
EEG	-	Electroencefalograma
EKG	-	Electrocardiograma
EOG	-	Electrooculograma
FE	-	Funciones Ejecutivas
Hz	-	Hertz
IAPS	-	Sistema internacional de fotos afectivas
IEM	-	Mecanismo de Intromisión y eyaculación
N.Acc.	-	Núcleo Accumbens
NLP	-	Núcleo Lateral Posterior
NVL	-	Núcleo Ventro Lateral
PA	-	Potencia Absoluta
PR	-	Potencia Relativa
PRE	-	Potenciales Relacionados con Eventos
RMf	-	Resonancia Magnética funcional
rTER	-	Correlación Interhemisférica
rTRA	-	Corelación Intrahemisférica
SAM	-	Mecanismo de Activación Sexual
SI	-	Corteza somatosensorial primaria
SII	-	Corteza somatosensorial secundaria
SNC	-	Sistema Nervioso Central
TOH	-	Torres de Hanoi
TOL	-	Torres de Londres
TV	-	Televisión
WCST	-	Wisconsin Card Sorting Test