

01985

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
PSICOLOGÍA**

NEUROCIENCIAS DE LA CONDUCTA

**MEDIDAS ESPECTRALES DEL EEG DURANTE
ESTADOS EMOCIONALES POSITIVOS, NEGATIVOS
Y NEUTROS, DE HOMBRES Y MUJERES.**

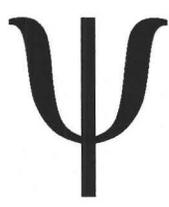
TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN PSICOLOGÍA

PRESENTA

MTRO. EN NEUROCIENCIAS
OSCAR ALBERTO BAZÁN GUZMÁN

DIRECTORA DE TESIS: DRA. ERZSÉBET MAROSI HOLCZBERGER

JURADO: DRA. MARÍA CORSI CABRERA
DR. JORGE BERNAL HERNÁNDEZ
DRA. MARÍA GUILLERMINA YÁÑEZ TÉLLEZ
DR. FRUCTUOSO AYALA GUERRERO
DRA. MARÍA DOLORES RODRÍGUEZ ORTÍZ
DRA. IRMA YOLANDA DEL RÍO PORTILLA



MÉXICO, D.F. MARZO DEL 2005.

m343566



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Sin tí, ningún logro valdría en mi vida;

junto a tí, ningún reto es difícil.

¡Gracias por tomar mi mano y no soltarla jamás,

así como Yo!

*“que lindo sería saber si mañana con tú madera en árbol vuelva a
nacer...”*

¡GRACIAS AMOR!

*Yo sé que aún están muy pequeños y no lo podrán entender, pero
deben saber que la más mínima acción que hacemos su Mamá y Yo es*

por el amor que les tenemos a los dos

DANIEL y DAMIAN



¡GRACIAS POR SER NUESTRA FUERZA!



Agradezco a:

*MIS PADRES por apoyarme en todo momento;
educarme y guiarme por el camino correcto, con sabiduría y amor.*

MIS HERMANOS por brindarme su apoyo incondicional .

*Dra. Erzsèbet por creer y confiar en mí. Créame, no desperdiciaré
nada de lo que aprendí con Ud.*

*Todos los Doctores y Maestros que intervinieron en mi formación
académica, por su tiempo y enseñanzas.*

*A TODOS LOS QUE AYUDARON A MI FORMACIÓN,
QUE LES PUEDO DECIR SINO:*

¡GRACIAS!

RESUMEN

Diferentes estudios han establecido que entre el cerebro de los hombres y el de las mujeres existen diferencias dimórficas, mientras otros dicen que éstas diferencias no son más que la variabilidad interindividual. Existen datos electrofisiológicos y de neuroimagen que demuestran diferencias de género tanto en la organización como en el funcionamiento cerebral. Este estudio se propuso dilucidar diferencias entre el EEG de hombres y mujeres durante la resolución de tareas emocionales. Se llevó a cabo con 80 estudiantes universitarios (40 hombres, 40 mujeres) durante estados emocionales imaginativos. Los estímulos fueron frases con contenido emocional positivo, negativo y neutro. Los registros de EEG fueron hechos en 20 derivaciones referenciales. Se calcularon los parámetros espectrales para cada 1 Hz de frecuencia desde 1.5 hasta 20.5 Hz. El MANCOVA de medidas repetidas con corrección de Greenhouse (CI como covariable) demostró para las mujeres amplitudes mayores en casi todas las bandas así como mayor cantidad de actividad en las bandas lentas, y para los hombres mayor actividad en las bandas rápidas. Los hombres mostraron actividad diferenciada entre los estados emocionales, y mayor amplitud durante la situación neutra especialmente en las frecuencias bajas. Estos resultados muestran diferencias significativas en el funcionamiento cerebral dependientes del sexo, que no pueden considerarse solamente como variación individual. También revelan que las mujeres procesan en forma más uniforme los estímulos con valencia positiva y negativa, en contraste con los hombres que lo hacen en forma más diferenciada. Estas diferencias no son cualitativas, más bien probablemente se relacionan con el uso diferente de recursos al procesar los estímulos emocionales.

ÍNDICE.

	Pág.
INTRODUCCIÓN.	1
Teorías de la emoción.	3
Anatomía de la emoción.	9
Respuestas emocionales.	25
El electroencefalograma (EEG) como técnica para el estudio de las emociones.	28
OBJETIVO.	41
HIPÓTESIS.	41
MATERIALES Y MÉTODOS.	43
RESULTADOS.	48
DISCUSIÓN.	67
CONCLUSIONES.	74
BIBLIOGRAFÍA.	75

MEDIDAS ESPECTRALES DEL EEG DURANTE ESTADOS EMOCIONALES POSITIVOS, NEGATIVOS Y NEUTROS, DE HOMBRES Y MUJERES.

INTRODUCCIÓN.

Desde finales del siglo XIX y hasta la fecha el estudio de las emociones se ha mantenido como un tema de gran interés y de continua investigación. Esto se debe a que es un proceso que influye fuertemente en la conducta y porque es un eslabón importante entre la conciencia y los mecanismos neuronales (LeDoux, 2000).

Las emociones son un tema difícil de estudiar. En parte porque la conciencia emocional (creación y procesamiento) se da de manera subjetiva y sólo se puede estudiar a través de sus manifestaciones conductuales y fisiológicas (autónomas y hormonales); y en parte, porque aún no se cuenta con una definición científica u objetiva de qué entendemos por emoción.

Existen diferentes definiciones de emoción, pero en esencia, todas las emociones son impulsos para actuar, planes instantáneos para enfrentarnos a la vida. La raíz de la palabra emoción es "motore", el verbo latino que significa "mover", además tiene el prefijo "e" que implica alejarse, esto sugiere que en toda emoción hay una tendencia implícita a actuar (Ekman, 1992). Por su parte, Carpenter (1998) considera que "en su más amplio sentido, el comportamiento emocional hace referencia a patrones de actividad que no se dirigen a objetivos particulares, sino que son útiles como ayuda para el comportamiento cotidiano". Consideramos que esta definición no es del todo correcta pues las emociones sí persiguen objetivos específicos que en última instancia permiten la supervivencia del organismo. Estas definiciones se refieren a la emoción como un patrón de actividad, más no mencionan si es de tipo fisiológico, conductual, cognoscitivo u otro.

Goleman (1995) considera que la emoción es un sentimiento con pensamientos característicos, que implican un conjunto de estados psicológicos, biológicos y una variedad de tendencias a actuar.

Como ya se mencionó, no se ha definido de manera precisa (científicamente) el término emoción, en nuestro lenguaje cotidiano (y así lo consideraremos en el presente trabajo) nosotros usamos el término para referirnos a nuestros sentimientos y estados de ánimo, y lo expresamos por medio de nuestra conducta y de nuestras respuestas fisiológicas (Kandel et al., 2000).

Los estados emocionales se tratan de explicar por medio de la interacción existente entre los factores periféricos y los centrales que intervienen en la generación de las emociones. Nosostros hablaremos de los factores periféricos refiriéndonos tanto a la entradas sensoriales que provocan el estado emocional, como a las respuestas autónomas que lo acompañan; y al hablar de factores centrales a los procesos cognoscitivos que intervienen durante la emoción.

TEORÍAS DE LA EMOCIÓN.

El tema de las emociones ha sido ampliamente tratado. Los filósofos griegos en su inicio lo abordaron bajo una tendencia cognoscitivista. Platón dividía al espíritu o mente en tres principales funciones: deseo, razón y pasión. Siendo la razón un producto moral que ejercía un importante control sobre la pasión.

Durante la edad media se ensombreció el conocimiento general, debido a que todos los pensamientos estuvieron subordinados a los intereses de la religión. Fue hasta 1872 que se dio paso a nuevas teorías con la publicación del libro de Darwin sobre las emociones. Darwin creía que las emociones son una señal de preparación de los organismos para actuar. Él consideraba que las emociones tienen un carácter evolutivo, hay emociones primitivas como sonreír y el miedo y otras que surgieron conforme la evolución avanzó como la tristeza y la pena.

Posteriormente surgió la teoría de James-Lange (James, 1884 y Lange, 1887, cit. en Carlson, 1996), el primero un filósofo norteamericano, el segundo un psicólogo danés. De manera separada, ellos postularon que las emociones se dan gracias a que la información externa (el o los estímulos, por ej., un ladrido de perro) llega a la corteza, ésta se activa y genera respuestas autónomas (sudoración, taquicardia, etc.) que son interpretadas como una emoción. De ésta manera, podría considerarse que en razón de que lloramos nos sentimos tristes, o sea, la emoción sería una respuesta cognoscitiva a la información periférica, ya que según esta teoría, el llanto desencadena la tristeza. Dicho en palabras de Lange:

"Debemos todo el aspecto emocional de nuestra vida mental, nuestras alegrías y penas, nuestras horas felices e infelices, a nuestro sistema vasomotor. Si las impresiones que llegan a nuestros sentidos no poseyeran el poder de estimularlo, deambularíamos por la vida, sin empatía ni pasión, y todas las impresiones del mundo externo sólo podrían enriquecer nuestra experiencia, incrementar nuestro conocimiento, pero nada podría producirnos inquietud ni miedo" (Lange, 1887; cit. en Rosenzweig y Leiman, 1993).

En 1927 Cannon publicó: *The James-Lange theory of emotions: a critical examination and an alternative theory*. Este autor criticó la teoría de James y Lange con 4 principales argumentos: 1) Sherrington operó perros cortándoles todas las conexiones viscerales que llevaban la información periférica al cerebro y los perros continuaron demostrando las típicas reacciones emocionales de miedo y furia; 2) Son pocas las respuestas autónomas que acompañan los cambios del amplio rango de diferentes emociones, difícilmente éstas podrían ser las responsables de la amplia gama

de sensaciones emocionales; 3) Canon también argumentó que los órganos viscerales como el estómago y el corazón tienen una sensibilidad muy limitada y una lenta velocidad de reacción (ésta varía de un cuarto de segundo hasta algunos minutos) en cambio las respuestas emocionales son mucho más rápidas que esto; 4) Canon realizó pruebas para inducir cambios viscerales inyectando adrenalina a un grupo de personas para producir artificialmente los mismos cambios en la frecuencia cardíaca, en los niveles de glucosa de la sangre y así fortalecer la producción natural que se da durante las emociones. La mayoría de la población sólo reportó sentirse con energía, una sensación de "activación", pero no reportaron algún tipo de emoción. Además normalmente la gente no es consciente de los cambios viscerales.

Canon y Bard notaron que los estados emocionales implicaban un considerable gasto de energía, por lo que enfatizaron que algunas emociones son una respuesta de emergencia del organismo a una condición de súbita amenaza. Tal respuesta produce una activación máxima del componente simpático del sistema nervioso autónomo (incremento de la frecuencia cardíaca, movilización de glucosa, etc.). La activación de las vísceras por el sistema simpático, según esta teoría, se produce porque los estímulos emocionales excitan a la corteza cerebral, que a su vez desinhibe los mecanismos de control talámico. La activación del tálamo produce entonces excitación cortical, lo que provoca experiencias emocionales y actividad del sistema nervioso autónomo (Rosenzweig y Leiman, 1993).

Bajo esta idea, Cannon y Bard realizaron una serie de estudios que los llevaron a sugerir que "estructuras subcorticales, como el hipotálamo y el tálamo, tienen una doble función: aportan las órdenes motoras coordinadas que regulan los signos periféricos de la emoción y dan a la corteza la información que se requiere para la percepción cognoscitiva de las emociones" (Kandel et al., 2000).

Freud (1915) consideraba que los mecanismos de inconsciencia mental estaban íntimamente conectados con la emoción. Él consideraba que la represión de los impulsos sexuales y la culpa se trabajaban en el inconsciente y causaban la histeria de sus pacientes. Por ello rehabilitaba a sus pacientes por medio de la hipnosis y de la asociación libre, pues sólo así se revelaba la información inconsciente. Sin embargo, él no creó una teoría completa de las emociones.

Watson consideraba que la emoción no podía existir sin los cambios o reacciones fisiológicos que acompañan a la misma, adoptando así la teoría de James-Lange. Bajo la tendencia conductista se usó el paradigma de condicionamiento y se le atribuyeron a la emoción factores motivacionales (Lyons, 1999).

En 1937 el francés Papez publicó “A proposed mechanism of emotion”. En este documento propuso que las emociones dependen de un circuito de estructuras cerebrales llamado sistema límbico (“circuito de Papez”). Con el tiempo se le han adherido estructuras al circuito original (éstas se observan en la figura 1). Papez difería con el actual papel que se le asigna al sistema límbico para las emociones. Él consideraba que las entradas sensoriales eran divididas por el tálamo para tres diferentes tipos de procesamientos: movimientos, pensamientos y sentimientos (Kalat, 1980).

En 1962 se publicó el artículo “Cognitive, social and physiological determinants of emotional state” con él, Schachter agregó el aspecto cognoscitivo y social al estudio de las emociones. Este autor sugirió que los individuos interpretan la activación visceral en términos del estímulo que la provoca, de las situaciones del entorno y de sus estados cognoscitivos. De acuerdo con esta perspectiva, la emoción depende de la interacción entre activación periférica y valoración cognoscitiva, pero también de la percepción de que existe una conexión causal entre la activación fisiológica periférica y la actividad fisiológica central que lleva a la cognición emocional (Rosenzweig y Leiman, 1993). Es decir, para que se interprete la emoción como tal, intervienen más componentes que la pura información periférica; por ejemplo si lloramos, se considera la situación en que nos encontramos (el llanto puede ser provocado por un cuerpo extraño en el ojo, gas lacrimógeno, o una escena que vemos, etc.), nuestro estado cognoscitivo en el momento (si estamos tristes, enojados, asustados, etc.), así como nuestros recuerdos y conocimientos respecto a la situación actual (si ya nos ha pasado antes, qué consecuencias hemos tenido, etc.). Schachter sustentó esta teoría en un estudio en el cual inyectó adrenalina a voluntarios; a algunos sujetos se les informó de esto y a otros no. Después, todos los sujetos fueron sometidos a unas condiciones molestas o a unas agradables. Al evaluar las respuestas emocionales de los sujetos, se encontró que el grupo informado mostró menos ira o euforia que el grupo no informado. Schachter consideró que el grupo informado atribuyó su activación al fármaco, en tanto que el no informado lo asumió como una emoción producto de las condiciones en sí (Brown, 1986).

Al estudiar pacientes con lesiones en la amígdala y en la corteza prefrontal, Damasio (1994) encontró que éstos sufrían alteraciones en sus estados emocionales, por lo que destacó la intervención de estas estructuras en la elaboración de las emociones.

Damasio consideró que las propuestas respecto a la emoción de James-Lange, de Schachter y de él mismo se complementaban entre sí y daban origen a una teoría. De acuerdo con esta teoría

las emociones son esencialmente una historia que el encéfalo construye a partir de los estímulos externos, de la situación presente, de las experiencias y de las expectativas para explicar las reacciones corporales. Una ventaja de la teoría James-Lange-Schachter-Damasio es que permite entender porqué un mismo grupo de respuestas autónomas puede darse durante diferentes emociones, por ejemplo, cuando estamos enojados o alegres nos aumenta la frecuencia cardíaca, nos tiemblan o sudan las manos, aumenta nuestra frecuencia respiratoria, etc. Son emociones diferentes, pero las respuestas autónomas son similares. Esta teoría en comparación con las más recientes tiene la desventaja de que no especifica funciones ni interacciones de las estructuras centrales, si bien Damasio resalta la importancia de éstas, no menciona (de manera específica) su secuencia de intervención, ni características de la misma.

En la actualidad se ha encontrado que las teorías de James-Lange-Schachter-Damasio y de Cannon-Bard son complementarias entre sí, pues son tan importantes los factores periféricos como los centrales para la generación de las emociones. Parece ser que la emoción es el producto de la integración de la información externa (estímulos y contexto) e interna (expectativas y experiencia).

Posteriormente surgieron las teorías de niveles múltiples de la emoción. Éstas se caracterizan por ofrecer explicaciones a diferentes niveles, en los que se relacionan aspectos funcionales, anatómicos y psicológicos.

Recientemente Bechara et al. (2000) retomaron la teoría del marcador somático y consideraron que ésta provee un sistema de niveles neuroanatómicos y una estructura cognoscitiva para tomar decisiones influidas por la emoción. La idea principal de esta hipótesis es que la elaboración de una decisión es un proceso influido por señales marcadas que despiertan un proceso bioregulatorio, que incluye expresiones mismas de emoción y sentimientos. Esta influencia puede ocurrir en múltiples niveles de operación, algunos de los cuales ocurren conscientemente y otros son inconscientes.

Una de las teorías más completas, a nuestro parecer, es el "modelo de niveles múltiples" propuesta por LeDoux (1995, 2000). Este autor distingue dos clases de procesamiento: cognoscitivo y afectivo y se enfoca al estudio de las interacciones entre ambos en el cerebro. Utilizando la técnica del condicionamiento al miedo, describe los caminos neuronales que están involucrados en el procesamiento emocional. LeDoux considera que las entradas sensoriales, perceptuales y cognoscitivas convergen en la amígdala. Con esto se activa la vía subcortical que guarda la memoria de las emociones previamente experimentadas, llamada "vía rápida y sucia".

En la actualidad se han encontrado más estructuras subcorticales y regiones corticales que intervienen en el procesamiento de las emociones (de éstas se hablará más adelante), sin embargo, aunque se ha avanzado en el conocimiento sobre las funciones que éstas tienen durante la emoción, aún no se tiene un circuito que aclare las relaciones existentes entre ellas. Incluso, es posible que existan circuitos diferentes para los diferentes tipos de emoción.

Lane et al. (1997a) estudiaron 12 mujeres sanas por medio de la PET. Utilizaron como estímulos pinturas con carga emocional placentera, no placentera y neutras. La activación durante las pinturas no placenteras a diferencia de las demás se dio en la corteza bilateral occipito-temporal y cerebelo, en la amígdala, en el giro parahipocampal izquierdo y en el hipocampo. Por su parte, las pinturas placenteras a diferencia de las otras mostraron una mayor activación en la cabeza del núcleo caudado izquierdo. Los autores concluyen que existen estructuras compartidas por las emociones placenteras y no placenteras, pero también cada tipo de emoción consta de estructuras independientes que conforman su red neuronal.

La generación y procesamiento de la conciencia emocional es producto del análisis de la información sensorio-perceptual y cognoscitiva realizado principalmente por la amígdala (Adolphs, 1994, 1995; Morris et al., 1996; Damasio, 1998; LeDoux, 1998; Whalen et al., 1998a; Streit, 1999; Tabert, 2001), el hipocampo (Beeckman y Michiels, 1996; Lane et al., 1997a; Frankland et al., 1998), y otras estructuras subcorticales y regiones corticales, principalmente, temporal y frontal. La corteza frontal también interviene en la planeación de la respuesta. En tanto que las respuestas emocionales son generadas por la amígdala (Morris et al., 1996; LeDoux, 1998; Tabert, 2001), el hipotálamo (Schwartz y Pfaff, 1985), en especial los cuerpos mamilares y los núcleos anteriores del tálamo (Cannon, 1929 y Bard, 1928 citado en Lane, 1997a) principalmente. Cabe mencionar que si bien estas estructuras se activan en el orden mencionado por LeDoux (1994, 1995, 2000) en su teoría de las emociones, es igualmente cierto que hay una retroalimentación continua y mutua entre ellas durante la emoción.

Amígdala.

La amígdala, cuerpo amigdalino o núcleo amigdalino es un grupo de núcleos que forma parte del cuerpo estriado.

Anatómicamente la amígdala se puede dividir en dos núcleos y dos vías eferentes:

- 1) El núcleo basolateral que recibe información de todas las modalidades sensoriales, y

- 2) el núcleo central el cual proyecta las dos principales vías eferentes de la amígdala:
- a) la estría terminal que inerva el hipotálamo, el núcleo de la estría terminal y el núcleo accumbens, y
 - b) la vía amigdalofugal que distribuye su información en el tronco cerebral.

Dada su diversidad de conexiones, se le ha atribuido a la amígdala un papel central en el procesamiento de las emociones.

Desde 1939 Klüver y Bucy hicieron algunas observaciones sobre las consecuencias conductuales de la ablación del lóbulo temporal y de las estructuras contiguas (entre ellas la amígdala) en el mono. Los autores observaron un aumento en la conducta sexual de los monos y una disminución en la agresión (Thompson, 1984). Esta hipersexualidad y agresión disminuida también fueron observadas en gatos por Schreiner y Kling en 1953 al lesionar de manera bilateral la amígdala y la corteza piriforme (Morin, 1979).

En diferentes estudios se ha observado que la amígdala interviene en el procesamiento de emociones negativas tales como el miedo, la ira o la repugnancia (Adolphs, 1994, 1995; LeDoux, 1998; Tabert, 2001), pero también interviene en las emociones positivas, como la alegría (Morris et al., 1996; Damasio, 1998; Streit, 1999).

Adolphs et al. (1999) estudiaron 9 sujetos con daño bilateral en la amígdala. Se les pidió que reconocieran expresiones faciales emocionales positivas y negativas (entre ellas de alegría y de miedo). Comparados con el grupo control (sujetos sanos) el grupo con el daño bilateral de la amígdala fue incapaz de reconocer las expresiones de miedo y algunas otras expresiones de emociones negativas, no así con respecto a las expresiones faciales de alegría las cuales fueron reconocidas sin problema. Los autores concluyeron que los datos concuerdan con la idea de que la amígdala es un eslabón importante en el reconocimiento de señales de peligro, por medio de las expresiones faciales.

En la actualidad se ha dado a la amígdala un papel central en el procesamiento emocional (Schneider et al., 1997; Whalen et al., 1998a; Davidson et al., 1999b; Adolphs et al., 1999), e incluso algunos autores (Rogan y LeDoux, 1996; Gallagher y Chiba, 1996; LeDoux, 1995, 2000) la han considerado el centro integrador de la información y conducta emocional a causa de la gran cantidad y diversidad de sus conexiones. Por ejemplo, LeDoux (1998) al realizar una revisión de diversos autores sobre el condicionamiento del miedo indica el circuito general de éste ante un estímulo auditivo. En primera instancia el estímulo condicionado auditivo es transmitido a través del sistema auditivo hacia el tálamo auditivo y el cuerpo geniculado medio,

de aquí se transmite hacia la amígdala y la corteza auditiva. La área cortical auditiva posteriormente proyectará información hacia la amígdala. El tálamo auditivo provee a la amígdala de información rápida, pero imprecisa, en tanto que la corteza auditiva, algo retrasada, dará una detallada representación del estímulo. Esta información sensorial converge en el núcleo lateral de la amígdala, y permitirá al núcleo central ser la interfase del sistema envuelto en el control de las respuestas condicionadas (conductuales, autónomas y hormonales), por medio de sus conexiones hacia el tallo cerebral.

El tipo de estímulo que se utilice puede activar diferentes regiones corticales sensoriales, pero la amígdala se mantiene como el centro integrador de la información sensorial y el generador de la respuesta emocional, pese a que se utilicen diferentes paradigmas o se investiguen diferentes tipos de emoción. La amígdala mantiene un papel predominante en el procesamiento de las emociones en estudios de imagen utilizando estímulos visuales (Tabert et al., 2001) ó auditivos LeDoux (1998), en estudios con pacientes con daño cerebral focalizado (Adolphs et al., 1999, 2000), así como en investigaciones con emociones tanto negativas (Adolphs, 1994; 1995; LeDoux, 1998; Tabert, 2001), como positivas (Morris et al., 1996; Damasio, 1998; Streit, 1999).

Hipocampo.

El hipocampo es una estructura alargada formada por un tipo modificado de corteza cerebral que se ha plegado hacia adentro para obtener así su forma característica. Prácticamente tiene conexiones con todo el sistema límbico, principalmente, con la amígdala, el giro del cíngulo y el hipotálamo. En diferentes estudios se ha demostrado la intervención del hipocampo en el procesamiento de las emociones (Frankland et al., 1998; Lane et al., 1997a; Beeckman y Michiels, 1996).

Las principales funciones con que se ha relacionado al hipocampo son: el aprendizaje (Gluck y Myers, 1996; Wise y Murray, 1999) y la memoria (Uecker et al., 1997; Duyckaerts et al., 1998; O'Reilly y Rudy, 2001), sin embargo, interviene en otros procesos tales como la emoción. Uno de los efectos más notables de la estimulación del hipocampo es la pérdida inmediata de contacto con cualquier persona que le esté hablando. Esto indica que el hipocampo interviene en el estado de alerta, permitiendo distinguir los estímulos nocivos de la manera más rápida y eficaz posible para la supervivencia del organismo. Uno de los papeles principales del hipocampo es asociar diferentes señales de ingreso que desencadenen reacciones límbicas adecuadas (Guyton,

1978). Frankland et al. (1998) analizaron sujetos con lesión en el hipocampo ante tareas de discriminación y condicionamiento contextual. Sus resultados demuestran que el hipocampo dorsal juega un rol esencial para la discriminación contextual, pero no interviene en procesos condicionados. Ello explica por qué no se observa activación del hipocampo en estudios como el de LeDoux (1998) en el que se utilizó un paradigma de condicionamiento.

El hipocampo y las áreas corticales cercanas (como la corteza entorrinal) tienen un papel fundamental en la consolidación de memorias explícitas (de hechos y sucesos). La extirpación de ambos lados del hipocampo en humanos genera amnesia anterógrada y al individuo le es difícil o imposible almacenar nuevas memorias (Nolte, 1994).

En diferentes estudios se ha observado que el hipocampo interviene de manera importante en la consolidación de la memoria episódica y semántica (Klimesch et al., 1994; 1997; LeDoux, 1994; Dolan et al., 2000). Así, el hipocampo es un eslabón importante en el procesamiento de las emociones, pues como ya mencionó (en las teorías de la emoción) durante éste la amígdala es influida por la memoria episódica del hipocampo (LeDoux, 1994).

Tálamo.

Cannon (1929) y Bard (1928) (citado por Lane, 1997a) propusieron que los núcleos anteriores del tálamo participaban en la integración de la expresión conductual y autónoma de la emoción.

Una de las funciones más conocidas del tálamo es que éste es un relevo de las vías sensoriales, con excepción de la modalidad olfatoria (Rosenzweig y Leiman, 1993; Carlson, 1996; Kandel et al., 2000). Cuando la información sensorial llega al tálamo, éste la proyecta en dos direcciones: hacia la amígdala y hacia la corteza. La primera activa la vía subcortical generando una emoción inicial influida por la memoria de las emociones previamente experimentadas, en tanto que la segunda procesará la información recibida y terminará modificando o inhibiendo la emoción inicial (LeDoux, 1994; 2000).

Hipotálamo.

El hipotálamo es un grupo de núcleos que regulan diferentes funciones autónomas y que se localizan en el diencefalo. Se caracteriza por ser una región donde los estímulos y respuestas

internas se coordinan con las externas; es tanto un detector de necesidades, como un generador de respuestas (Carpenter, 1998).

Si bien el hipotálamo no es el centro de la emoción si es la principal estructura que regula tanto las respuestas autónomas, como las hormonales de la emoción.

La influencia del hipotálamo es tanto directa como indirecta. Schwartz y Pfaff (1985) realizaron un experimento en el que demostraron cómo el hipotálamo controla las eferencias de los sistemas reticuloespinal y vestibuloespinal, los cuales ejercen un efecto decisivo en la conducta emocional.

También se ha observado que la estimulación del hipotálamo genera reacciones complejas. Por ejemplo, en gatos, la estimulación de la región lateral del hipotálamo genera una reacción agresiva conocida como “ataque calmado de mordedura” (ésta consiste en que el animal se acerca lentamente a una rata y le muerde el dorso). Si se estimula la región ventromedial se provoca otro tipo de agresión que se caracteriza por sus respuestas simpáticas y se le llama “defensa afectiva” (golpeará cualquier objeto dentro de su campo visual y maullara intensamente, retraerá la oreja, arqueará el lomo y habrá piloerección). En caso de estimular amplias regiones del hipotálamo se produce una “reacción de fuga” que consiste en que el gato trata de escapar de la jaula. En lesiones en humanos se han encontrado datos relativamente semejantes. Las lesiones del núcleo ventromedial provocan ataques maníacos con excitación y destructividad (House et al., 1982).

Cuerpos Mamilares. Estos núcleos son parte del hipotálamo y también intervienen en las respuestas autónomas de las emociones, sin embargo, tienen una importancia especial debido a sus aferencias y eferencias. Tienen dos vías principales que influyen en las emociones, una que va al núcleo talámico anterior (por medio del tracto mamilo-talámico) y que llega hasta el giro del cíngulo por medio de la cápsula interna y otra que va hacia la formación reticular mesencefálica y techo del puente (por el tracto mamilo-tegmentario) (Garoutte, 1983).

Núcleos Septales.

El área septal incluye una porción de la corteza límbica y un conjunto de pequeños núcleos. Las lesiones del área septal en animales producen una respuesta exagerada de sobresalto y un incremento en la agresividad (Thompson, 1984; Naranjo 1977). Ésto puede ser explicado por que el hipocampo proyecta axones a diferentes áreas del septum y por este conducto genera sus

efectos sobre la agresión hipotalámica, es decir, el septum sirve de relevo a la información que el hipocampo envía al hipotálamo (House, 1982).

Corteza Límbica.

La corteza límbica es la parte más antigua de la corteza cerebral. Histológicamente está formado por un tipo primitivo de tejido cortical llamado allocorteza (ésta rodea el hilio del hemisferio) y un segundo anillo de un tipo de corteza de transición llamado yuxtallocorteza, ubicada entre el anterior y el resto de los hemisferios cerebrales. El tejido cortical restante de los hemisferios es llamado neocorteza (ésta se estudiará en el siguiente apartado).

De la corteza límbica la más importante para la emoción es la del giro del cíngulo.

Corteza Del Cíngulo. El principal haz de asociación de la cara interna del hemisferio se localiza en el cíngulo ó circunvolución del cuerpo calloso. El cíngulo contiene fibras de longitud variable que conectan porciones de los lóbulos frontal y parietal con las regiones corticales parahipocámpicas y temporales adyacentes (Carpenter, 1985).

Papez desde 1937 consideró que la corteza del cíngulo era una parte esencial del circuito de las emociones, ésto ha sido corroborado por diferentes estudios, en los cuales se ha observado que la región anterior del cíngulo es la que interviene en las emociones (Lane et al., 1997b; Whalen et al., 1998b; Davidson et al., 1999a; Bush et al., 2000). Lane et al. (1997b) estudiaron por medio de la PET la actividad neuronal mientras se daban respuestas subjetivas emocionales ante pinturas con carga emocional. Observaron un aumento en la actividad neuronal de la cara rostral del cíngulo anterior. Whalen et al. (1998b) estudiaron la activación emocional utilizando palabras con carga emocional negativa y neutra por medio de la resonancia magnética funcional (fMRI). Estos autores observaron activación en la parte anterior del cíngulo durante la estimulación emocional. También Davidson et al. (1999a) encontraron por métodos de neuroimagen y estudio de lesiones que la parte anterior del cíngulo es un componente importante del circuito anatómico de las emociones.

Se considera que el cíngulo interviene en las siguientes funciones: atención (Goldman-Rakic, 1988; Posner y Petersen, 1990; Mesulam 1990; Colby, 1991), detección de errores (Gehring et al, 1993; Dehaene et al., 1994; Carter et al., 1998) y/o anticipación de estímulos (Murtha et al., 1996).

Bush et al. (2000) consideran que una teoría de la función del cíngulo anterior debe contemplar tanto el procesamiento específico de información sensorial, motora, cognoscitiva y emocional, como la integración de la información que recibe. Y que éste es afectado por actividad en otras regiones cerebrales y modulación de respuestas cognoscitivas, motoras, endócrinas y viscerales.

La región anterior del cíngulo está conectada con la amígdala, la sustancia gris periacueductal, el hipotálamo, la insula anterior, el hipocampo y la corteza orbitofrontal (Debinsky et al., 1995), y tiene salidas hacia los sistemas autónomo, visceromotor y endócrino. El cíngulo anterior interviene principalmente en la evaluación de la información emocional y motivacional sobresaliente y en la regulación de las respuestas emocionales (Vogt et al., 1992; Drevets y Raichle, 1998; Whalen et al., 1998b).

Neocorteza.

Se han relacionado diferentes regiones neocorticales con el procesamiento de las emociones. La activación de éstas es influida por el tipo de metodología utilizada en los experimentos, los tipos de estímulos, los paradigmas, los tipos de emoción estudiados, etc.

En primera instancia debemos mencionar que la región frontal (específicamente la región prefrontal y orbitofrontal) es la que parece estar más involucrada en el procesamiento de las emociones (Morgan et al., 1993; Schneider et al., 1995; Tucker et al., 1995; Lane et al., 1997a; Nakamura et al., 1997; Bechara et al., 2000; Liotti et al., 2000). Otra región que interviene ampliamente en el procesamiento de las emociones es la temporal, principalmente la parte anterior (Reiman et al., 1993; Patriots et al., 1995; Lane et al., 1999; Dolan et al., 2000). También se ha encontrado participación de las regiones parietales, sobre todo en la derecha (Reiman et al., 1993). Finalmente podemos decir que en algunos estudios en los que se utilizaron estímulos visuales se observó activación de la corteza occipital (Paradiso et al., 1997; Lane et al., 1999; Adolphs et al., 2000). Tucker et al. (1995) consideran que del lóbulo frontal surgen dos vías límbicas con información emocional que modifican las memorias de trabajo del lóbulo frontal: a) un camino límbico dorsal proyectado directamente del giro del cíngulo que puede ser modificado por evaluaciones hedónicas y acoplamiento sociales, puede iniciar un modo de control motor holístico e impulsivo, b) en contraste el otro camino, el límbico ventral es de la

amígdala hacia la corteza orbitofrontal, implementa un restringido modo de control motor que refleja una imperativa respuesta adaptativa de autopreservación.

Nakamura et al. (1997) estudiaron seis sujetos durante tres tareas de reconocimiento de caras con carga emocional y neutras por medio de la PET. Sus resultados muestran aumento en la actividad de la corteza prefrontal derecha durante los estímulos con carga emocional.

Bechara et al. (2000) consideran que la corteza orbitofrontal permite la toma de decisiones. Estas decisiones son influidas por las emociones por conducto de la misma corteza orbitofrontal en colaboración con la amígdala, la corteza somatosensorial e insular y por el sistema nervioso periférico.

Patriot et al. (1995) pidieron a 12 voluntarios que imaginaran y planearan su conducta en situaciones emocionales y no emocionales, utilizando PET para observar la activación generada. Sus resultados indican que la corteza prefrontal media y la temporal anterior tienen una mayor activación durante las situaciones emocionales en comparación con las no emocionales.

Dolan et al. (2000) estudiaron por medio de la PET la memoria episódica de sujetos a los que se les presentaron pinturas emocionales y neutras. Sus resultados muestran activación de la corteza temporal anterior y de la amígdala izquierda durante recuerdos de acontecimientos emocionales. Los autores concluyen que la memoria episódica refleja atributos físicos de los estímulos materiales, así como cualidades verbales y visuales, pero también refleja la significancia afectiva que dicho estímulo tiene para el sujeto.

Paradiso et al. (1997) analizaron la PET de 8 sujetos de edades de 55 a 78 años mientras observaban películas con carga emocional de alegría, miedo y disgusto, así como estados neutrales. Ellos encontraron que sus estímulos generaban activación del sistema visual que incluía la corteza visual primaria y secundaria, así como la corteza de asociación relacionada con el reconocimiento espacial y de objetos. Concluyeron que cada tipo de emoción activaba vías diferentes y específicas en cortezas límbicas y paralímbicas, por lo cual sugieren la necesidad de estudiar de manera específica las vías que se activan para cada tipo de emoción.

Lane et al. (1999) observaron la actividad cerebral por medio de la PET en sujetos masculinos, mientras estos observaban películas clasificadas de acuerdo a su valencia emocional. Sus resultados indican que independientemente de la valencia que tenían los estímulos hubo activación en la corteza visual extraestriada y en la zona temporal anterior, ambas en el hemisferio derecho. Los autores consideraron que sus resultados apoyan la hipótesis de que la emoción y la atención modulan etapas tempranas y tardías del procesamiento visual.

Las investigaciones referentes a la anatomía de las emociones concuerdan en las estructuras y áreas corticales que intervienen en el procesamiento de las emociones, no así en sus funciones y secuencia temporal. Por ello, las investigaciones actuales sobre la emoción se están enfocando al estudio de este tema desde una perspectiva integradora. No basta conocer qué estructuras subcorticales y qué áreas corticales intervienen en la generación y el procesamiento de la emoción, sino que ahora se pretende conocer cómo se relacionan estas estructuras, cuál es la secuencia temporal con que se activan y qué conexiones hay entre ellas.

Un ejemplo de este tipo de trabajos es el de Streit et al. (1999). En esta investigación se utilizó el magnetoencefalograma (MEG) para estudiar la secuencia de activación cerebral producida durante el reconocimiento de expresiones faciales con carga emocional. La activación observada fue en el siguiente orden:

- a) corteza temporal superior derecha en su porción posterior y de la occipitotemporal inferior derecha 160 ms. posteriores a la presentación de los estímulos;
- b) 40 ms. después (a los 200 ms. del estímulo) se observó actividad de la corteza temporal anterior derecha;
- c) en los siguientes 20 y 60 ms. se activó la misma región, pero en el hemisferio izquierdo;
- d) en los 20-40 ms posteriores se observó actividad en la amígdala, los autores consideran que esta secuencia confirma la intervención de la amígdala en la evaluación del significado emocional de las entradas sensoriales (la activación cortical mencionada fue considerada como consecuencias de los estímulos visuales utilizados, es decir de las entradas sensoriales);
- e) 240 ms. después del estímulo (aproximadamente), los autores observaron activación de la región anterior derecha del cíngulo; y
- f) la última área activada durante el reconocimiento de expresiones faciales emocionales fue la corteza prefrontal inferior izquierda.

De acuerdo con los autores estos datos proveen evidencia de que el reconocimiento de las emociones de las expresiones faciales es dado por una red de regiones cerebrales, que está constituida no sólo por la activación de patrones espaciales, sino que también está basado en un patrón relativamente consistente en el tiempo.

Especialización Hemisférica.

Finalmente, se deben mencionar los patrones de actividad cerebral durante los diferentes tipos de emociones. Existen dos tendencias importantes, ambas hacen referencia a una especialización hemisférica (que involucra regiones corticales y algunas estructuras subcorticales) durante los estados emocionales:

1) Se ha observado que el hemisferio izquierdo se enfoca a las emociones positivas (emociones placenteras), en tanto que el hemisferio derecho a las negativas (emociones no placenteras) (Sackeim et al., 1982; Campbell, 1982; Lee et al., 1993; Canli et al., 1998). En un experimento clásico se inyectó amital sódico por una carótida anestesiando con ello un hemisferio (este proceso es conocido como: test de Wada). Se observó una tendencia hacia los estados emocional positivos cuando se anestesiaba el hemisferio derecho, y una tendencia hacia emociones negativas cuando se anestesiaba el hemisferio izquierdo.

Lee et al. (1993) observaron videos de 20 sujetos a los que se les inyectó amobarbital por vía intracarótida. Los resultados demuestran que cuando se anestesia el hemisferio izquierdo prevalece una conducta negativa, en tanto que cuando se anestesia el derecho los sujetos mostraban una tendencia emocional positiva en su conducta.

Canli et al. (1998) estudiaron por medio de la resonancia magnética funcional (fMRI) 14 mujeres a las que se les presentaron bloques alternados de pinturas con valencia emocional positiva y negativa. Los autores observaron activación en el hemisferio izquierdo durante las pinturas de carga emocional positiva y activación en el derecho ante las pinturas con carga emocional negativa.

2) Estudios de reconocimiento de las expresiones faciales emocionales tienden a mostrar que es el hemisferio derecho el que tiene una mayor intervención para ambos tipos de emoción (Silberman y Weingartner, 1986; Ahern et al., 1991; Richards et al., 1995; Nakamura et al., 1997; Adolphs et al., 2000).

Ahern et al. (1991) estudiaron la habilidad para evaluar la intensidad de las expresiones faciales emocionales en pacientes a los que se les aplicó amital sódico por vía intracarótida. Los resultados revelaron que el hemisferio el derecho (en los diestros) juega un papel superior que el izquierdo en la percepción y evaluación de las expresiones emocionales.

Adolphs et al. (2000) estudiaron 108 sujetos con lesión cerebral focalizada (en diferentes áreas de uno de los hemisferios, por ejemplo corteza visual y/o somatosensorial) utilizando tres

tareas en las que los sujetos deberían de reconocer y nombrar seis emociones básicas. Sus resultados son consistentes con la idea de que el reconocimiento de los estados emocionales de otros individuos se da por medio de representaciones somatosensoriales internas que simulan cómo el otro individuo puede sentir de acuerdo a su expresión facial. Tal información es procesada principalmente en el hemisferio derecho en la corteza somatosensorial, con influencia de la corteza visual y de estructuras como la amígdala. Los autores concluyen que el proceso por el que se nombran las emociones es anatómicamente diferente al procesamiento conceptual de las mismas.

Sin embargo, también hay datos que no concuerdan por completo con ninguna de las dos teorías mencionadas. Por ejemplo, Pascual et al. (1996) estudiaron por medio de la estimulación magnética transcraneal (rTMS) a 10 voluntarios durante 5 estados emocionales (tristeza, ansiedad, alegría, cansancio y dolor/malestar). Con base en sus resultados los autores concluyeron que la región orbitofrontal izquierda se especializa en las emociones negativas y la región central derecha en emociones positivas.

DIFERENCIAS SEXUALES.

Dentro de las características anatómo-funcionales del cerebro humano encontramos diferencias muy importantes entre los encéfalos femeninos y los masculinos.

Rabinowicz et al. (2002) realizaron un estudio histo-morfométrico en 6 cerebros masculinos y 5 femeninos con edades entre 12 y 24 años. En cada cerebro se definieron 86 regiones y fueron analizadas por grosor cortical, se analizó la densidad de neuronas y de astrocitos así como el tamaño de su soma. Sus resultados indican una mayor densidad neuronal en los hombres en comparación con las mujeres sin que se encontraran diferencias por sexo en el grosor cortical.

Good et al. (2001) encontraron que en las mujeres hay proporcionalmente más materia gris y menos materia blanca que en los hombres. Las mujeres tienen una gran concentración de materia gris en la neocorteza, mientras que los hombres tienen más materia gris en la corteza entorrinal.

Allen y Gorski (1991) compararon la masa intermedia del tálamo en mujeres y hombres. Ellos reportaron que esta estructura cerebral es en promedio 53% más grande en las mujeres y es mucho más pequeña ó prácticamente ausente en los hombres. También observaron que la comisura anterior es 12% más grande en los cerebros femeninos.

Otero-Siliceo (1987) reporta que más mujeres que hombres tienen un plano temporal mayor en el hemisferio derecho. De igual forma las diferencias de peso entre los hemisferios cerebrales son menos marcadas en las mujeres que en los hombres (McGlone, 1980).

Fredrikse et al. (1999) describen diferencias sexuales en la anatomía principalmente en la corteza de asociación (ésta es la parte del cerebro responsable de operaciones mentales complejas tales como las experiencias cognitivas y las emocionales). Estos investigadores también encontraron que estas áreas del cerebro son asimétricas en los hombres, pero no en las mujeres, en los hombres estas áreas cerebrales son más grandes en el hemisferio izquierdo, mientras que en las mujeres la corteza de asociación derecha fue más grande. De manera general, estos autores observaron que los hemisferios cerebrales de las mujeres son más parecidos que los de los hombres.

De Courten-Myers (1999) menciona que las principales diferencias sexuales en los cerebros humanos son: 1) se ha observado que en el hipotálamo hay una región que tiene duplicada la población neuronal en los hombres en comparación con las mujeres; 2) el plano temporal en el hemisferio izquierdo es más largo en los hombres que en las mujeres; 3) algunos estudios revelan que el cuerpo calloso posterior es más amplio en las mujeres; y 4) un estudio de la

citoarquitectura demuestra que la corteza cerebral de los hombres tiene una mayor densidad neuronal que las mujeres.

Kawachi et al. (2002) estudiaron diferencias de género en el funcionamiento cerebral basado en el fluido sanguíneo cerebral y metabolismo cerebral por medio de la PET. Los hombres mostraron un mayor metabolismo de glucosa en la insula derecha, el giro temporal medio y la región media del lóbulo frontal en comparación con las mujeres. El metabolismo de glucosa fue significativamente mayor en el hipotálamo de las mujeres. Estos autores encontraron una correlación significativa entre el envejecimiento y el metabolismo de la glucosa en el tálamo izquierdo en los hombres y en el núcleo caudado izquierdo y en el hipotálamo en la mujer. En los hombres encontraron una asimetría entre los hemisferios cerebrales, no así en las mujeres.

La densidad de conexiones entre los dos hemisferios es mayor en las mujeres que en los hombres, lo que probablemente permite mayor comunicación entre éstos (Kimura, 1992). Con respecto a las diferencias funcionales de los cerebros femeninos y masculinos se ha observado mayor correlación interhemisférica en las mujeres en comparación con los hombres durante diferentes tareas (McGlone, 1980; Wexler y Lipman, 1988; Bowers y Labarba, 1988; Corsi et al., 1993), así como una mayor representación bilateral durante las funciones cognoscitivas, por parte de las mujeres (Jones, 1980; Moore, 1984; Voyer y Bryden, 1990). Tales encuentros implican una organización cortical diferente en cada sexo y sugiere poca diferenciación y/o alta cooperatividad entre los dos hemisferios de la mujer (Corsi et al., 1997). Este tipo de hallazgos han dado origen a la teoría del funcionamiento bilateral de los hemisferios de la mujer. Los hemisferios cerebrales de la mujer son más homogéneos entre sí ó bien su organización es más difusa en comparación con los hombres cuyos hemisferios son más heterogéneos ó bien tienen una organización más focalizada. No tenemos datos que mencionen este funcionamiento bilateral por parte de las mujeres durante los procesos emocionales, pero es muy posible que se den diferencias de este tipo.

También existen diferencias intrahemisféricas entre las mujeres y los hombres. Mientras los hombres muestran una localización más difusa del lenguaje y de las praxis motoras, las mujeres presentan una mayor intervención de las regiones anteriores para las mismas funciones (Kimura, 1987). Marosi et al. (1993) estudiaron las diferencias sexuales electroencefalográficas en niños normales durante el reposo. Sus resultados mostraron que las niñas tenían una mayor coherencia intrahemisférica derecha en comparación con los niños, en todas las bandas, principalmente en la banda theta. De igual forma Corsi et al. (1997) al estudiar las habilidades espaciales en grupos de

hombres y mujeres con alta y baja habilidad espacial, encontraron mayores correlaciones intrahemisféricas en los sujetos con alta habilidad espacial en comparación con los de baja habilidad espacial. También observaron una mayor correlación intrahemisférica entre hombres (principalmente entre F4 y C4 para beta 1 y 2 con ojos abiertos y para beta 2 con ojos cerrados) que en mujeres. En las mujeres se observó una mayor correlación intrahemisférica en el hemisferio derecho que en el izquierdo. Tales resultados apoyan la idea de que el hemisferio izquierdo es más especializado que el derecho en las mujeres y que ambos hemisferios son más especializados que los del hombre.

Kimura (1992) sugiere que este tipo de diferencias entre mujeres y hombres podría ser producto de la selección natural basado en los patrones de actividad de un pasado lejano, pero que aún se puede ver reflejado en los campos típicos en que se desarrolla cada sexo o más específicamente en las habilidades en que cada sexo puede destacar más fácilmente.

Las diferencias entre los sexos no se limitan únicamente a aspectos anatómicos y funcionales del encéfalo, sino que también se dan a nivel cultural y psicológico.

Tradicionalmente se considera que las mujeres son más emocionales que los hombres, e incluso se han asociado algunos estados emocionales a cada sexo, por ejemplo, a las mujeres se les asocia estereotípicamente con la alegría y la tristeza, en tanto que al hombre con el enojo y el orgullo. Sin embargo, la experiencia emocional es producto de la combinación de muchos factores. Entre ello se encuentra el contexto, la cultura, etc. Kelly y Houson-Comeaux (1999) estudiaron el efecto del contexto para los estados emocionales utilizaron 8 situaciones de eventos alegres, 8 de tristeza y 8 que generaban enojo, 4 de cada uno eran de situaciones interpersonales y 4 de logros personales. En el estudio participaron 33 mujeres y 44 hombres caucásicos. Sus resultados mostraron diferencias en las reacciones emocionales dependiendo de la situación en que se encontraban. En los eventos de tristeza y alegría se observó una mayor reacción en las mujeres durante las situaciones interpersonales, no obstante, durante las situaciones de logro personal se observó una mayor reacción por parte de los hombres. En el caso de las situaciones de enojo la reacción fue mayor por parte de los hombres. Estos datos muestran que las reacciones emocionales de mujeres y hombres pueden ser influidas por el contexto.

La cultura es otro factor que influye en las experiencias emocionales, en los estímulos que las generan, en la intensidad con que se viven, en la forma de expresarlo etc. Grossman y Wood (1993) mencionan que de acuerdo a la teoría del rol del género, la intensidad emocional de las

mujeres es mayor que la de los hombres, los autores consideran que ésto se debe a los roles sociales asignados tradicionalmente a los hombres y a las mujeres.

Otro factor importante que influye en la conducta emocional es el endócrino. Mientras que los hombres mantienen un nivel de hormonas sexuales relativamente continuo, las mujeres se encuentran sometidas a un ciclo de aumento y disminución de las mismas. Para nuestro estudio debemos considerar estos cambios hormonales, ya que se ha demostrado que afectan el estado emocional de las mujeres (Bancroft et al., 1988; Henderson y Whissell, 1997).

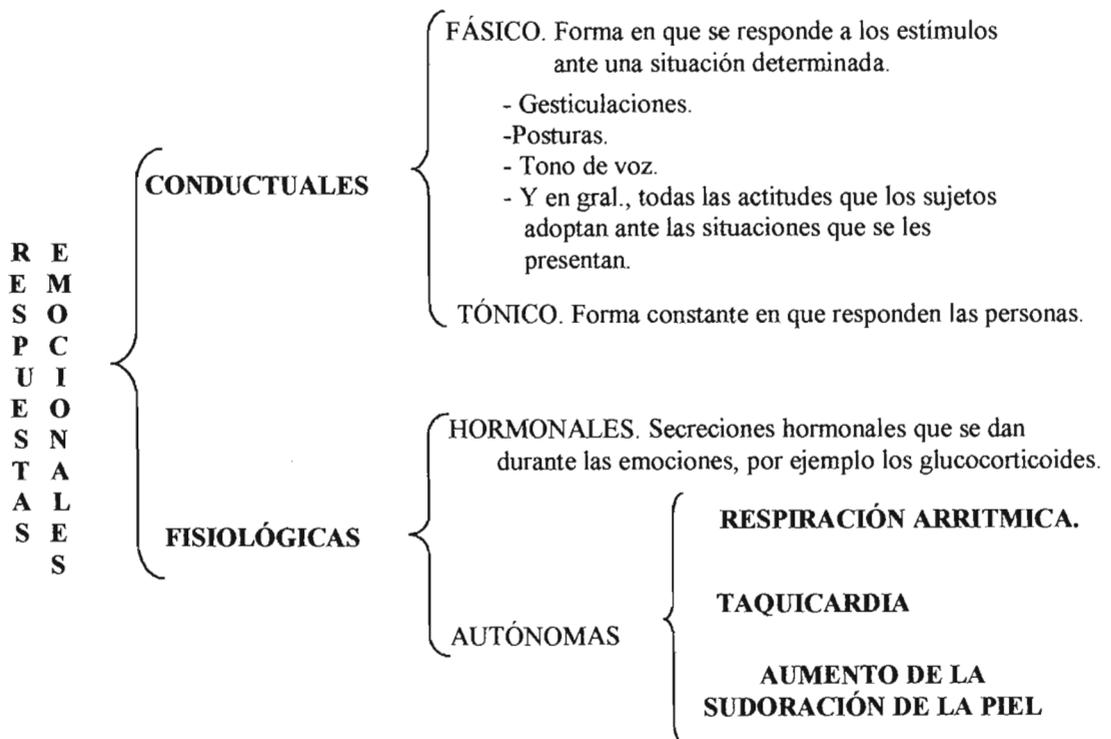
Henderson y Whissell (1997) realizaron un estudio en el que participaron 20 mujeres. Su objetivo fue mostrar los cambios en el estado emocional que las mujeres sufrían a causa de su ciclo menstrual. Los autores observaron que las mujeres tuvieron una tendencia hacia los estados emocionales positivos durante el periodo de ovulación, en tanto que durante la menstruación las mujeres mostraron una tendencia a estados negativos. Corroborando así que el ciclo menstrual de las mujeres afecta en sus estados anímicos.

RESPUESTAS EMOCIONALES.

En la introducción se mencionó que las emociones no se pueden estudiar de manera directa, sino sólo a través de sus manifestaciones conductuales y fisiológicas. En los apartados anteriores ya se han mencionado algunos estudios en los que se analizaron respuestas conductuales (Grossman y Wood, 1993; Henderson y Whissell, 1997; Kring y Gordon, 1998) y fisiológicas (Paradiso et al., 1997; Lane et al., 1999; Dolan et al., 2000).

Podemos clasificar los tipos de repuestas emocionales como se observa en el esquema 2.

ESQUEMA 2.



En este esquema se presentan los tipos de respuestas emocionales y algunos ejemplos de los mismos

En todas las culturas existen un conjunto de reacciones emocionales que se manifiestan por medio de respuestas específicas, tales como la entonación de la voz, las expresiones faciales, las posturas corporales, etc. (Mesquita y Frijda, 1992). Tales manifestaciones se convierten en un

instrumento eficaz para estudiar las emociones. Una de las más utilizadas es la conducta verbal, por medio de escalas o autoreportes del tipo e intensidad emocional percibida.

Otra medida eficaz para el estudio de las emociones son las respuestas fisiológicas. En algunas investigaciones se ha medido la respuesta galvánica (basada en la conductancia, producto de la sudoración) de la piel (Smith et al, 1987; Lim et al., 1996), la frecuencia cardíaca (McCrat et al., 1995; De Pascalis et al., 1998), la respiración (Boiten, 1998), la presión sanguínea (Yogo et al., 1995). También se han analizado los patrones de diferentes respuestas autónomas durante distintos estados emocionales (Alaoui-Ismaili et al., 1997; Collet et al., 1997; Vernet-Maury et al., 1999; Waldsteint al., 2000; Palomba et al., 2000; Gemignani et al., 2000).

Una gran cantidad de estudios concuerdan en que durante los estados emocionales, en comparación con los neutros, hay un aumento de la frecuencia cardíaca (Smith et al, 1987; Lim et al., 1996; McCrat et al., 1995; De Pascalis et al., 1998; Boiten, 1998; Alaoui-Ismaili et al., 1997; Collet et al., 1997; Vernet-Maury et al., 1999; Waldsteint al., 2000; Palomba et al., 2000; Gemignani et al. 2000). Incluso se han observado diferentes patrones de respuestas autónomas para cada estado emocional (Alaoui-Ismaili et al., 1997; Collet et al., 1997). Dada la extensa aceptación del comportamiento de la frecuencia cardíaca durante los estados emocionales, utilizaremos esta medida autónoma para corroborar la inducción de los estados emocionales durante la presente investigación.

Gross y Levenson (1993) reportan que la conductancia promedio de la piel durante el estímulo neutro de sus sujetos fue de 0.01, en tanto que durante el estímulo emocional fue de 0.77 unidades. De forma similar Vrana (1995) en su estudio encontró que los cambios en la conductancia de la piel durante el estado neutro fueron de -0.010 y de $-0.007 \mu\text{S}$ para los estados emocionales.

Boiten (1998) estudió el efecto que tiene la conducta emocional en el ciclo respiratorio. En su estudio participaron 19 mujeres (con edades de entre 19 y 25 años) a las que se les presentaron 7 filmes (que generaban estados de repugnancia, miedo, tristeza, diversión, suspenso, ternura o neutros) de 2 minutos cada uno. Este autor midió los siguientes parámetros: tiempo de inspiración, de expiración, pausas entre las inspiraciones, duración total del ciclo respiratorio, y volumen de la respiración. Los cambios observados con respecto a la línea base fueron desde el 15% hasta el 25% y los componentes de la respiración mostraban diferentes patrones de acuerdo al tipo de filme, pero en todos ellos el estado emocional se caracterizaba por un aumento en la frecuencia respiratoria, en comparación con el neutro. El ANOVA mostró diferencias

significativas con niveles de significancia de $p < 0.005$ y $p < 0.001$. El autor concluye que los patrones de actividad respiratoria varían de acuerdo al tipo de emoción que se genera.

Gemignani et al. (2000) estudiaron los cambios en las respuestas autónomas y electroencefalográficas ante la presentación de estímulos aversivos por medio de sugestión hipnótica en 3 mujeres y 2 hombres sanos (entre 21 y 30 años de edad). Sus resultados indican un aumento en la frecuencia respiratoria y en la cardíaca entre la condición control (16.7 ± 3.4 respiraciones/min y 80.2 ± 8.7 pulsaciones/min) y la emocional (19.3 ± 2.1 respiraciones/minuto y 88.1 ± 8.4 pulsaciones/minuto). Las diferencias entre la media de las frecuencias respiratoria y cardíaca con respecto a la condición control corresponden al 13 y al 10%, respectivamente. Las diferencias significativas encontradas entre las condiciones por medio de la ANOVA tienen un nivel de significancia de 0.001.

EL ELECTROENCEFALOGRAMA (EEG) COMO TÉCNICA PARA EL ESTUDIO DE LAS EMOCIONES.

En 1929 Berger demostró que es posible registrar la actividad eléctrica del cerebro desde la superficie del cuero cabelludo. A partir de entonces el EEG se ha postulado como una de las técnicas más importantes para el estudio funcional del cerebro.

Recientemente se han desarrollado importantes técnicas de imagen funcional tal como la PET (creada a finales de los años 70's del siglo XX) y la fMRI (a inicios de los 90's del siglo XX), pese a ello, el EEG obtenido desde el cuero cabelludo sigue ocupando una importante posición como técnica de diagnóstico y de investigación por las siguientes características que la diferencian de las otras: 1) es una técnica no invasiva; 2) su registro es fácil y no es costoso; 3) tiene una excelente resolución temporal, ya que puede monitorear la actividad de poblaciones neuronales en una escala de milisegundos. No obstante, ambos tipos de técnicas registran diferentes aspectos de la actividad neuronal. La PET y la fMRI muestran cambios metabólicos durante la actividad neuronal, el EEG registra la actividad eléctrica. El uso de ambas técnicas sería lo ideal al estudiar los procesos cognoscitivos, pues la información se complementa entre sí. Sin embargo, no siempre se cuenta con los equipos de neuroimagen dado su alto costo. El EEG es una técnica que ofrece mucha información respecto al proceso que se estudia y se ajusta a los objetivos que se persiguen en esta investigación.

Al utilizar el EEG se debe considerar que las ondas registradas se tienden a agrupar en rangos de frecuencias denominados bandas. Tradicionalmente se han agrupado en las llamadas bandas anchas: delta, theta, alfa y beta.

Las ondas electroencefalográficas son producto de diferentes grupos de neuronas que se sincronizan y que tienen la capacidad de disparar de manera oscilatoria a diferentes frecuencias. La búsqueda de los generadores de dichas ondas no es nuevo, desde el inicio del EEG se ha buscado los generadores de las bandas anchas. La banda delta tiene origen en redes tálamo-corticales, pero también en zonas corticales (Steriade, 1993). La generación la banda theta se da en el hipocampo (Burgess y Gruzelier, 1997), así como en la corteza entorrinal y en el cíngulo, además es posible que su principal generador se localice en el septum (Steriade, 1993). La banda theta se ha observado como respuesta a estímulos sensoriales selectivos (House et. al, 1982) y en monos sólo se puede registrar en circunstancias que puedan producir una reacción emocional

intensa (Thompson, 1984). Por su parte, la banda alfa es generada principalmente por redes neuronales cortico-corticales y tálamo-corticales (Klimesch et al, 1994, 1997); y finalmente, la banda beta tiene su origen en redes neuronales tálamo-corticales y que implica un mecanismo por medio del cual se bloquean los ritmos lentos (Steriade, 1993). Se ha especulado que los ritmos rápidos sólo se pueden sincronizar a nivel de corteza.

Nosotros utilizaremos el EEG computarizado el cual se caracteriza por aplicar al trazo registrado la transformada rápida de Fourier y con ello crear un espectro de frecuencias para obtener diferentes medidas. Nosotros utilizaremos dos:

- 1) La potencia absoluta (PA), que es la integral del área bajo la curva de un rango de frecuencias (en un espectro de frecuencia).
- 2) La potencia relativa (PR) la cual es el porcentaje de la PA de cada banda con respecto al total (ver figura 2).

FIGURA 2.
ESPECTRO DE FRECUENCIAS.

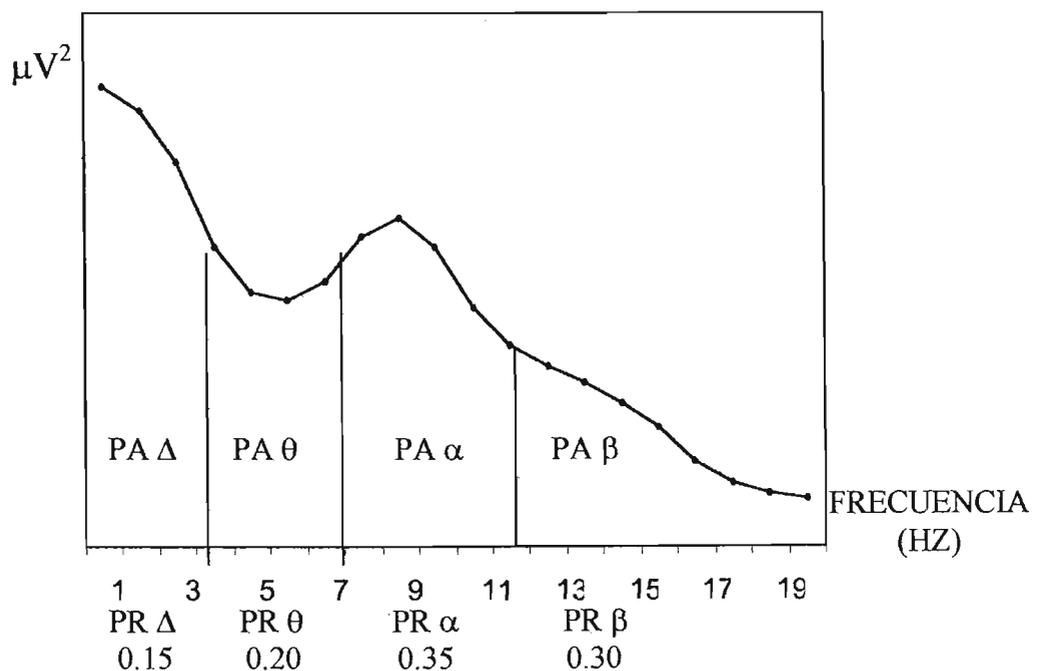


Figura 2. Se presenta un espectro de frecuencia. Se observan las bandas tradicionales ó anchas con sus respectivas PA (área bajo la curva del rango correspondiente) y PR (porcentaje de ondas de una banda con respecto al total).

Si bien la PR se obtiene a partir de la PA, los resultados obtenidos con ambas medidas no siempre concuerdan, tal situación se ha observado en diferentes estudios (Bazán, 2001; Solís et al., 1994; y Marosi et al., 2001). Incluso algunos autores (John et al., 1993 y Kondács y Szabó, 1999) consideran que los valores de la PR dan resultados más consistentes que los de la PA.

Las bandas tradicionales surgieron porque en las primeras investigaciones con EEG se relacionó la morfología del trazo electroencefalográfico con los estados observados, tal es el caso de la banda alfa la cual se observó en estados de reposo. Sin embargo, con el paso del tiempo los investigadores se dieron cuenta de que las frecuencias que abarcan estas bandas no se comportan igual, por ello se empezaron a dividir las bandas anchas en bandas más estrechas, por ejemplo la banda alfa se dividió en banda alfa baja (7.6-10 Hz) y en banda alfa alta (10.1-12.5 Hz). En la actualidad las bandas estrechas se hacen de cualquier tamaño, ya que no se ha aclarado la división óptima.

Marosi et al. (2001) estudiaron 40 sujetos masculinos durante estados neutros y emocionales positivos y negativos, observaron que la frecuencia media de los estados emocionales positivos era diferente a la de los estados emocionales negativos aún cuando ambos datos correspondían a la banda beta, ésto demuestra cambios dentro de la banda, los cuales no traspasaron los límites de la misma.

Aftanas et al. (1996) encontraron que durante los estados emocionales se daba una supresión de la PA en las frecuencias de 10 a 12 Hz y no en toda la banda alfa como comúnmente se reporta.

Krause et al. (2000) estudiaron la reactividad emocional ante tres tipos de videos (de agresividad, tristeza y neutros), ellos observaron que la PR de las frecuencias de 4 a 6 Hz se daban ante los filmes de agresividad y que frecuencias de la banda alfa se dan segundos posteriores y que se asocian a otros procesos simultáneos tales como atención y habituación.

Il'iuchenock (1996) estudió la PR de estados emocionales positivos y negativos con bandas estrechas de 1 Hz y encontró que sus principales diferencias se daban en las frecuencias de 7 a 8 Hz.

En los tres estudios mencionados se puede observar que durante los estados emocionales hay activación en frecuencias específicas que se localizan dentro del rango de las bandas alfa y theta que no cubren por completo al rango de las bandas anchas.

Influencia del Coeficiente Intelectual (CI) en el EEG.

Es importante considerar que de acuerdo con algunos estudios el CI posiblemente influye el trazo electroencefalográfico (Gasser et al., 1983; Marosi et al., 1999). Gasser et al. (1983) estudiaron las correlaciones del EEG con el CI en dos grupos, uno de niños normales y otro de niños con retraso mental. Todos los parámetros del EEG fueron estandarizados con base en la edad y las puntuaciones obtenidas en pruebas de inteligencia. Los autores reportaron que las correlaciones entre el CI y el EEG fueron más fuertes conforme aumentaban las puntuaciones del CI. Pero en todos los casos se observaron una correlación entre estas dos medidas.

Además como ya se mencionó al hablar de la teoría de LeDoux una parte importante del procesamiento de las emociones se realiza en la corteza y éste se ve influido por las características socio-culturales de los sujetos y por su inteligencia, pues en última instancia las emociones son producto de un estímulo o situación que requiere una respuesta.

Diferencias Sexuales en el EEG.

Las mujeres tienen una variable intrínseca a las mismas, que afecta su registro electroencefalográfico. Ésta es su ciclo menstrual (Gautray, 1969; Creutzfeldt et al., 1976; Becker et al., 1982; Solís et al., 1994).

Creutzfeldt et al. (1976) estudiaron los cambios del EEG de 16 mujeres jóvenes durante el ciclo menstrual espontáneo y de 16 mujeres con tratamiento anticonceptivo oral. Los hallazgos más constantes en el grupo en el que se registró el EEG durante el ciclo menstrual espontáneo fueron: un pequeño incremento en las frecuencias alfa durante la fase luteal (se observó una aceleración de 0.3 c/seg. en la región occipital), la cual correspondía a pequeños incrementos en los niveles de progesterona. Además, pequeños cambios cíclicos en este grupo fueron observados en la actividad theta en la región occipital y en theta y alfa en la zona temporal, pero no se encontraron datos en el rango beta. Estas variaciones cíclicas no fueron observadas en el grupo con tratamiento anticonceptivo, además se observó que el promedio de la banda alfa de este grupo estaba 0.5 Hz más lento que el grupo con ciclo menstrual espontáneo.

De manera similar Becker et al. (1982) estudiaron el nivel de hormonas y el EEG de 14 mujeres durante su ciclo menstrual espontáneo y bajo control anticonceptivo oral. Durante el ciclo menstrual espontáneo se observaron: frecuencias alfa lentas durante la fase folicular y

frecuencias alfa rápidas durante la fase luteal. También se notaron pequeños cambios dependientes del ciclo menstrual en las bandas theta y beta. Tales cambios no fueron notados en los registros de los sujetos que estaban bajo control anticonceptivo oral.

Solís et al. (1994) registraron 9 mujeres con ciclo menstrual regular durante 12 sesiones en F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1 y O2. Sus resultados sugieren un aumento de la actividad en las regiones centro-parietales durante la menstruación y una disminución en la actividad en la región frontal durante la fase premenstrual.

Además por medio del electroencefalograma se han observado diferencias entre hombres y mujeres en el reposo (Matsuura et al., 1985; Wada et al., 1994; Duffy et al., 1993; Brière et al., 2003), durante tareas cognoscitivas (Corsi et al., 1989; Corsi et al., 1993; Arce et al., 1995; Roberts y Bell, 2000), de su organización funcional (Corsi et al., 1997) y durante estados emocionales (Dimpfel et al., 2003; Davidson et al., 1976).

a) Diferencias sexuales en reposo: Wada et al. (1994) analizaron el EEG de 40 adultos sanos (20 hombres y 20 mujeres) durante el reposo y durante foto-estimulación. Sus resultados muestran que las mujeres presentaron mayor amplitud durante el descanso en comparación con los hombres en bandas delta, theta, alfa 2 y en algunas regiones de la banda beta, estas diferencias fueron más marcadas durante la foto-estimulación y se relacionaron con la frecuencia de la estimulación. Duffy et al. (1993) analizaron 202 sujetos sanos (109 mujeres y 93 hombres) con edades entre 30 y 80 años. En este estudio se analizaron la PA y la PR como medida adicional se registraron potenciales evocados para analizar la latencia. Sus resultados indican que hay una tendencia al decremento de las bandas lentas e incremento de las bandas rápidas conforme aumenta la edad esta relación no fue completamente lineal. La PA de las mujeres fue mayor en todas las bandas, excepto en la banda alfa (en ésta la PA fue menor), por su parte la PR fue mayor en las bandas rápidas, mientras que la en las bandas lentas ésta fue menor, de igual forma las mujeres mostraron una menor latencia en los potenciales evocados. Brière et al. (2003) registraron el EEG durante la mañana y la tarde en 16 mujeres y 13 hombres entre 18 y 26 años. Estos autores analizaron la PA y observaron que los valores de ésta fueron mayores para las mujeres en comparación con los hombres en las regiones central, frontal, parietal y temporal izquierda. También observaron menos PA en el registro matutino en la región temporal y frontal izquierda. Este tipo de investigaciones demuestran que hay diferencias electroencefalográficas entre hombres y mujeres aún durante el reposo.

b) Diferencias sexuales durante tareas cognoscitivas. Roberts y Bell (2000) estudiaron las diferencias sexuales entre niños y adolescentes durante tareas cognoscitivas. Los hombres mostraron mayor rapidez durante tareas de rotación mental en comparación con las mujeres, no se observaron diferencias de este tipo entre los niños. Durante la línea base los hombres mostraron menos potencia absoluta que las mujeres en todas las posiciones de los electrodos. De manera general estos autores reportaron que las principales diferencias durante las tareas de rotación mental se dieron por la variable edad y que las diferencias en los adultos se dan en la región parietal y temporal posterior.

Corsi et al. (1997) al estudiar las habilidades espaciales en grupos de hombres y mujeres con alta y baja habilidad espacial, encontraron mayores correlaciones intrahemisféricas en los sujetos con alta habilidad espacial en comparación con los de baja habilidad espacial. También observaron una mayor correlación intrahemisférica entre hombres (principalmente entre F4 y C4 para beta 1 y 2 con ojos abiertos y para beta 2 con ojos cerrados) que en mujeres. En éstas últimas se observó una mayor correlación en el hemisferio derecho que en el izquierdo.

De manera general se ha observado una mayor correlación interhemisférica en las mujeres en comparación con los hombres, lo cual implica una organización cortical diferente en cada sexo y sugiere poca diferenciación y/o alta cooperatividad entre los dos hemisferios de la mujer, en comparación con los hombres (McGlone, 1980; Wexler y Lipman, 1988; Bowers y Labarba, 1988; Corsi et al., 1993; Corsi et al., 1997).

c) Diferencias sexuales durante estados emocionales. Meyers y Smith (1986) analizaron las diferencias electroencefalográficas entre hombres y mujeres. Sus resultados indican que no hay diferencias en el patrón de activación que se puedan atribuir al sexo. Por otro lado, Dmitrieva y Zaitseva (1988) mencionan que hay evidencia experimental que demuestra diferencias entre hombres y mujeres en la percepción de información verbal y emocional. Los autores consideran que hay diferencias asimétricas cerebrales durante la habilidad de percibir correctamente y definir el tipo de información. Smith et al. (1987) concluyeron que las mujeres muestran una mayor organización focal durante el despertar emocional en comparación con los hombres.

Davidson et al. (1976) reportaron tres experimentos sobre diferencias sexuales. En este apartado sólo mencionaremos las diferencias durante tareas emocionales y no emocionales. Este estudio se realizó con sujetos diestros. Sus resultados implican un aumento de la potencia relativa durante los estados emocionales en comparación con los no emocionales en el

hemisferio derecho, pero sólo en las mujeres, los hombres no mostraron diferencias asimétricas dependientes de las condiciones experimentales.

Dimpfel et al. (2003) estudiaron 18 sujetos (9 hombres y 9 mujeres) durante 5 tipos de video (escenas de Disney, animales, comedia, erotismo y sexo). Los autores reportaron que se dieron importantes diferencias entre los hombres y las mujeres en las regiones temporales, las mujeres mostraron un mayor decremento en sus valores en comparación a los hombres. Por su parte, las mujeres presentaron un incremento en la región fronto-central en las bandas delta y theta lo cual los autores lo interpretaron como expresión de alta apreciación (valorización), mientras que el decremento de la banda alfa se tiende a interpretar como alta atención

Estudios Electroencefalográficos Sobre las Regiones Corticales que Intervienen en el Procesamiento Emocional.

En una gran cantidad de estudios con EEG se ha observado que la región frontal juega un papel muy importante en el procesamiento de las emociones (Ahern y Schwartz, 1985; Tucker y Dawson, 1984; Meyers y Smith, 1986; Smith et al., 1987; Rosemann y Wittling, 1992; Fox, 1991; Jones y Fox, 1992; Sobotka et al., 1992; Wheeler et al., 1993; Davidson, 1998).

Bekkedal et al. (1997) registraron el EEG con ojos cerrados utilizando estímulos auditivos de enojo y tristeza, y tonos puros como estímulos neutrales. Encontraron que la PA de las bandas alfa y theta se decreta en las regiones frontales en respuesta a estímulos emocionales.

Davidson (1992) registró EEG en sujetos que observaron una película con emociones positivas y negativas durante condicionamiento de premio o castigo. Encontró que durante el condicionamiento con castigo se daba una disminución de la PA alfa en la región frontal derecha en comparación al condicionamiento con premio.

Wheeler et al. (1993) reportaron que la PA de la banda alfa disminuía durante los estados emocionales. Aftanas et al. (1996) observaron que hay una disminución de la PA de las frecuencias de 10 a 12 Hz durante los estados emocionales en las regiones frontales.

La región temporal también es importante para el procesamiento de las emociones de acuerdo a los estudios realizados con EEG (Smith et al., 1987; Sobotka et al., 1992; Marosi et al., 2001). Marosi et al. (2001) estudiaron el EEG ante frases con carga emocional (positiva y negativa) y neutras. Sus resultados indicaron una disminución de la PA de la banda theta y un aumento de la banda beta en las regiones central, occipital y temporal para los estados emocionales en

comparación con la condición neutra. Las diferencias entre situaciones emocionales positivas y negativas ocurrieron en la banda delta (en zonas centrales, parietales, occipitales y temporales de ambos hemisferios) y en la beta (en la región frontopolar y temporal).

Sobotka et al. (1992) estudiaron el EEG durante contingencias de premio y castigo que fueron directamente manipuladas para producir estados emocionales de acercamiento o retirada. Encontraron supresión de la PA de la banda alfa en la región frontal, pero también encontraron evidencias que relacionaban la respuesta de retirada con una supresión de la PA de la banda alfa del lado derecho en la región temporo-parietal, en comparación con la respuesta de aproximación. La PA de las bandas theta y beta no cambió sistemáticamente con las condiciones.

La corteza parietal también influye en las emociones. Smith et al. (1987) realizaron un experimento en el que se compararon estímulos neutrales (un conjunto de instrucciones de carácter cognoscitivo) y estímulos emocionales (una serie de instrucciones afectivas). Las medidas electroencefalográficas fueron tomadas de manera bilateral y demostraron que las principales diferencias entre las condiciones afectivas y cognitivas se dieron en las regiones temporales y parietales.

En los estudios citados se analizó solamente la PA. Respecto a la PR podemos mencionar el estudio de Il'uchenock (1996) el cual utilizó bandas estrechas para analizar el EEG durante condiciones neutras y emocionales (positivas y negativas). Sus resultados indican que hay un aumento de la PR en frecuencias de 7 a 7.5 Hz durante los estados emocionales positivos en comparación a la condición neutra, mientras que durante los estados emocionales negativos predominan las frecuencias de 7.5 a 8 Hz., en ambos casos en las regiones fronto-temporal y parietal en los dos hemisferios. Estos resultados demuestran que las diferencias electroencefalográficas entre las condiciones emocionales se dan en rangos de frecuencias estrechos y que utilizando bandas anchas no se podrían detectar.

Otro estudio en el que se utilizó la PR para estudiar las emociones fue hecho por Krause et al. (2000). Ellos utilizaron bandas estrechas de dos Hz. (4-6, 6-8, 8-10 y 10-12 Hz.) para observar la reactividad cortical ante tres tipos de filmes (agresivo, triste y neutro). Sus resultados indican que las frecuencias alfa (6-8, 8-10 y 10-12 Hz) se suprimieron ante los filmes (la supresión de las frecuencias alfa es considerada como activación cortical), pero también fueron moduladas y asociadas con otros procesos simultáneos (tal como atención y habituación). La mayor diferencia como producto de los filmes se dio en las frecuencias theta (4-6 Hz) más claramente en las

regiones posteriores. Los autores consideran que estas regiones tuvieron más activación cortical debido a que se utilizaron estímulos visuales.

Marosi et al. (2002) midieron la PA y la PR durante estados emocionales positivos, negativos y neutros de 40 estudiantes universitarios sanos y diestros, por medio de la técnica de inducción afectiva. Sus resultados demostraron que la PR fue más eficaz que la PA para medir las diferencias entre los estados emocionales y neutros. Ellos encontraron que la PR de las frecuencias de 7.6 a 9.5 Hz disminuye durante los estados emocionales en comparación con los estados neutros en diferentes regiones de la corteza, pero principalmente en la región frontal.

Con el EEG no se ha corroborado por completo la teoría de la especialización hemisférica respecto a que el hemisferio izquierdo se especializa en las emociones positivas, en tanto que el derecho en las negativas. Los resultados de algunos estudios apoyan esta teoría (Ahern y Schwartz, 1985; Jones y Fox, 1992; Sobotka et al., 1992; Wheeler et al., 1993; Davidson, 1998), pero otros no (Meyers y Smith, 1986; Smith et al., 1987; Rosemann y Wittling, 1992; Spence et al., 1996). Existen dos tendencias en los estudios con EEG respecto al procesamiento cortical de las emociones. Hay que considerar que estas tendencias sólo se refieren a la región frontal:

1) Por un lado están los estudios que apoyan la teoría de la especialización hemisférica (Ahern y Schwartz, 1985; Tucker y Dawson, 1984; Fox, 1991; Jones y Fox, 1992; Sobotka et al., 1992; Wheeler et al., 1993; Davidson, 1998). De acuerdo con éstos, durante los estados emocionales se da una supresión de la PA de la banda alfa en el hemisferio activado. La disminución de la PA de la banda alfa implica aumento en la actividad cerebral (Aftanas et al., 1996; Harmony et al., 1996; Klimesch, 1999; Klimesch et al., 2000). Corsi et al. (1993) mencionan que durante la solución de tareas hay un decremento de la PR de alfa y un incremento en la PR de theta.

Ahern y Schwartz (1985) estudiaron la lateralización del cerebro humano durante el procesamiento de las emociones. En la zona frontal observaron lateralización para las emociones, activación en el hemisferio izquierdo durante las emociones positivas (observada por el decremento de la PA de la banda alfa) y activación en el hemisferio derecho durante las emociones negativas. En las zonas parietales observaron especialización para el tipo de información procesada, el hemisferio izquierdo se activó durante el procesamiento verbal, y el derecho durante el procesamiento espacial.

Jones y Fox (1992) estudiaron adultos que fueron clasificados con tendencia hacia un estado afectivo positivo o negativo, se les presentaron filmes que evocaban emociones y se les pidió que indicaran la intensidad emocional que les provocaban los estímulos. Sus resultados apoyan la

hipótesis de que el hemisferio derecho se especializa en emociones negativas y el izquierdo en emociones positivas.

Wheeler et al. (1993) registraron dos veces a un grupo de sujetos en reposo para obtener una línea base, después de ello registraron a los sujetos, mientras se les presentaban una serie de películas con carga emocional positiva y negativa. Sus resultados concuerdan con la teoría de la especialización hemisférica para las emociones, ya que encontraron que el hemisferio derecho se activa durante los estados emocionales negativos y el izquierdo durante los estados emocionales positivos.

En diversos estudios Davidson (1992; 1994; 1998) ha demostrado que la región frontal del hemisferio izquierdo se activa (disminuye la PA de la banda alfa) durante las emociones positivas, y que el hemisferio derecho se activa durante los estados emocionales negativos.

Aftanas et al. (1996) estudiaron 40 sujetos sanos diestros durante estados emocionales positivos y negativos. Observaron que hay una disminución de la PA en las frecuencias 10 a 12 Hz en el hemisferio izquierdo durante las emociones positivas y en el derecho durante las negativas.

Marosi et al. (2002) estudiaron la actividad electroencefalográfica de 40 estudiantes universitarios sanos y diestros, por medio de la técnica de inducción afectiva. Sus resultados mostraron supresión de las frecuencias de 8.6 a 9.5 Hz en el hemisferio izquierdo durante los estados emocionales positivos, en comparación con los negativos. Y supresión de las frecuencias de 17.6 a 18.5 Hz en el hemisferio derecho durante los estados emocionales negativos, en comparación con los positivos.

2) Por otro lado, hay estudios (Meyers y Smith, 1986; Smith et al., 1987; Rosemann y Wittling, 1992; Spence et al., 1996) en los que se ha encontrado que la región frontal del hemisferio derecho juega un papel más importante en el procesamiento de las emociones, en comparación con el izquierdo, el cual interviene más en el procesamiento de tareas cognitivas.

Meyers y Smith (1986) estudiaron la respuesta electroencefalográfica y electrodérmica ante estímulos no verbales afectivos. Sus resultados mostraron activación bilateral de los lóbulos frontales ante los estímulos afectivos positivos. El patrón de activación ante los estímulos afectivos negativos y neutros fue equivalente. No se encontró evidencia de asimetría hemisférica, además los autores no encontraron diferencias en la actividad entre hombres y mujeres; de igual forma no encontraron lateralización en la magnitud de la conductancia de la piel.

Smith et al. (1987) estudiaron las diferencias electroencefalográficas entre estados afectivos y cognoscitivos. Sus resultados indican que las diferencias entre ambos estados se localizan en el hemisferio derecho, sin embargo, también observaron que hay un alto nivel de activación en el hemisferio izquierdo durante los estados emocionales.

Rosehmann y Wittling (1992) estudiaron la asimetría hemisférica relacionada con la emoción. Registraron 20 sujetos masculinos sanos utilizando como estímulos fotografías de color de caras humanas, unas normales (estímulos neutros) y otras deformadas por enfermedades dermatológicas (estímulos emocionales). Sus resultados indican que el hemisferio derecho influye más que el izquierdo en el procesamiento de las emociones.

El tipo de análisis al que se sometan los datos puede ejercer un efecto determinante en los resultados obtenidos. Hagemann et al. (1998) registraron por medio del EEG a 37 sujetos con el fin de poner a prueba la teoría de la especialización hemisférica de las emociones (en la que se considera que la activación del hemisferio izquierdo prevalece durante las emociones positivas y el derecho se activa durante las negativas) por medio de diversos procedimientos de análisis de los datos. Sus resultados muestran que dependiendo del tipo de análisis aplicado sus datos concuerdan con la teoría de la especialización hemisférica o no.

En la tabla 1 se muestra un resumen de los resultados encontrados al estudiar las emociones por medio del EEG en diferentes estudios.

TABLA 1.
Estudios electroencefalográficos de las emociones.

AUTOR	AÑO	ESTÍMULOS	SUJETOS	EDOS. EMOCIONALES ANALIZADOS	RESULTADOS CON POTENCIA RELATIVA
Marosi et al	2002	Frases	hombres 20-25 años	positivos (alegrías de amor) Negativos (sit. Frustrantes)	Neutro>emocional en la región frontal en la banda 7.6-9.5 Negativo>positivo en la región frontal izquierda en la banda 8.6-9.5 Positivo>negativo en la región frontal derecha en la banda 17.6-18.5
Krause et al.	2000	videos	Mujeres 20-33 años	agresividad tristeza	Agresividad>tristeza y neutro en la región frontal en la banda 4-6 Hz
Il'iuchenock	1996	Palabras		positivas y negativas	Positivo>neutro en la región fronto-temporal y parietal en la banda 7-7.5 Negativo>neutro en la región fronto-temporal y parietal en la banda 7.5-8

CONTINUACIÓN DE LA TABLA 1.
Estudios electroencefalográficos de las emociones.

AUTOR	AÑO	ESTÍMULOS	SUJETOS	EDOS. EMOCIONALES ANALIZADOS	RESULTADOS CON POTENCIA ABSOLUTA
Bekkedal et al.	1997	est. Vocales		enojo tristeza	Neutro>emoción en la región frontal en las bandas alfa y theta
Davidson	1992 1994 1998	videos Contingencias premio-castigo	Adultos	positivas negativas Cond Premio-Castigo	Condicionamiento castigo>premio en la región frontal derecha en alfa negativo>positivo en el hemisferio izquierdo en la banda alfa positivo>negativo en el hemisferio derecho en la banda alfa
Marosi et al	2001	frases	Hombres 20-25 años	positivos (alegrías de amor) negativos (sit. frustrantes)	Neutro>emocional en la región temporo-central en la banda theta Emocional>neutro en la región temporo-central en la banda beta Positivo>negativo en fronto-temporal en delta y beta
Sobotka et al	1992	contingencias premio-castigo	Hombres y mujeres	edos emocionales de acercamiento o alejamiento	Neutro>emocional en la región frontal en la banda alfa Respuesta de aproximación>retirada en la región temporo-parietal derecha en la banda alfa
Aftanas et al.	1996	videos	Adolescentes 17-20 años	positivas y negativas	Neutro>emocional en la región frontal en la banda 10-12 Hz Negativo>positivo en la región frontal izquierda en la banda 10-12 Hz Positivo>negativo en la región frontal derecha en la banda 10-12 Hz
Wheeler et al.	1993	películas	mujeres 17 a 21 años	positivas y negativas	Neutro>emocional en la región frontal en la banda alfa Negativo>positivo en la región frontal izquierda en la banda alfa Positivo>negativo en la región frontal derecha en la banda alfa
Ahern y Schwartz	1985	cuestiones de resp verbal o espacial	mujeres 17-28 años	felicidad excitación tristeza miedo	Negativo>positivo en la región frontal izquierda en la banda alfa Positivo>negativo en la región frontal derecha en la banda alfa
Rosehmann y Wittling	1992	Caras humanas normales y con enfermedades dermatológicas	hombres	Estados emocionales de un sólo tipo	Más intervención del hemisferio derecho en comparación con el izquierdo durante los edos emocionales
Dimpfel et al.	2003	videos	Hombres y mujeres	Diferentes emociones	Hombres > mujeres en las regiones temporales Mujeres > hombres en la región fronto-central En las bandas theta y delta
Meyers y Smith	1986	no verbales	hombres y mujeres	Positivos y negativos	Negativo y neutro>positivo en la región frontal en la banda alfa Hombres = Mujeres
Smith et al	1987	Instrucciones afectivas y cognitivas	Hombres y mujeres	Estímulos emocionales de un solo tipo	Las diferencias entre los edos. emocionales y los cognoscitivos se dieron en el hemisferio derecho. Las mujeres mostraron más organización focal durante el despertar emocional que los hombres
Dmitrieva y Zaitseva	1988	-	-	-	Observaron diferencias entre hombres y mujeres en la percepción de información emocional

Los estudios electroencefalográficos de las emociones han demostrado, en términos generales, que las principales regiones que intervienen en el procesamiento de las emociones son las frontales y las temporales. De igual forma se ha observado que las frecuencias correspondientes a la banda alfa son las que tienen una mayor intervención en dicho procesamiento, principalmente en la PA (Wheeler et al., 1993; Aftanas et al., 1996; Davidson, 1992; 1994; 1998). Sin embargo, en muchos estudios se puede observar que el análisis se limitó exclusivamente a las regiones frontales y temporales por medio de la PA, dejando de lado el análisis de las regiones posteriores y occipitales, así como de la PR, además los estudios se realizaron por medio de las bandas anchas. A nuestro parecer el estudio de las emociones debe hacerse considerando todas las regiones cerebrales, ya que es muy posible que una conducta tan compleja como las emociones sea procesada con intervención de diferentes regiones corticales. También consideramos que se debería analizar tanto la PA como la PR, ya que ambas son medidas diferentes de la actividad electroencefalográfica y por lo tanto ofrecen distinta información sobre el proceso estudiado. Finalmente, consideramos inadecuado el uso de las bandas anchas (al menos para conductas tan complejas como la emoción) ya que amplios rangos de frecuencias pueden diluir los efectos producidos por bandas estrechas, por ejemplo de 1Hz., como lo han demostrado algunos estudios (citados previamente).

A partir de los cuestionamientos anteriores planteamos la necesidad de estudiar las emociones en las regiones frontales, temporales, centrales, parietales y occipitales, utilizando bandas estrechas y analizando la PA y la PR para contestar los siguientes cuestionamientos: ¿las diferencias entre los estados emocionales, positivos y negativos, y los neutros se limitan sólo a la banda alfa de las regiones fronto-temporales?, ¿las diferencias entre los estados emocionales positivos y negativos corresponden a la teoría de la especialización hemisférica ó la ubicación de estas diferencias es más compleja? y, finalmente, ¿qué tipo de diferencias electroencefalográficas entre hombres y mujeres encontraremos durante el procesamiento de las emociones, ó no habrá diferencias?

OBJETIVO:

Identificar, por medio de las bandas estrechas, las diferencias electroencefalográficas entre mujeres y hombres durante estados emocionales positivos, negativos y neutros, poniendo énfasis en las frecuencias y las regiones cerebrales involucradas en dichas conductas.

HIPÓTESIS:

1) En varios estudios se han observado diferencias entre los estados emocionales positivos, negativos y neutros. Nosotros esperamos encontrar: 1) una mayor PA en el estado neutro en frecuencias de 8 a 12 Hz. en regiones frontales y temporales en comparación con los estados emocionales positivos y negativos y; 2) una PR menor durante el estado neutro en las frecuencias de 4 a 7 Hz. en las regiones centrales, parietales y occipitales en comparación con los estados emocionales positivo y negativo.

2) Con respecto a las diferencias entre los estados emocionales podemos decir que dado que en la mayoría de los experimentos con EEG se han encontrado una especialización hemisférica en las regiones frontales, nosotros esperamos que: 1) durante los estados emocionales positivos se presente un decremento de la PA en frecuencias de 8 a 12 Hz. y de la PR en frecuencias de 8 a 12 Hz. en el hemisferio izquierdo, principalmente en la región frontal, y; 2) durante los estados emocionales negativos un decremento de la PA en frecuencias de 8 a 12 Hz y en la PR en frecuencias de 8 a 12 Hz en el hemisferio derecho, principalmente en la región frontal.

3) En diferentes estudios electroencefalográficos se ha observado una mayor correlación interhemisférica en las mujeres en comparación con los hombres (durante diferentes tareas). Ello implica una organización cortical diferente en cada sexo y sugiere poca diferenciación y/o alta cooperatividad entre los dos hemisferios de la mujer, en comparación con los hombres. Por otro lado, se ha observado una mayor correlación intrahemisférica en los hombres que en las mujeres (durante tareas de habilidad espacial y con respecto al lenguaje), es decir, los procesos dentro del mismo hemisferio son más focalizados para la mujer que para los hombres. Con base en estos

datos esperamos encontrar diferencias en los valores de la PA y de la PR durante el procesamiento emocional entre hombres y mujeres, más diferencias interhemisféricas en la PA y en la PR en los hombres que en las mujeres y más diferencias intrahemisféricas en la PA y en la PR en las mujeres en comparación con los hombres.

MATERIALES Y MÉTODOS.

En la presente investigación participaron 60 jóvenes estudiantes sanos (que declararon no padecer enfermedad del sistema nervioso y mostraron electroencefalograma normal), 30 mujeres y 30 hombres, diestros. Para corroborar esto último se aplicó la prueba de Annett (1967), ésta es una de las más completas debido a que analiza diferentes aspectos de la dominancia cerebral, mano, pie, ojo, entre otros. Tuvieron escolaridad universitaria y edades entre 20 y 25 años, con un CI entre 90 y 126, éste fue medido con la escala de inteligencia de WAIS. En el caso de las mujeres los registros se realizaron entre los cinco y los siete días después del primer día de su sangrado menstrual, para así disminuir el efecto que pudieran causar las diferencias hormonales debido al ciclo menstrual (Solís et al., 1994). Los registros electroencefalográficos se llevaron a cabo durante tareas emocionales imaginativas en las 20 derivaciones del sistema internacional 10-20 (Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fz, Cz, Pz, Oz) con referencia auricular cortocircuitada. Los EEGs fueron registrados usando un sistema MEDICID-Mind Tracer. Los amplificadores tuvieron un ancho de banda de 0.5 a 30 Hz.

Se utilizaron tres tipos de enunciados presentados en la pantalla de una computadora. Un tipo de enunciados correspondió a emociones negativas, en todos los casos estas situaciones fueron de frustración (por ejemplo, "tú recorres toda la ciudad para tomar el autobús, pero llegas 5 minutos tarde"). Otro tipo de enunciados tuvieron contenidos emocionales positivos, éstos fueron de alegría de amor (por ejemplo, "la más hermosa (el más guapo) joven de la universidad te dice que ella (él) está muy enamorada (o) de tí"). El tercer tipo de enunciados no tuvieron contenido emocional e incluyeron escenas cotidianas neutras (por ejemplo, "estás vistiéndote en la mañana, te pones una camisa azul con un pantalón gris y corbata"). Para confirmar la validez de los contenidos de las frases, se les pidió opinión verbal (después del experimento) a los sujetos participantes sobre el tipo de emoción que generaban las frases. Los resultados de esta encuesta se muestran en la tabla 2. Es importante mencionar que los propios alumnos reportaron que las frases neutras "mal clasificadas" (por ejemplo, las que ellos marcaron como positivas) tenían menos contenido emocional que las frases de amor o frustración. Así también, se observa que las frases de emociones positivas fueron las que mejor se clasificaron (97.6%), a ellas siguieron las frases de emociones negativas (92.6%). Es de notar que las frases emocionales mal clasificadas fueron consideradas neutras, esto es, no hubo confusión entre las frases positivas y negativas

debido a que ninguna frase negativa fue clasificada como positiva y viceversa, ninguna frase positiva fue clasificada como negativa.

TABLA 2.

OPINIÓN VERBAL SOBRE LA CLASIFICACIÓN DE LAS FRASES.

Tipo de FRASES	CONSIDERADAS NEUTRAS (%)		CONSIDERADAS POSITIVAS (%)		CONSIDERADAS NEGATIVAS (%)		BIEN CLASIFICADAS (%)		
	HOM	MUJ	HOM	MUJ	HOM	MUJ	HOM	MUJ	TOTAL
NEUTRO	-	-	14	9	1	1.4	85	89.6	87.3
POSITIVAS	0.6	4.2	-	-	0	0	99.4	95.8	97.6
NEGATIVAS	9.2	5.6	0	0	-	-	90.8	94.4	92.6

Las frases que se presentaron fueron con letras Times New Roman de 3 cm. de alto por 2 cm. de ancho, se presentaron de color negro en un fondo blanco y todas en mayúsculas.

El sujeto estuvo frente al monitor a 60 cm. de distancia del mismo, toda la frase se mostró en el monitor inmediatamente después de que se oprimía la barra espaciadora. Todos los estímulos fueron presentados dos veces. Durante la primera presentación del estímulo a los sujetos se les pidió que imaginaran la situación (ya fuera de frustración, de amor o neutra) y que indujeran la emoción correspondiente. Cuando los sujetos sentían la emoción, debían presionar la barra espaciadora para la presentación de la misma frase de nuevo, a partir de este momento deberían mantener su estado durante dos segundos para el registro. Para confirmar la generación de las emociones se monitoreó la frecuencia del pulso.

Para cada una de las tres situaciones se presentaron 70 enunciados diferentes. Todos los enunciados de una condición fueron presentados en un mismo bloque. Para la presentación de los bloques se realizó un contrabalanceo en el que se consideraron 6 secuencias (Neutro-N, Amor-A y Frustración-F) las cuales fueron: N-A-F, N-F-A, A-N-F, A-F-N, F-A-N y F-N-A.

El EEG fue inspeccionado de manera visual y los segmentos con artefactos fueron excluidos del análisis. Además durante las condiciones emocionales los segmentos debían mostrar un aumento en el promedio de la frecuencia cardíaca (taquicardia) mayor al 10% con respecto al promedio que dicha respuesta tuvo durante la condición neutra, con ello se verificó que se había inducido la emoción (Boiten, 1998; Gemignani et al., 2000). A la frecuencia cardíaca de los

segmentos seleccionados se aplicó la prueba post-hoc de Tukey para conocer el nivel de probabilidad de las diferencias existentes, los resultados de ésta se muestran en la tabla 3.

TABLA 3.

Resultados de la prueba post-hoc de Tukey para la frecuencia cardíaca de los estados emocionales y neutro.

PROMEDIO	P
<i>POSITIVO > NEUTRO</i>	0.000122
<i>NEGATIVO > NEUTRO</i>	0.000122
<i>NEGATIVO > POSITIVO</i>	0.0052

Para la digitalización de la señal se aplicó una frecuencia de muestreo de 100. El ancho de banda de los segmentos fue de 2.6 segundos cuyo inicio fue marcado por la presentación del estímulo. Se obtuvieron cuando menos 25 segmentos (25 estímulos) de trazo electroencefalográfico para cada condición (emocional positiva, negativa ó neutra). Los segmentos utilizados para el análisis estuvieron libres de artefactos y durante las condiciones emocionales mostraron diferencias de cuando menos un 10% en la respuesta cardíaca en comparación con la condición neutra (se analizaron 150 EEG para obtener los 60 utilizados en el análisis). El EEG crudo fue sometido a una transformación rápida de Fourier a fin de calcular el poder espectral para bandas estrechas de 1 Hz de frecuencia de 1.6 a 20.5 Hz. En total fueron 19 bandas de 1 Hz. (1.6-2.5; 2.6-3.5; 3.6-4.5; 4.6-5.5, 5.6-6.5, 6.6-7.5, 7.6-8.5, 8.6-9.5, 9.6-10.5, 10.6-11.5, 11.6-12.5, 12.6-13.5, 13.6-14.5, 14.6-15.5, 15.6-16.5, 16.6-17.5, 17.6-18.5, 18.6-19.5, 19.6-20.5 Hz.). Posteriormente los datos fueron sometidos a una transformación logarítmica, la cual fue hecha con el fin de acercarlos a una distribución normal. Para la potencia absoluta (integral del área bajo la curva de un rango de frecuencias, en un espectro de frecuencias) se obtuvo el \ln (logaritmo natural) de x ., en tanto que para la potencia relativa (porcentaje de un rango de frecuencias con respecto al total, en un espectro de frecuencias) se aplicó: $\ln [x/(1-x)]$. Se aplicó el Test Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de las medidas, previo a la transformación logarítmica se obtuvieron valores de incluso 0.6 de W (la medida para una

normalidad perfecta es 1) tras la transformación logarítmica las *W* obtenidas fueron mayores a 0.8 .

Se aplicó un diseño intersujeto y uno intrasujeto. Intersujeto porque comparamos el trazo electroencefalográfico entre hombres y mujeres durante las mismas condiciones experimentales (estados emocionales y neutros); por su parte, se utilizó un diseño intrasujeto porque comparamos el trazo electroencefalográfico de un mismo grupo de sujetos (ya fueran los hombres o las mujeres) durante diferentes condiciones experimentales (estados emocionales positivo, negativo y neutro).

Se realizó una análisis interhemisférico (paneles D, E y F de la figura 3) porque este es el tipo de diferencias que se espera encontrar entre los estados emocionales (de acuerdo con nuestra segunda hipótesis), del mismo modo se aplicó un análisis intrahemisférico (paneles A, B y C de la figura 3) porque esperamos encontrar más diferencias de este tipo entre las mujeres que entre los hombres (como se indicó en nuestra tercer hipótesis).

A cada banda de las 19 obtenidas, tanto para la PA como para la PR, se le realizó un análisis paramétrico por medio del MANCOVA de medidas repetidas con corrección de Greenhouse. Los modelos utilizados para el análisis fueron los siguientes (ver fig. 3):

- a) ***Izquierdo Antero-posterior.*** 2 x 3 x 2 x 3. Sexo (Masc-Fem), Estado (Positivo-Negativo-Neutro), Región (**Anterior**-Posterior) y Derivación (**Fp1-F3-F7** – T5-P3-O1).
- b) ***Derecho Antero-posterior.*** 2 x 3 x 2 x 3. Sexo (Masc-Fem), Estado (Positivo-Negativo-Neutro), Región (**Anterior**-Posterior) y Derivación (**Fp2-F4-F8** – T6-P4-O2).
- c) ***Línea media Antero-posterior.*** 2 x 3 x 2 x 2. Sexo (Masc-Fem), Estado (Positivo-Negativo-Neutro), Región (**Anterior**-Posterior) y Derivación (**Fz-Cz- – Pz-Oz**).
- d) ***Anterior Izquierdo-derecho.*** 2 x 3 x 2 x 3. Sexo (Masc-Fem), Estado (Positivo-Negativo- Neutro), Hemisferio (**Izquierdo**-Derecho) y Derivación (**Fp1-F3-F7** – Fp2-F4-F8).
- e) ***Posterior Izquierdo-derecho.*** 2 x 3 x 2 x 3. Sexo (Masc-Fem), Estado (Positivo-Negativo- Neutro), Hemisferio (**Izquierdo**-Derecho) y Derivación (**T5-P3-O1** – T6-P4-O2).
- f) ***Central Izquierdo-derecho.*** 2 x 3 x 2 x 2. Sexo (Masc-Fem), Estado (Positivo-Negativo- Neutro), Hemisferio (**Izquierdo**-Derecho) y Derivación (**T3-C3** – C4-T4).

Figura 3.

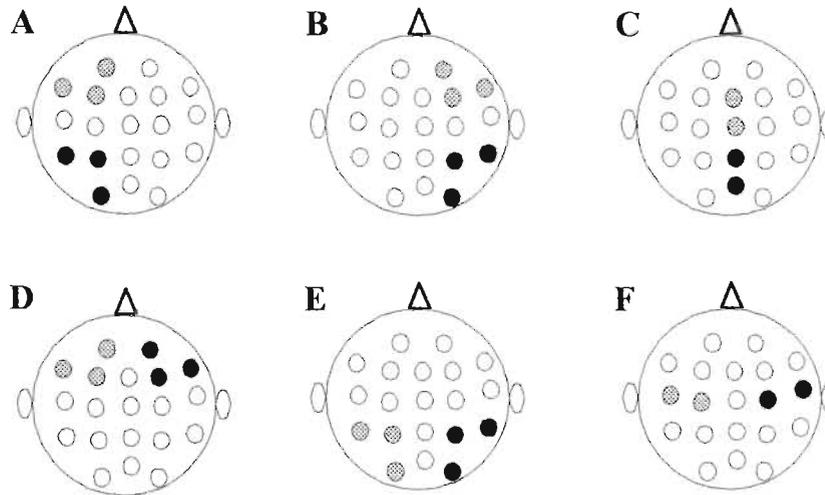


Figura 3. Se muestran las regiones corticales analizadas en nuestro estudio. Anteriores vs posteriores izquierda, derecha y línea media (panel A, B y C, respectivamente). Izquierda vs derecha, anterior, posterior y central (panel D, E y F, respectivamente).

En total se realizaron 12 análisis (para cada banda), 6 para la PA y 6 para la PR cada uno de éstos seis corresponde a cada una de las regiones presentadas en la figura 3. En todos los casos se utilizó el CI como covariable.

Finalmente, se compararon las diferencias significativas entre las tres condiciones de acuerdo al rango de frecuencia, a la región y al sexo, así como efectos combinados de sexo-estado, estado-región (antero-posterior o izquierdo-derecho) y sexo-estado-región este análisis se realizó por medio de la prueba estandarizada post-hoc de Tukey.

RESULTADOS.

1. DIFERENCIAS GENERALES POR SEXO.

Potencia Absoluta (PA).

Encontramos diferencias significativas por sexo casi en todas las bandas y derivaciones. La tabla 4 muestra aquellas frecuencias que resultaron significativamente diferentes en un nivel de $p < .0001$. Invariablemente las mujeres tuvieron una mayor PA que los hombres. Los rangos de frecuencia donde no habían diferencias significativas fueron pocos, 13.6-14.5 Hz, 15.6-16.5 Hz y 17.6-20.5 Hz en la línea media y en los dos hemisferios, y en la región central y en las derivaciones anteriores y posteriores en las bandas 13.6-16.5 Hz y 17.6-20.5 Hz.

Tabla 4. Efecto principal de sexo (M=mujeres, H=hombres, HF=hemisferio).

REGIONES CORTICALES	FRECUENCIAS Hz	MEDIAS
HF IZQ.	1.6-13.5	M > H
	14.6-15.5	M > H
	16.6-17.5	M > H
HF DER.	1.6-13.5	M > H
	14.6-15.5	M > H
	16.6-17.5	M > H
LINEA MEDIA	1.6-13.5	M > H
	14.6-15.5	M > H
	16.6-17.5	M > H
ANTERIOR	1.6-13.5	M > H
	16.6-17.5	M > H
POSTERIOR	1.6-13.5	M > H
	16.6-17.5	M > H
CENTRAL	1.6-13.5	M > H
	14.6-15.5	M > H
	16.6-17.5	M > H

Potencia Relativa (PR).

En la tabla 5 podemos ver que existen diferencias muy significativas (todas ellas de $p < 0.0001$) en la PR entre hombres y mujeres en casi todas las bandas, teniendo más actividad lenta las mujeres y más actividad rápida los hombres.

Tabla 5. Efecto principal de sexo (M=mujeres, H=hombres, HF=Hemisferio).

REGIONES CORTICALES	FRECUENCIA Hz	MEDIAS
HF IZQUIERDO	1.6- 9.5	M > H
	11.6-20.5	M < H
HF DERECHO	1.6-10.5	M > H
	11.6-20.5	M < H
LINEA MEDIA	1.6-10.5	M > H
	11.6-20.5	M < H
ANTERIOR	1.6-9.5	M > H
	10.6-20.5	M < H
POSTERIOR	1.6-6.5	M > H
	7.6-11.5	M > H
	11.6-20.5	M < H
CENTRAL	1.6-9.5	M > H
	11.6-20.5	M < H

2. DIFERENCIAS POR ESTADO.

2.A. Diferencias Generales por Estado.

PA

En la tabla 6 se muestran los efectos principales en la PA determinados por los estados emocionales. Se puede observar que las diferencias encontradas en la PA entre los estados emocionales y el neutro se dieron en: el hemisferio izquierdo en la banda 3.6-4.5 Hz ($p < 0.0077$,

F=5.32), de acuerdo con la prueba post-hoc de Tukey el estado positivo fue menor al neutro y al negativo ($p < 0.0012$ y $p < 0.012$, respectivamente). En el hemisferio derecho en la banda 9.6-10.5 Hz ($p < 0.025$, F=3.94) el estado neutro y el negativo fueron menores al positivo ($p < 0.052$ y $p < 0.0002$, respectivamente). En la región central en la banda 2.6-3.5 Hz ($p < 0.026$, F=3.9) el positivo fue menor al neutro ($p < 0.019$) y también en la banda 3.6-4.5 Hz ($p < 0.016$, F=4.46) la PA de positivo fue menor al neutro ($p < 0.012$).

Tabla 6. Efecto principal de estado emocional.

REGIÓN	FRECUENCIA Hz	p	MEDIA
HF IZQUIERDO	3.6-4.5	.008	POSITIVO < NEUTRO POSITIVO < NEGATIVO
HF DERECHO	9.6-10.5	.025	NEUTRO < POSITIVO NEGATIVO < POSITIVO
CENTRAL	2.6-3.5	.026	POSITIVO < NEUTRO
	3.6-4.5	.016	POSITIVO < NEUTRO

PR

La tabla 7 muestra los hallazgos significativos de efecto principal de estado emocional en la PR. Se encontraron diferencias solamente en la banda 3.6-4.5 Hz en el hemisferio izquierdo y en la región central, teniendo en ambos casos el estado negativo más actividad al positivo y al neutro.

Tabla 7. Efecto principal de estado emocional.

REGIÓN	FRECUENCIA Hz	p	ESTADOS
HF IZQUIERDO	3.6-4.5	.0015	POSITIVO < NEGATIVO
CENTRAL	3.6-4.5	.0100	NEUTRO < NEGATIVO

2.B. Diferencias por Estado y Sexo.

PA

En la figura 4 se presenta una interacción significativa en la PA entre estados emocionales y sexo en el hemisferio izquierdo en la banda 3.6-4.5 Hz ($p < 0.0001$, $F = 7.11$). Podemos ver que las mujeres tienen mayor PA en los tres estados emocionales. La prueba post-hoc de Tukey muestra que las diferencias entre estados sólo se dieron en los hombres, teniendo mayor PA el estado neutro que el positivo ($p < 0.0003$) y el negativo mayor al positivo ($p < 0.0035$).

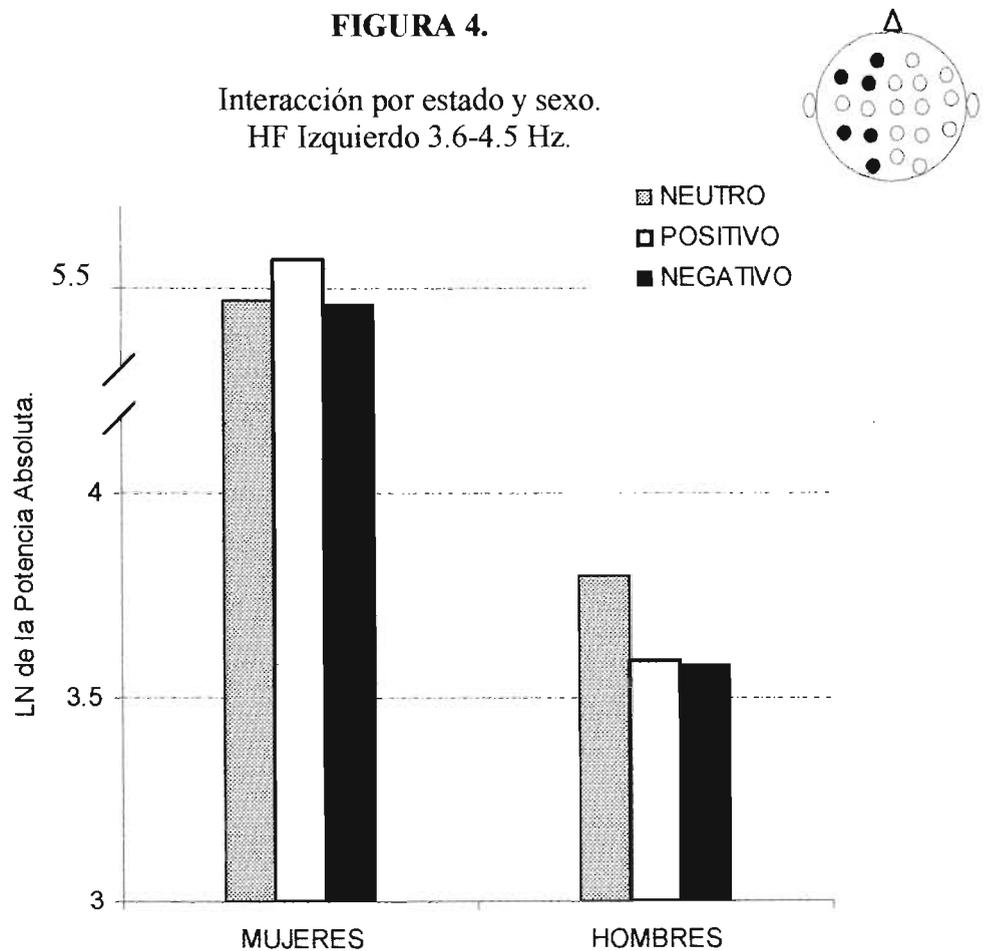


Figura 4. Diferencias en la PA por estado y sexo en el hemisferio izquierdo en la banda 3.6-4.5 Hz.

En la figura 5 se presenta la diferencia encontrada en la región anterior de la banda 5.6-6.5 Hz ($p < 0.023$, $F = 4.008$). La prueba post-hoc de Tukey muestra mayor PA en las mujeres que en los hombres ($p < 0.001$). La única diferencia encontrada entre los estados emocionales se dio en los hombres siendo la PA mayor durante la emoción negativa que en la positiva ($p < 0.046$).

FIGURA 5.

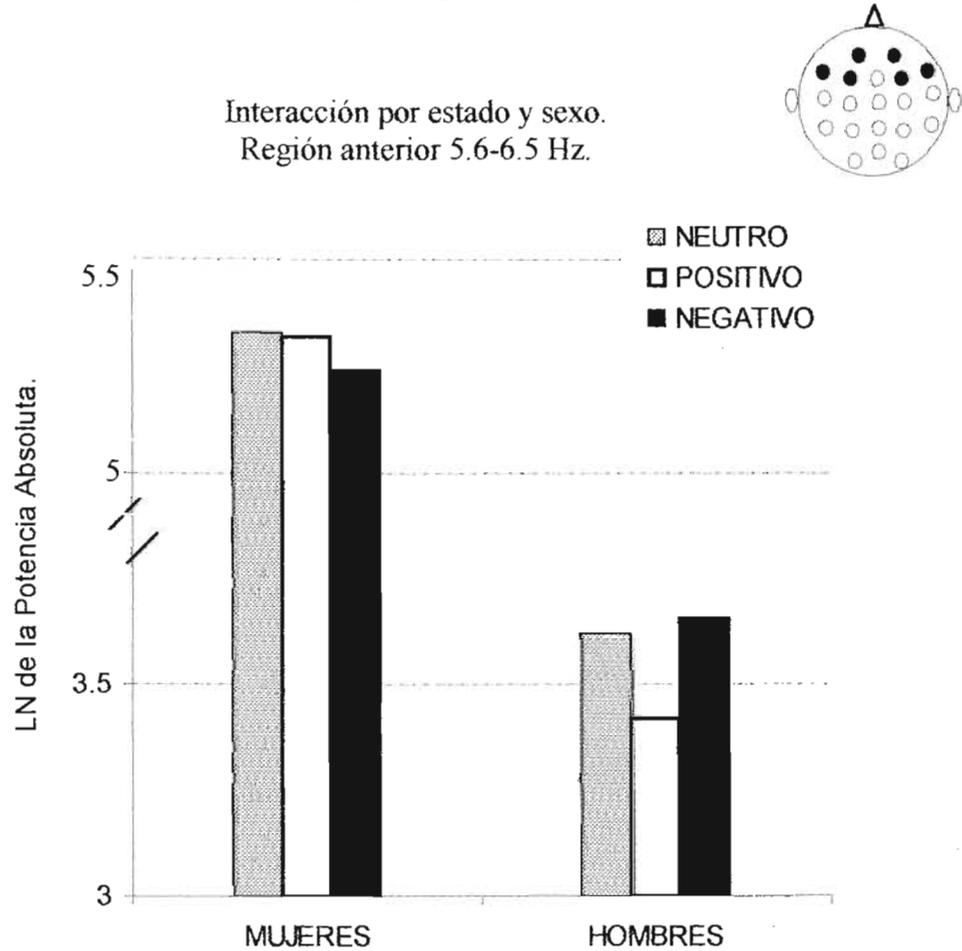


Figura 5. Diferencias en la PA por estado y sexo en la región anterior en la banda 5.6-6.5 Hz.

En la figura 6 se presenta la diferencia encontrada en la región posterior en la banda 4.6-5.5 Hz ($p < 0.0017$, $F = 4.39$). La prueba de Tukey mostró que la PA de las mujeres fue mayor ($p < 0.001$) y las diferencias entre estados emocionales sólo se dieron en los hombres teniendo el estado negativo más PA que el positivo ($p < 0.036$).

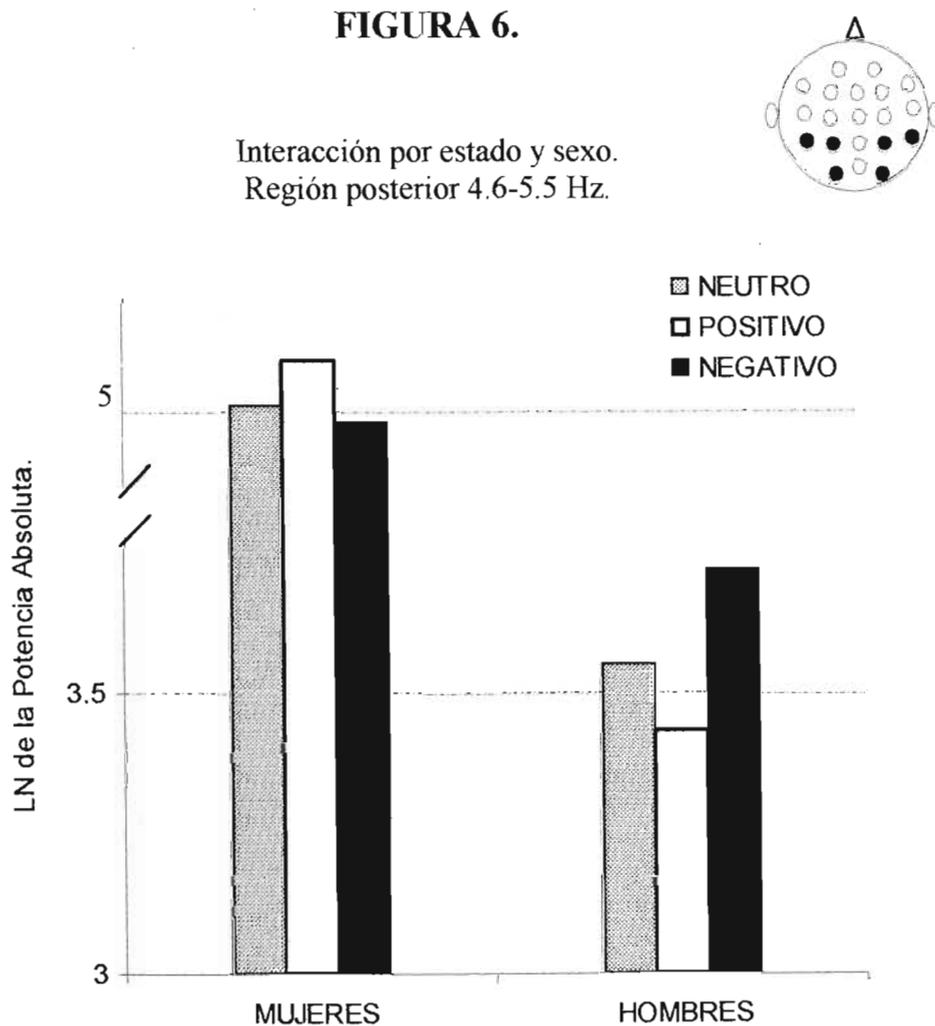


Figura 6. Diferencias en la PA por estado y sexo en la región posterior en la banda 4.6-5.5 Hz.

En la figura 7 podemos observar una interacción significativa en la región posterior, en la banda 6.6-7.5 Hz ($p < 0.010$, $F = 4.98$). En esta banda también la mujeres tenían mayor PA y el estado neutro de los hombres tenía más PA que el positivo y el negativo ($p < 0.058$ y $p < 0.038$, respectivamente).

FIGURA 7.

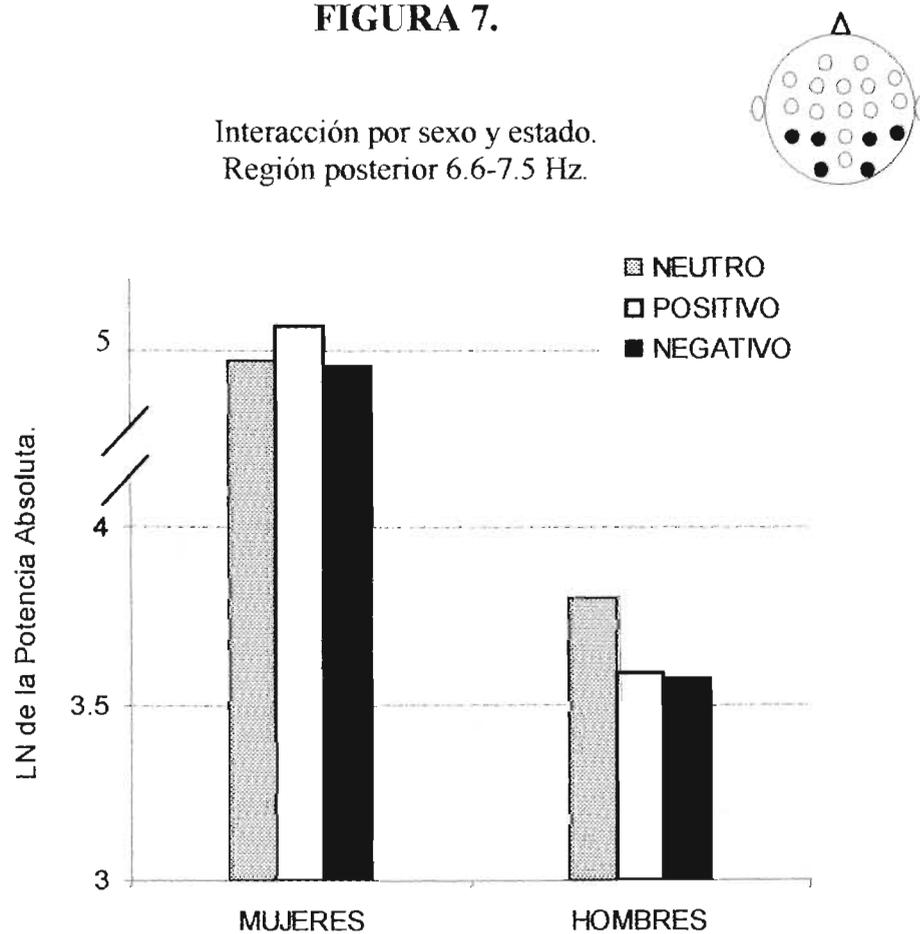


Figura 7. Diferencias en la PA por estado y sexo en la región posterior en la banda 6.6-7.5 Hz.

PR

En la figura 8 se muestran las diferencias encontradas en la PR del hemisferio izquierdo en la banda 3.6-4.5 Hz ($p < 0.018$, $F = 4.29$). De acuerdo con la prueba post-hoc de Tukey las mujeres tenían más actividad en esta banda que los hombres ($p < 0.0001$) y el estado neutro de los hombres mostró más actividad que el positivo ($p < 0.037$).

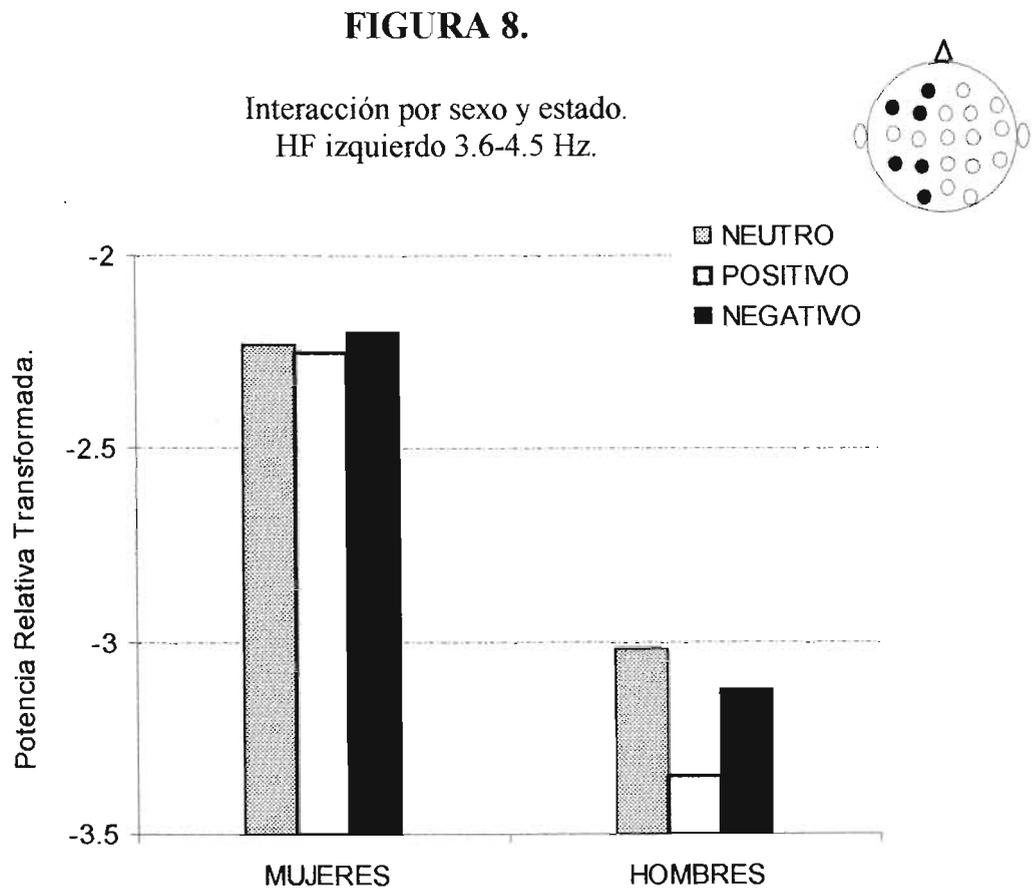


Figura 8. Diferencias en la PR por estado y sexo en el hemisferio izquierdo en la banda 3.6-4.5 Hz.

En la figura 9 se muestran los hallazgos significativos en la región posterior en la banda 6.6-7.5 Hz ($p < 0.016$, $F = 4.42$). La prueba post-hoc de Tukey muestra que la única diferencia encontrada se dio entre los hombres, siendo mayor la PR del estado neutro en comparación al negativo ($p < 0.015$).

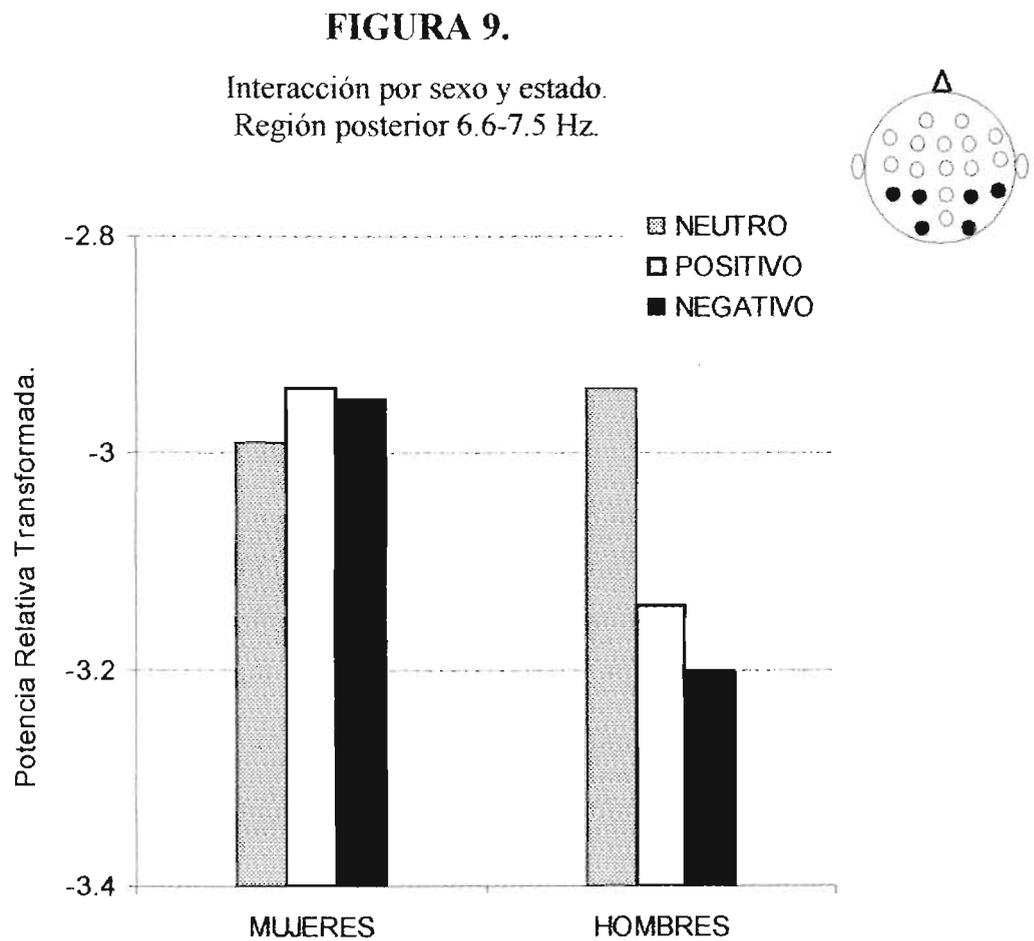


Figura 9. Diferencias en la PR por estado y sexo en la región posterior en la banda 6.6-7.5 Hz.

2.C. Diferencias por Estado y Hemisferio.

PA

En la figura 10 se muestran las interacciones encontradas en la región anterior en la banda 12.6-13.5 Hz ($p < 0.021$, $F=4.12$). La prueba post-hoc de Tukey indica que la PA del neutro del hemisferio derecho fue mayor que la PA de los tres estados en el hemisferio izquierdo ($p < 0.0017$).

El estado positivo derecho fue mayor al estado neutro izquierdo y al positivo izquierdo ($p < 0.016$ y $p < 0.020$, respectivamente).

FIGURA 10.

Interacción por estado y hemisferio.
Región anterior 12.6-13.5 Hz.

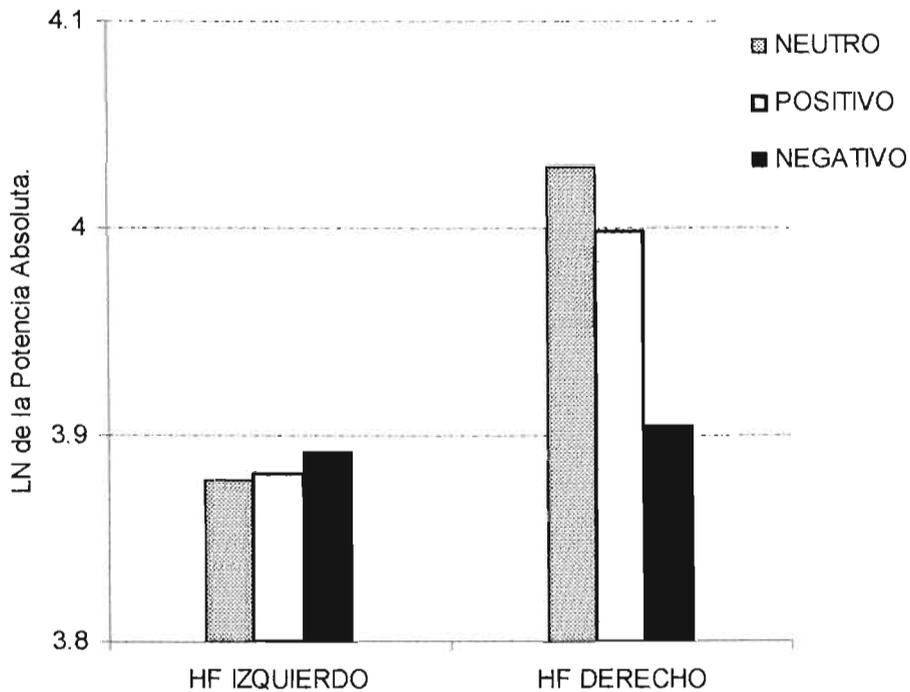
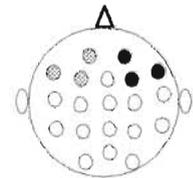


Figura 10. Diferencias interhemisféricas en la PA entre los estados en la región anterior en la banda 12.6-13.5 Hz.

En la figura 11 se muestran las diferencias interhemisféricas encontradas en la región posterior entre los tres estados. Ésta se dio en la banda 3.6-4.5 Hz ($p < 0.016$, $F = 4.46$), la prueba post-hoc de Tukey muestra que la PA del estado neutro izquierdo fue mayor a la PA del estado neutro derecho ($p < 0.020$).

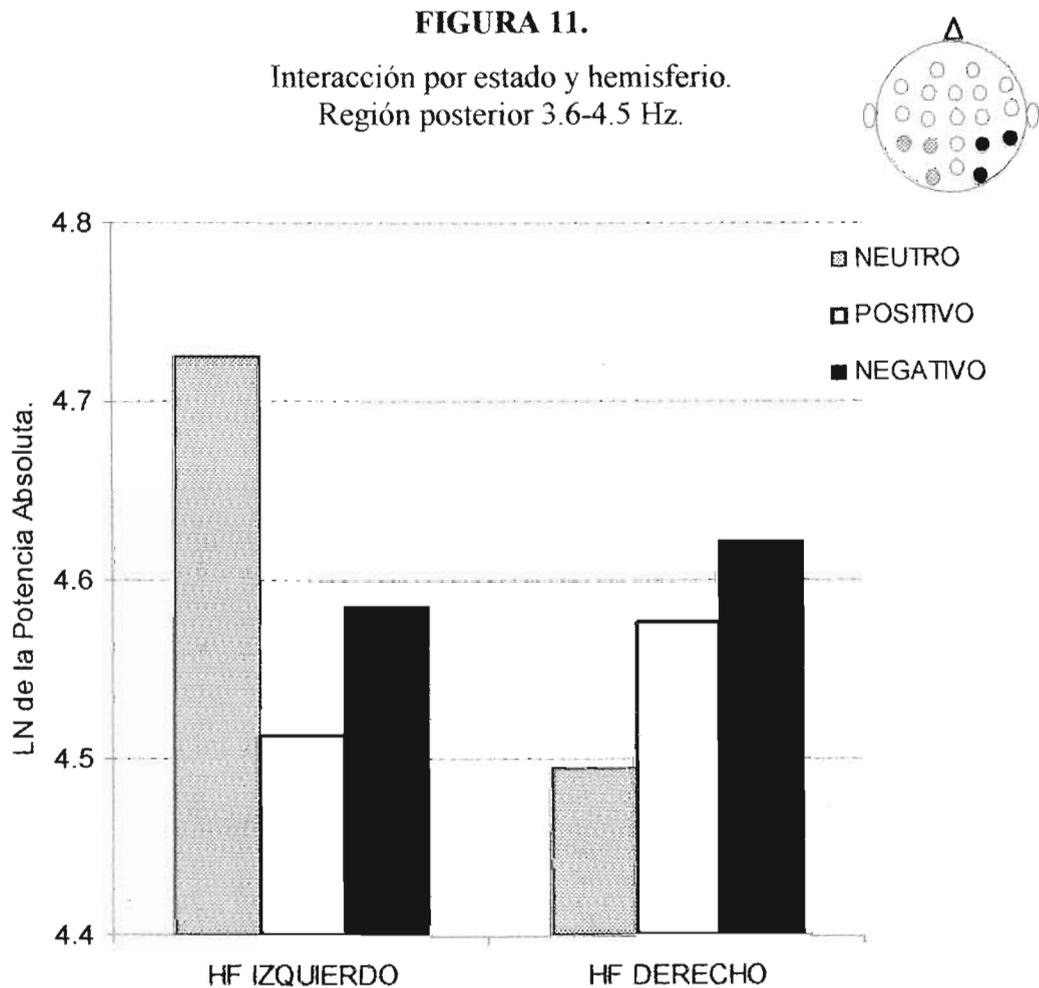


Figura 11. Diferencias interhemisféricas en la PA entre los estados en la región posterior en la banda 3.6-4.5 Hz.

PR

En la figura 12 se muestran las diferencias interhemisféricas encontradas en la PR entre los estados emocionales en la región posterior en la banda 3.6-4.5 Hz ($p < 0.0049$, $F = 5.87$). La prueba de Tukey muestra que el estado neutro del hemisferio izquierdo fue mayor al estado neutro del hemisferio derecho y al estado positivo del hemisferio izquierdo ($p < 0.023$ y $p < 0.014$, respectivamente).

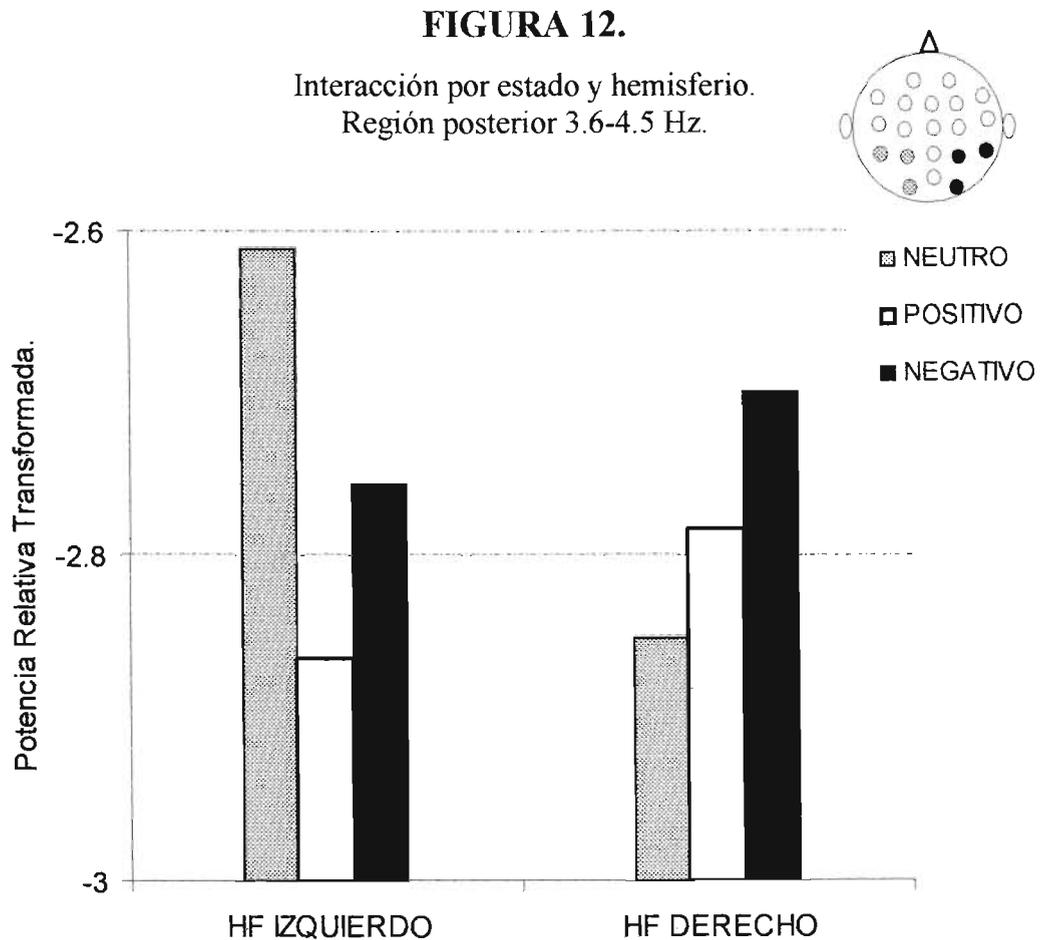


Figura 12. Diferencias interhemisféricas en la PR por estados en la región posterior en la banda 3.6-4.5 Hz.

2.D. Diferencias por Sexo, Estado y Hemisferio.

PA

La figura 13 muestra la interacción por sexo, estado y hemisferio en la banda 3.6-4.5 ($p < 0.026$, $F = 3.86$) en la región posterior. De acuerdo con la prueba post-hoc de Tukey la PA de las mujeres fue mayor a la de los hombres ($p < 0.001$) y las diferencias observadas entre los estados sólo se dieron en los hombres: se observó que en el hemisferio izquierdo el estado neutro y el negativo tuvieron mayor amplitud que el positivo ($p < 0.0011$ y $p < 0.021$, respectivamente) y el neutro del hemisferio izquierdo de los hombres fue mayor al estado neutro del hemisferio derecho ($p < 0.014$).

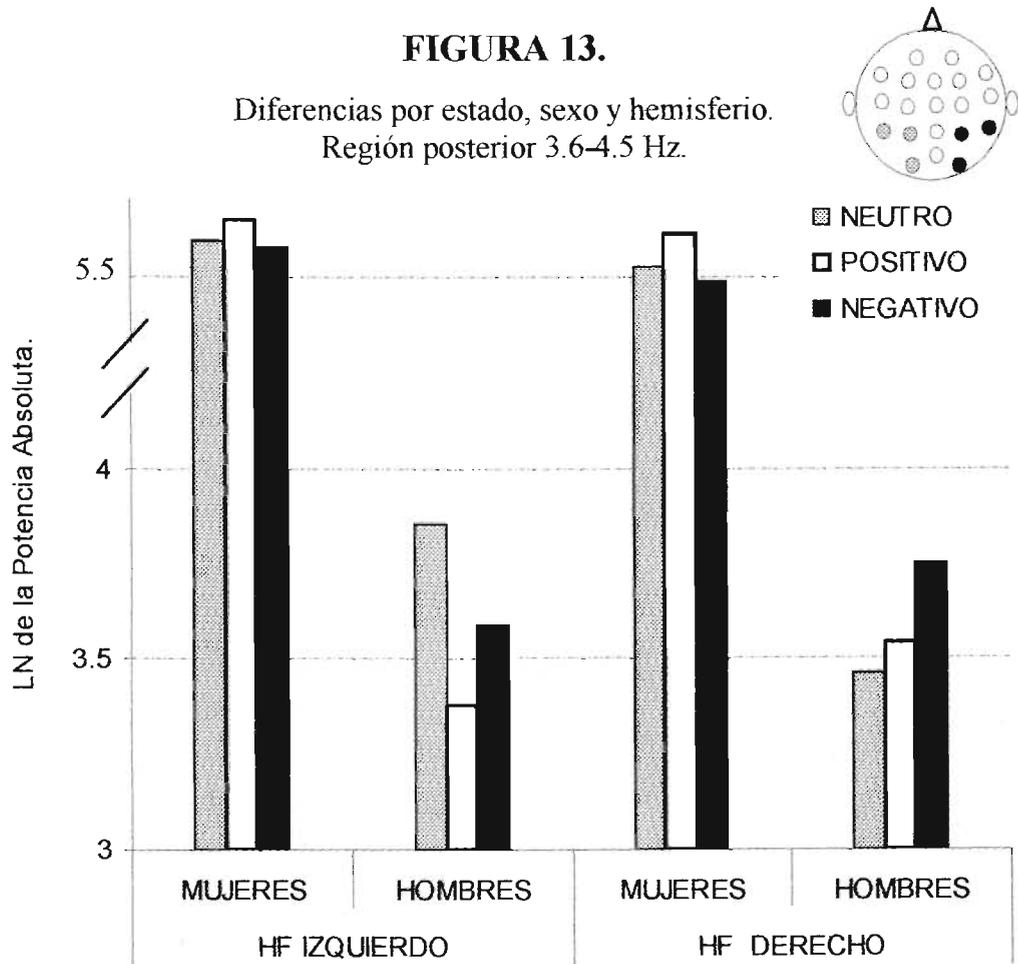


Figura 13. Diferencias interhemisféricas por estado y sexo en la PA en la región posterior en la banda 3.6-4.5 Hz.

En la figura 14 se muestran las diferencias interhemisféricas encontradas en la región central en la banda 16.6-17.5 Hz ($p < 0.021$, $F = 4.13$). La prueba post-hoc de Tukey indica que las mujeres mostraron una PA mayor a los hombres ($p < 0.0094$) y en el hemisferio derecho de los hombres el estado negativo y neutro tenían mayor potencia que el positivo aunque esta diferencia no resultó ser significativa en la prueba de Tukey.

FIGURA 14.

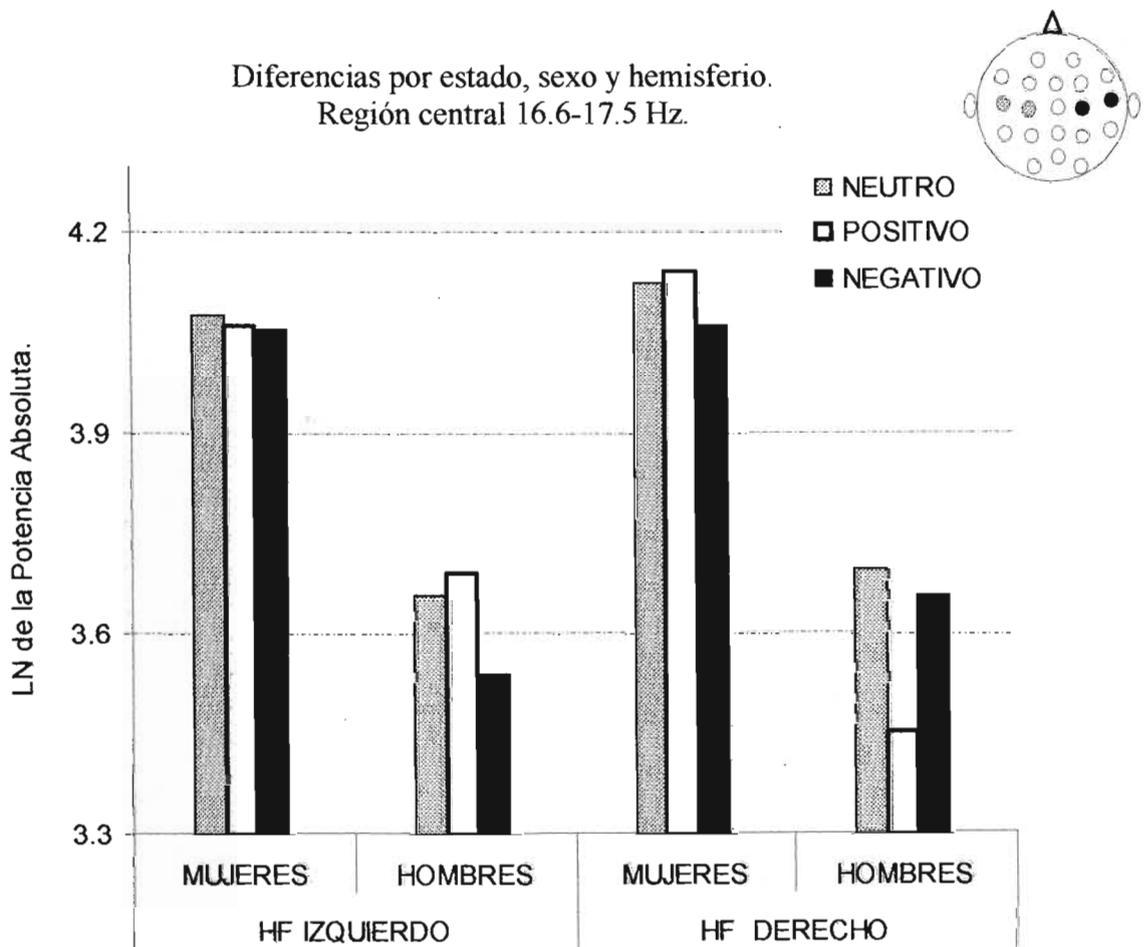


Figura 14. Diferencias interhemisféricas por estado y sexo en la PA en la región central en la banda 16.6-17.5 Hz.

La figura 15 muestra la interacción triple en la banda 18.6-19.5 Hz ($p < 0.022$, $F = 4.04$) de la región central. La prueba post-hoc de Tukey indica que los hombres tenían mayor PA durante el estado positivo y el negativo que el neutro en el hemisferio izquierdo ($p < 0.0094$ y $p < 0.0009$, respectivamente) y en el hemisferio derecho los tres estados tenían mayor PA que el neutro del hemisferio izquierdo de los hombres ($p < 0.028$).

FIGURA 15.

Interacción por estado, sexo y hemisferio.
Región central 18.6-19.5 Hz.

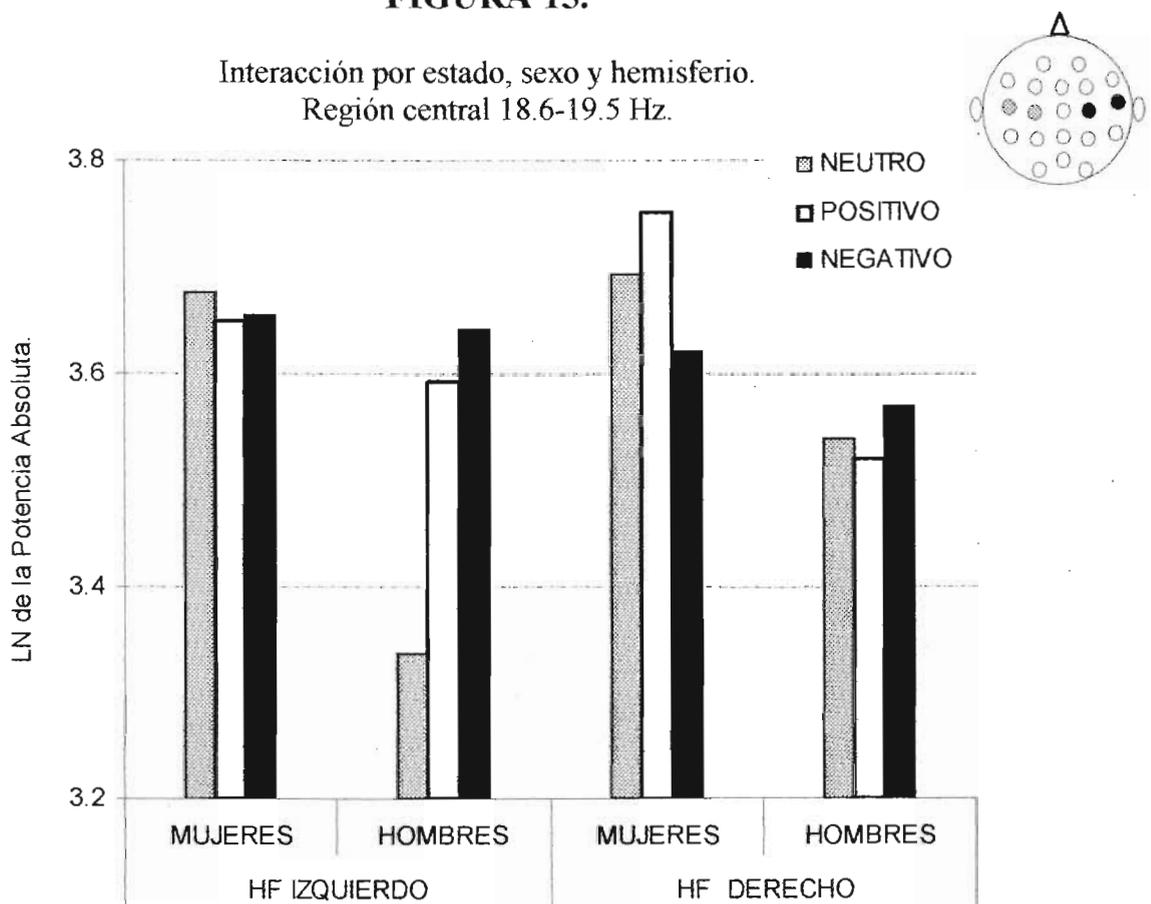


Figura 15. Diferencias interhemisféricas por estado y sexo en la PA en la región central en la banda 18.6-19.5 Hz.

PR

En la figura 16 se presentan las diferencias interhemisféricas por sexo y estado en la PR de la región posterior en la banda 3.6-4.5 Hz ($p < 0.012$, $F = 4.80$). La prueba post-hoc de Tukey muestra que las mujeres tenían más actividad en esta banda ($p < 0.0001$). Las diferencias entre estados sólo se dieron entre los hombres. En el hemisferio izquierdo se observó que la PR del estado neutro fue mayor a la del estado positivo y la del neutro del hemisferio derecho ($p < 0.0021$ y $p < 0.030$, respectivamente). También la PR del estado negativo del hemisferio derecho de los hombres fue mayor al estado positivo del hemisferio izquierdo ($p < 0.024$).

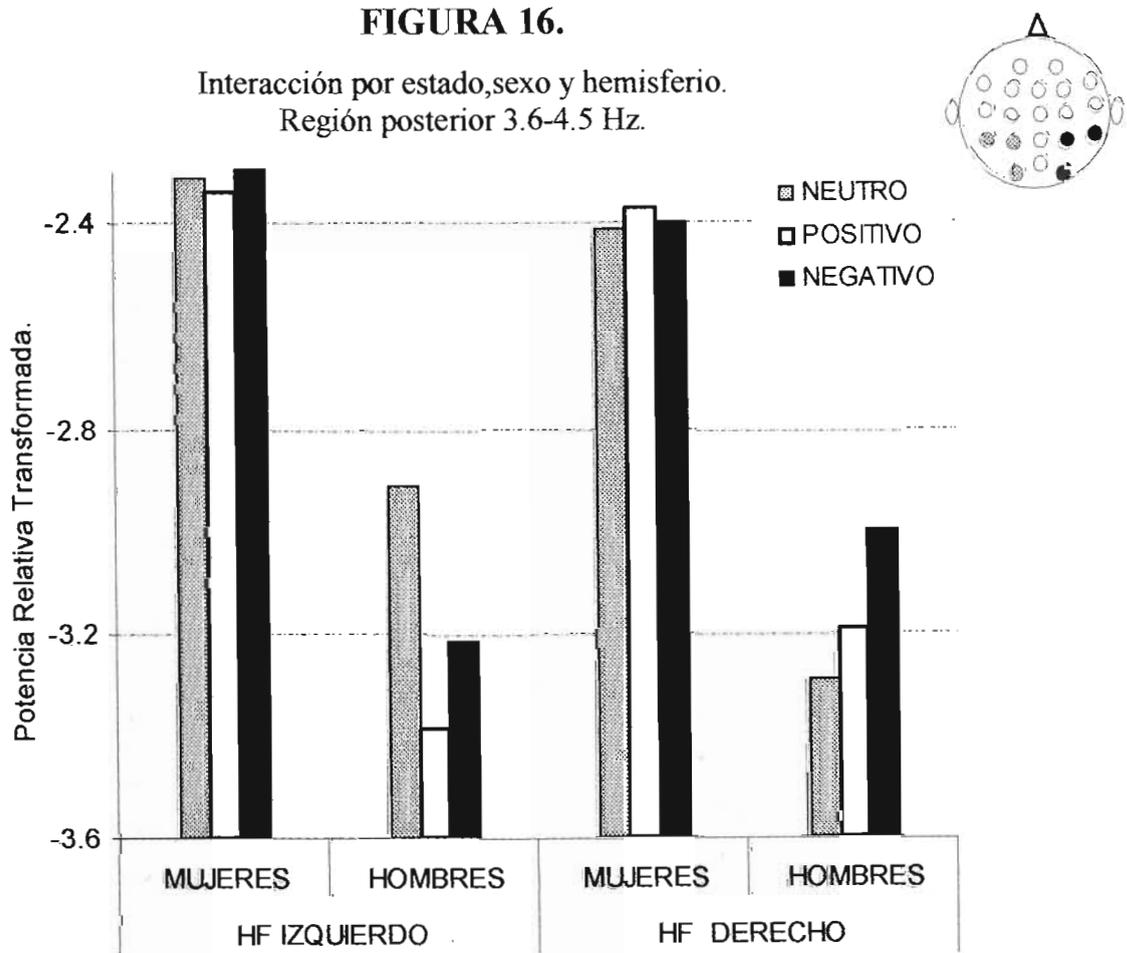


Figura 16. Diferencias interhemisféricas por estado y sexo en la PR en la región posterior en la banda 3.6-4.5 Hz.

En la figura 17 se muestran las diferencias interhemisféricas encontradas en la PR por sexo y estado emocional en la región central en la banda 16.6-17.5 Hz ($p > 0.0064$, $F = 5.53$). La PR de los hombres fue mayor a la de las mujeres ($p < 0.0001$). Las diferencias entre los estados sólo se dieron en los hombres. Se observó que en el hemisferio derecho el estado neutro fue mayor al positivo ($p < 0.044$) y el positivo del hemisferio izquierdo fue mayor al positivo del hemisferio derecho de los hombres ($p < 0.017$).

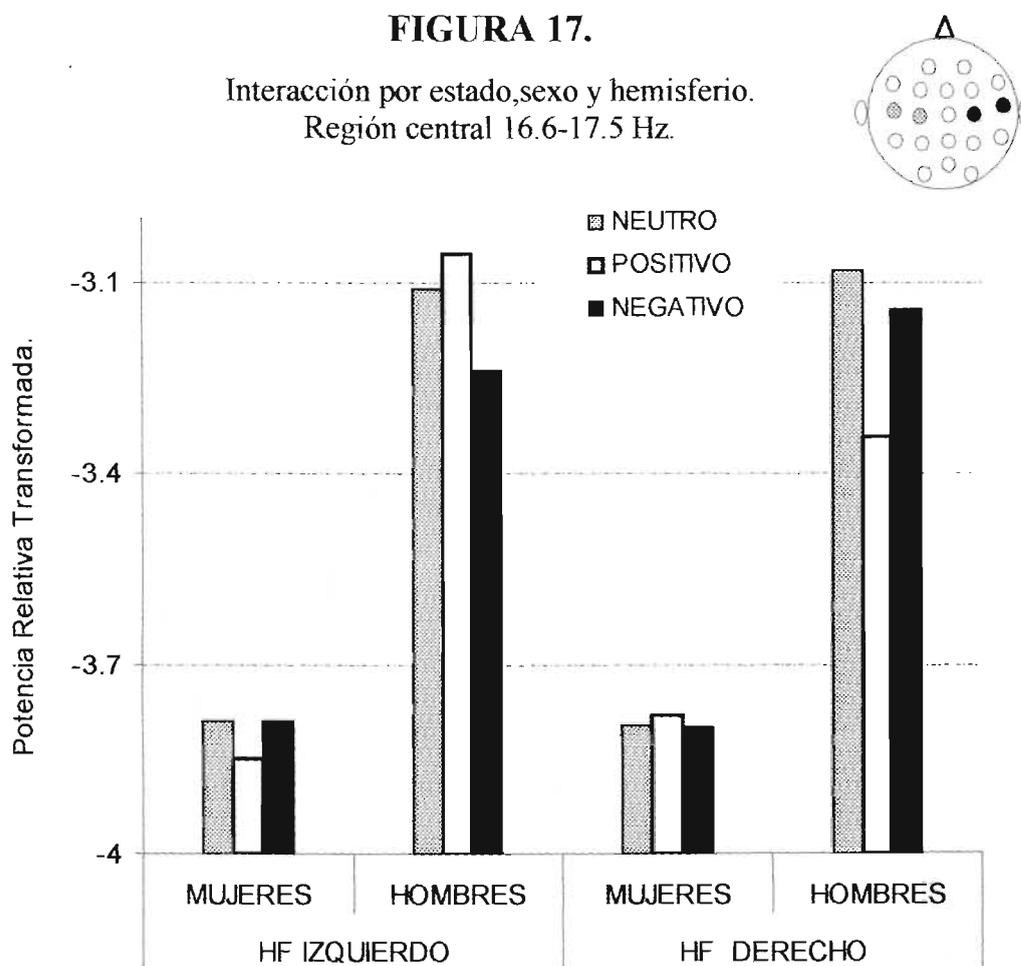


Figura 17. Diferencias interhemisféricas por estado y sexo en la PR en la región central en la banda 16.6-17.5 Hz.

En la figura 18 podemos ver triple interacción en la banda 18.6-19.5 Hz ($p < 0.0034$, $F = 6.30$) en la región central. De acuerdo con la prueba post-hoc de Tukey, la PR de los hombres fue mayor a la de las mujeres ($p < 0.0001$). En el hemisferio izquierdo el estado positivo y el negativo de los hombres tuvo más actividad en esta banda que el neutro ($p < 0.0023$ y $p < 0.0009$, respectivamente).

FIGURA 18.

Interacción por estado, sexo y hemisferio.
Región central 18.6-19.5 Hz.

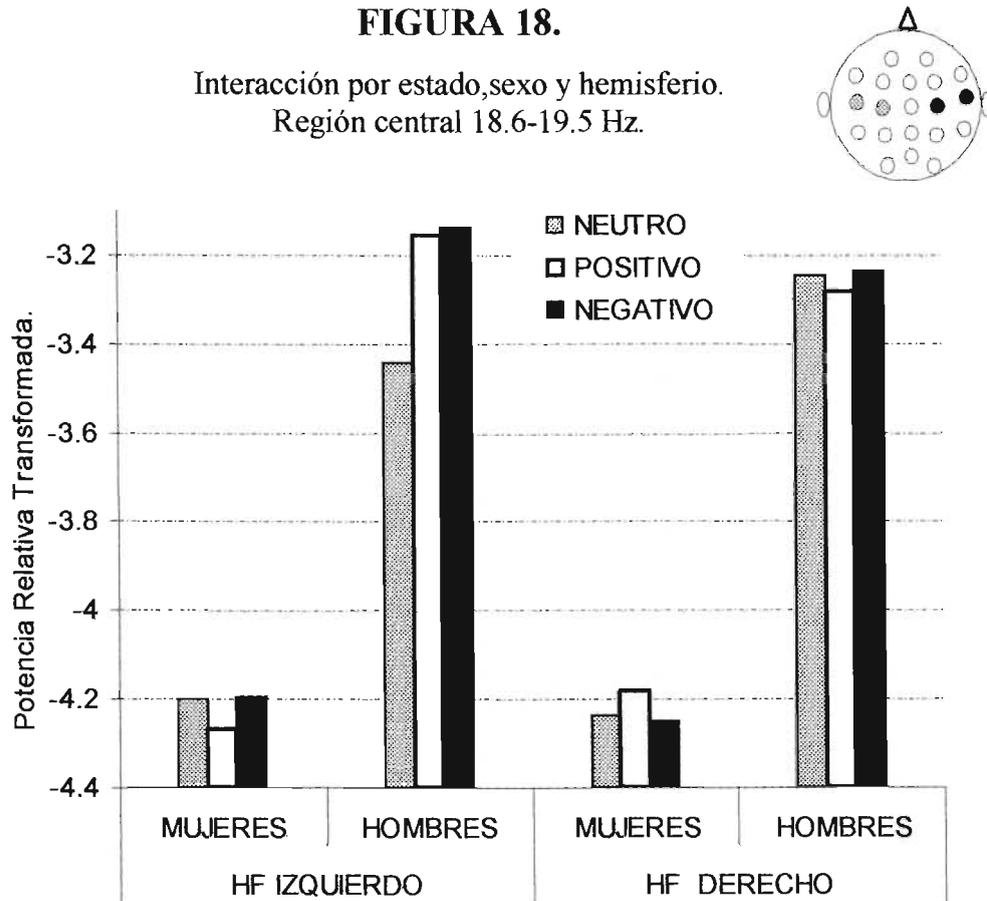


Figura 18. Diferencias interhemisféricas por estado y sexo en la región central en la banda 18.6-19.5 Hz.

3. RESUMEN.

PA

Los resultados significativos obtenidos para la potencia absoluta podemos ver que las mujeres tenían mayor PA casi en todas las bandas pero su EEG no reflejó los cambios dependientes de

los estados emocionales. Estos cambios se dieron más bien en los hombres en las frecuencias bajas y mayormente en las regiones posteriores teniendo el estado neutro más PA especialmente en el hemisferio izquierdo. Las bandas rápidas se comportaron en diferente forma, reflejaron las emociones en la región central con mayor PA en el hemisferio derecho. El efecto del estado emocional también era más evidente en las frecuencias bajas, con menos PA durante el estado positivo y en frecuencias más altas con mayor PA en el estado positivo.

PR

Los hallazgos de la potencia relativa podemos decir que las mujeres tenían más actividad que los hombres en las bandas correspondientes a las frecuencias bajas y menos actividad en las frecuencias altas. También podemos observar que la mayor actividad ocurrió durante el estado neutro en el hemisferio izquierdo en las bandas 3.6-4.5 y 18.6-19.5 Hz y en el hemisferio derecho en la banda 16.6-17.5 Hz. Efecto de estado se observó solamente en la banda 3.6-4.5 Hz tanto en el hemisferio izquierdo como en la región central con mayor actividad durante los estímulos neutros.

DISCUSIÓN.

El estudio de la conducta emocional muestra un aumento en las últimas décadas, la importancia de estas investigaciones recae, en parte porque las emociones intervienen en casi todas las conductas cotidianas de nuestras vidas y en parte porque las emociones son un eslabón importante entre la actividad cortical y la conciencia (LeDoux, 2000). Los estudios fisiológicos sobre la emoción han brindado algunas pautas para empezar a comprender el procesamiento biológico de las emociones, pero una conducta tan compleja como lo son las emociones no es fácil de entender. Si bien los estudios han permitido, a partir del circuito de Papez, proponer una serie de estructuras que intervienen en el procesamiento de las emociones estamos lejos de entender el tipo de interacción que se da entre ellas ni tampoco podemos asegurar que estas estructuras sean las únicas que intervienen. No obstante, la recopilación y confrontación de diferentes estudios con diferentes técnicas y metodologías sobre las emociones permite aceptar, rechazar o crear nuevas hipótesis.

Los estudios electroencefalográficos sobre las emociones también van en aumento, sin embargo, los resultados de éstos tienden a ser complejos y contradictorios entre ellos. Esto se puede deber a que en muchos casos la metodología varía desde las técnicas de recopilación utilizadas hasta el procesamiento estadístico aplicado. Además sólo se analizan los resultados de la PA y se dejan de lado otras medidas como la PR (por ejemplo, Rosehmann y Wittling, 1992; Jones y Fox, 1992; Davidson, 1998, etc.), así también se tiende a utilizar solamente las bandas anchas tradicionales (por ejemplo: Aftanas et al., 1996 y Wheeler et al., 1993; etc.).

Por otro lado, las técnicas utilizadas en el estudio de las emociones tienen limitaciones inherentes a ellas mismas. En nuestro caso utilizamos la técnica de inducción afectiva, ésta es ampliamente aceptada (Krause et al., 2000; Il'ichebock, 1996; Davidson, 1992; 1994, entre otros), pero tiene como principal limitación la variabilidad intersujeto de la conducta emocional, la cual hace que sea difícil de estudiar de manera objetiva (Drevets y Raichle, 1995). Por ejemplo, en nuestro estudio utilizamos frases con carga emocional positiva, negativa y neutra, en un instrumento construido por medio de un sondeo previo. Para verificar el contenido de las frases se pidió a los sujetos que participaron en el experimento que calificaran el contenido de las frases en emocional positivo, negativo o neutro, esto después de terminar el registro

electroencefalográfico. La calificación de los sujetos mostró que las frases no fueron calificadas igual por todos los sujetos. Del total de las frases neutras el 87.3 % fueron consideradas bien clasificadas y sólo el 11.5 % fueron consideradas negativas y el 1.2 % positivas. De las frases negativas el 92.6 % fueron consideradas negativas y sólo el 7.4 % neutras. Las frases más adecuadas fueron las positivas ya que el 97.6 % fueron clasificadas de manera correcta y sólo el 2.4 % fueron consideradas neutras. Sin embargo, es de notar que las frases emocionales mal clasificadas fueron consideradas neutras, por ello podemos asegurar que los estados emocionales inducidos fueron clasificados de manera correcta, esto es, las frases positivas que generaron emoción, generaron emociones positivas y las frases negativas que generaron emoción, generaron emociones negativas.

Ahora, para confirmar que las frases utilizadas generaron estados emocionales y no estados neutros medimos la frecuencia cardíaca y nos basamos en la hipótesis de que los estados emocionales presentan mayor frecuencia cardíaca que los estados neutros. La prueba post-hoc de Tukey mostró que las diferencias entre los segmentos utilizados de los estados emocionales y los neutros son estadísticamente significativas y con ello corroboramos la inducción de los estados emocionales (ya fueran positivos o negativos).

También se utilizó el CI como covariable para disminuir el efecto de la variabilidad en la interpretación emocional, ya que se ha observado que éste puede influir en el procesamiento de la emoción (LeDoux, 1997 y Simon et al., 1996), así como también puede ejercer influencia en el trazo electroencefalográfico (Gasser et al., 1983; Marosi et al., 1999).

Otra variable importante que analizamos en nuestro estudio fueron las diferencias sexuales. En la introducción presentamos varios estudios que demuestran diferencias anatómo-funcionales, cognoscitivas, psicológicas y electroencefalográficas entre hombres y mujeres que son producto de la herencia biológica y del entorno social. Al realizar nuestro análisis debemos considerar estas diferencias, sin menospreciar la dificultad que implica el integrar toda esta información. Pues si bien tenemos pautas generales referentes a las diferencias por sexo, faltan muchos estudios para poder brindar una explicación general de estas diferencias que abarque y corresponda con los resultados obtenidos hasta el momento.

Nuestros resultados mostraron claras diferencias entre hombres y mujeres. En todas las regiones la PA de las mujeres fue mayor en casi todas las bandas, desde la banda 1.6 hasta 18.5 Hz. Estos resultados corresponden con diferentes estudios realizados durante reposo (Brière et al., 2003; Clarke et al., 2001; Wada et al., 1994; Duffy et al., 1993) y tareas cognoscitivas (Arce

et al., 1995; Roberts y Bell, 2000) en los cuales se ha encontrado que la PA de las mujeres es mayor a la de los hombres en frecuencias de la banda delta, theta, alfa y/o beta, distribuidas en todas o en casi todas las regiones corticales analizadas.

Dado que los paradigmas utilizados en los estudios mencionados son muy diferentes es muy posible que estas diferencias tengan un trasfondo anatomo-funcional (sin descartar por completo el aspecto cultural), tales como las diferencias entre sexos mencionadas en la introducción, y no se pueden considerar como un efecto exclusivo de la tarea desarrollada durante nuestro estudio.

Sin embargo, es pertinente mencionar que las diferencias más grandes se dieron en las bandas lentas. La actividad lenta se ha relacionado ampliamente con procesos cognoscitivos. Gevins (1998) observó que la banda theta se presenta durante la memoria de trabajo y Harmony et al. (1996) presentaron evidencia de que las frecuencias entre los 1.5 y los 5.5 Hz. se pueden relacionar con procesos de concentración interna. Consideramos que las diferencias entre los estados emocionales y el neutro son afectados por el nivel de concentración interna, no obstante no podemos explicar nuestros resultados basándonos solamente en esta idea ya que los estados emocionales involucran otros procesos (tales como la atención y la memoria), además de las diferencias electroencefalográficas (ya mencionadas) entre hombres y mujeres.

Respecto a las diferencias en la PA entre el estado neutro y los emocionales positivo y negativo podemos mencionar que éstas se dieron en bandas lentas menores a 10.5 Hz, principalmente en frecuencias correspondientes a las bandas delta y theta. Resultados parecidos han sido reportados en diferentes investigaciones (Bekkedal et al., 1997; Marosi et al., 2001; Dimpfel et al., 2003). Específicamente, para hombres y mujeres, el estado neutro fue mayor al positivo en la región central en las bandas 2.6-4.5 Hz. y el positivo fue mayor al neutro y al negativo en el hemisferio derecho en la banda 9.6-10.5. Al realizar el análisis por estado y sexo observamos diferencias exclusivas para hombres y que sólo corresponden a frecuencias de la banda theta: el estado neutro fue mayor al positivo en el hemisferio izquierdo en la banda 3.6-4.5 y en la región posterior en la banda 6.6-7.5, el estado neutro fue mayor al negativo en la región posterior en la banda 6.6-7.5 y el estado negativo fue mayor al positivo en el hemisferio izquierdo en la banda 3.6-4.5, en la región anterior en la banda 5.6-6.5 y en la región posterior en la banda 4.6-5.5 Hz. Previamente mencionamos las diferencias electroencefalográficas generales entre los hombres y mujeres en las bandas lentas. Al analizar la PA entre los estados neutro, emocional positivo y negativo observamos que los hombres presentaron más diferencias que las

mujeres. Consideramos que esta diferencia entre hombres y mujeres puede ser explicada en parte por las diferencias generales referentes a la especialización hemisférica, ya que en diferentes estudios se ha observado que las mujeres tienen poca especialización hemisférica en comparación con los hombres (Bowers y Labarba, 1988; Corsi et al., 1993; Kawachi et al., 2000). Es decir, es posible que los estados emocionales y neutros de las mujeres activen de manera uniforme las diferentes regiones corticales que intervienen en el procesamiento, sin embargo, se deben realizar más estudios para entender y corroborar estos resultados.

En nuestros resultados no observamos muchas diferencias en las frecuencias alfa, sólo dos datos en la banda 9.6-10.5 en el hemisferio derecho (el estado positivo fue mayor al negativo y al neutro) que no concuerdan con ninguna de las teorías presentadas en la introducción. No tenemos explicación para dicho hallazgo, no obstante en un estudio previo con metodología similar (Marosi et al., 2002) observamos poca intervención de la banda alfa durante los estímulos emocionales.

Sólo se observó una diferencia interhemisférica que corresponde a la banda 12.6-13.5 Hz. en la región anterior. En la PA del hemisferio izquierdo (de hombres y mujeres) de los tres estados fue menor a la PA del hemisferio derecho del estado neutro. Por su parte la única diferencia por sexo, estado y hemisferio sólo se dio en los hombres siendo menor la PA del estado neutro del hemisferio izquierdo en comparación con la PA de los estados emocionales y neutros del hemisferio derecho en la región central en la banda 18.6-19.5.

Podemos observar que las únicas diferencias interhemisféricas encontradas corresponden a frecuencias rápidas, que de ninguna manera comprenden todo el rango de la banda beta y no corresponden con ninguna teoría mencionada, sino que muestran una interacción compleja de regiones y frecuencias, ya que en una banda el hemisferio izquierdo muestra disminución en la PA y en otra banda es el hemisferio derecho el que muestra esta disminución.

En muchos estudios sólo se analiza la PA y algunos autores consideran que la PR ofrece resultados más consistentes (Kondács y Szabó, 1999; John et al., 1993). En nuestro estudio las diferencias observadas por medio de la PR son parecidas a los obtenidos con la PA. Los hombres mostraron más diferencias que las mujeres (en la PR) y la mayoría de éstas se dieron en frecuencias lentas pertenecientes a las bandas delta y theta. También se observaron diferencias interhemisféricas exclusivas de los hombres en frecuencias correspondientes a la banda beta.

Al analizar las diferencias generales en la PR entre hombres y mujeres observamos que: a) las mujeres mostraron más PR en las bandas lentas, como ya mencionamos previamente al referirnos

a la PA es posible que las diferencias entre hombres y mujeres en las bandas lentas sean producto de los niveles de concentración que implican los estados emocionales y el neutro, en conjunto con otros procesos, como la memoria; b) a diferencia de la PA, la PR de las bandas rápidas fue mayor en los hombres que en las mujeres. La actividad rápida está relacionada con estados de atención y es generalmente considerada como una medida de activación cognoscitiva y emocional. Sin embargo, la falta de estudios sobre las diferencias entre hombres y mujeres durante estados emocionales con EEG nos impiden ser más específicos en nuestras explicaciones, no obstante nuestros resultados permiten vislumbrar nuevas cuestiones y posibles explicaciones referentes a las diferencias que se observan entre hombres y mujeres:

- Observamos importantes diferencias en la actividad electroencefalográficas entre hombres y mujeres durante estados emocionales. Las mujeres tuvieron mayor PA, en comparación a los hombres, en las bandas lentas y rápidas (hasta los 18.5 Hz.). Sin embargo, por medio de la PR observamos que la actividad electroencefalográfica de las mujeres presenta una mayor cantidad de bandas lentas, en tanto que los hombres muestran una mayor cantidad de ondas rápidas. Esto puede hacer referencia a diferencias intrínsecas (ya sea con base anatómo-funcional ó social) al sexo en la forma en que procesan tareas imaginativas, ya sean emocionales o no, pues en el estado neutro también observamos éstas diferencias.
- Otro punto importante fue que las mujeres mostraron pocas diferencias electroencefalográficas entre los estados neutro y emocional, positivo y negativo. Los hombres, por su parte, mostraron una mayor cantidad de diferencias que se distribuyeron en todas las regiones corticales y en distintas frecuencias. Esto implica diferencias sexuales en el procesamiento electroencefalográfico de los estímulos emocionales, nuevamente consideramos que estas diferencias se dan con bases anatómo-funcionales o sociales, propias de cada sexo, se requieren más estudios para aclarar el nivel de intervención de estos factores.
- Finalmente, las diferencias entre los estados neutro y emocional, positivo y negativo, de los hombres demuestran que intervienen todas las regiones corticales en frecuencias correspondientes a bandas estrechas de cuando menos 1 Hz. Las relaciones de frecuencias y regiones es compleja y se requieren más estudios para poder aclararla, ya que intervienen diferentes factores además de las emociones, tales como la atención, el procesamiento de información sensorial y la evocación de memorias episódicas, entre

otros. Sin embargo, un aspecto sobresaliente de estos resultados es que se observó una tendencia a las frecuencias lentas, en las diferencias entre los estados neutro y emocionales (de los hombres), nosotros esperábamos encontrar estas diferencias en frecuencias correspondientes a la banda alfa. En este momento no tenemos una explicación de estos resultados, sin embargo autores como Krause et al. (2000) y Marosi et al. (2001) han encontrado datos parecidos. Consideramos que este es un aspecto importante de analizar para futuras investigaciones.

Con base en estos resultados podemos decir que nuestra hipótesis 1 y 2 no se cumplieron, al menos no completamente.

En la primera hipótesis consideramos que las diferencias entre el estado positivo y el neutro, y entre el negativo y el neutro se darían en frecuencias de 7 a 11 Hz. en la PA y en la PR, y de 4 a 7 Hz. en la PR. Nosotros observamos que tales diferencias se dieron principalmente en la banda 3.6-4.5 para ambos sexos (en la PA y en la PR) en el hemisferio izquierdo y en la región central. Otras diferencias exclusivas de los hombres se observaron en frecuencias de 4.6-7.5 Hz en regiones anteriores y posteriores, éstas últimas corresponden con lo esperado en nuestra hipótesis.

En nuestra segunda hipótesis consideramos que las diferencias entre los estados emocionales se darían exclusivamente en frecuencias de 8 a 12 Hz. El único dato que concordó con esta hipótesis se dio en la PR en el hemisferio derecho en la banda 9.6-10.5 siendo mayor el estado positivo al negativo, no obstante los resultados obtenidos fueron mucho más complejos, ya que se involucraron mucho más regiones y frecuencias que se pudieron agrupar en un patrón específico, además, nuevamente se observaron más diferencias específicas para los hombres.

Finalmente, en nuestra tercer hipótesis consideramos que los hombres mostrarían más diferencias interhemisféricas y las mujeres más diferencias intrahemisféricas durante el procesamiento emocional. Ésta no se cumplió ya que las diferencias entre los estados emocionales por sexo y hemisferio sólo se dieron en los hombres, para la PA en la región posterior en 3.6-4.5 y en la región central en 18.6-19.5, para la PR en la región posterior en 3.6-4.5 y en la central en 16.6-17.5. No se observó ninguna diferencia antero-posterior intrahemisférica ni en hombres, ni en mujeres. Nuestros resultados demuestran que la reactividad electroencefalográfica ante los estados emocionales y neutros es diferente entre los hombres y las mujeres. Mientras que los hombres muestran un procesamiento emocional que involucra

diferentes frecuencias y regiones, las mujeres muestran una actividad electroencefalográfica constante ante los diferentes estados emocionales.

Consideramos que el estudio de una conducta tan compleja como las emociones debe realizarse utilizando tanto la PA como la PR. Pues si bien la PA nos permite conocer la área que abarca cada banda dentro de un espectro de frecuencia, la medida de cada banda es independiente entre sí. No así en el caso de la PR cuya medida está en relación con las demás (la PR es el porcentaje de cada PA con respecto al total) por lo cual permite conocer cómo se comporta cada banda con respecto a las demás. Por ello consideramos importante analizar ambas medidas para una mejor comprensión del fenómeno a estudiar. Nuestro estudio demostró que los resultados entre PA y PR son diferentes, principalmente en las diferencias generales entre hombres y mujeres (previamente mencionadas).

Por otra parte, en la mayoría de los estudios se utilizan las bandas anchas tradicionales lo cual consideramos inadecuado pues éstas diluyen los efectos de bandas más estrechas, en este estudio al igual que en otros (Il'iuchenock, 1996; Krause et al., 2000 y Marosi et al., 2002) se observó que las diferencias entre los estados emocionales y neutros se dan en bandas estrechas específicas que nunca abarcan el rango de las bandas anchas.

CONCLUSIONES.

En primera instancia nuestros resultados demuestran que los procesos cognoscitivos, tales como las emociones se reflejan en la actividad cerebral y por lo tanto en las medidas espectrales del EEG, por ello el EEG cuantitativo se proyecta como un análisis fructífero y prometedor para la investigación psicofisiológica. No obstante, es importante considerar que al utilizar el EEG cuantitativo, de acuerdo con nuestros datos es pertinente realizar el análisis por medio de las bandas estrechas, en todas las regiones cerebrales y cuando menos utilizando la PA y la PR.

El funcionamiento cerebral de hombres y mujeres es muy diferente durante los estados emocionales. Faltan estudios para comprender estas diferencias, sin embargo, parecen tener un origen intrínseco a cada sexo ya sea de carácter anatomo-funcional ó social, se requieren más estudios para determinar el grado en que intervienen estos factores. Algo claro en nuestro estudio fue que se observaron más diferencias entre los estados emocionales y neutros de los hombres que entre las mujeres.

Si bien nuestros resultados en los hombres muestran una ligera tendencia a que las diferencias entre los estados emocionales y neutros se dan en las bandas lentas y las diferencias entre los estados emocionales en bandas rápidas y lentas, no pudimos determinar un patrón claro de actividad ni por frecuencia, ni por región. Pero si resaltamos la importancia de estudiar todas las regiones corticales y el uso de bandas estrechas, pues nuestros resultados demuestran que la interacción de éstas es mucho más compleja de lo que se creía. Además la comparación con otros estudios es difícil dada la diversidad de metodologías que se utilizan en éstos. Consideramos que ésta es la principal causa de los resultados contradictorios que se han observado en este tipo de estudios por lo que recomendamos utilizar metodologías lo más parecidas posible en futuras investigaciones sobre los procesos emocionales.

BIBLIOGRAFÍA.

- Adolphs, R.; Tranel, D.; Damasio, A.R. (1994) Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala. Nature. 372: 669-672.
- Adolphs, R.; Tranel, D.; Damasio, H.; Damasio, A.R. (1995) Fear and the human amygdala. J. Neurosci. 15: 5879-5891.
- Adolphs R.; Tranel, E; Hamann, S.; Young, A.; Calder, A.; Phelps, E.; Anderson, A.; Lee, G.; Damasio, A. (1999) Recognition of facial emotion in nine individuals with bilateral amygdala damage. Neuropsychologia. 37: 1111-1117.
- Adolphs R.; Damasio, H; Tranel, D.; Cooper, G.; Damasio, A. (2000) A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping. J Neurosci. 20: 2683-2690.
- Aftanas LI.; Koshkarov, VI.; Pokrovskaja, VL.; Lotova, NV.; Mordvintsev, YN. (1996) Event related desynchronization (ERD) patterns to emotional-related feedback stimuli. Int. J. Neurosci. 87 (3-4): 151-173.
- Ahern, G.; Schomer, D.; Kleefield, J.; Blume, H.; Cosgrove, G.; Weintraub, S.; Mesulam, M. (1991) Right hemisphere advantage for evaluating emotional facial expressions. Cortex. Jun 27: 193-202.
- Ahern, G. L.; Schwartz, G. E. (1985) Differential lateralization for positive and negative emotion in the human brain: EEG spectral analysis. Neuropsychologia. 23 (6): 745-755.
- Alaoui-Ismaïli, O.; Robin, O.; Rada, H.; Dittmar, A.; Vernet-Maury, E. (1997) Basic emotions evoked by odorants: Comparison between autonomic responses and self-evaluation. Physiology and Behavior. 62 (4): 713-720.
- Allen, LS.; Gorski, LA. (1991) Sexual dimorphism of the anterior commissure and massa intermedia of the human brain. Journal of Comparative Neurology, 312, 97-104.
- Annet, M. (1967) The binomial distribution right, mixed and left handedness. Quarterly Journal of Experimental Psychology. 19 (4): 327-333.
- Arce C.; Ramos, J.; Guevara, M.; Corsi, M. (1995) Effect of spatial ability and sex on EEG power in high school students. International Journal of Psychophysiology 20: 11-20.
- Bancroft, J.; Cook, A.; Williamson, L. (1988) Food craving, mood and menstrual cycle. Psychological Medicine. 18: 855-860.
- Bazán, O. (2001) Medidas espectrales de banda estrecha del EEG durante estados emocionales positivos, negativos y neutros. México: UNAM Tesis de Maestría.

- Bechara A.; Damasio, H.; Damasio, A. (2000) Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. Cereb Cortex. 10: 295-307.
- Becker, D.; Creutzfeldt, O. D.; Schwibbe, M.; Wuttke, W. (1982) Changes in psychological, EEG and psychological parameters in woman during the spontaneous menstrual cycle and following oral contraceptives. Psychoneuroendocrinology. 7: 75-90.
- Beeckmans K.; Michiels K. (1996) Personality, emotion and the temporolimbic systems: a neurophysiological approach. Acta Neurol. Belg. 96 (1): 35-42.
- Bekkedal, M.; V., Punskepp, J.; Rossi, J. (1997) Changes in frontal EEG activity in response to auditory stimuli. Society for Neuroscience. 33: 519-517.
- Boiten, F. (1998) The effects of emotional behavior on components of the respiratory cycle. Biological Psychology. 49 (1-2): 29 – 51.
- Bowers, C. A.; Labarba, R. (1988) Sex differences in the lateralization of spatial abilities: a spatial component analysis of extreme group scores. Brain and Cognition. 8: 165-177.
- Brière, M.E.; Forest, G.; Chouinard, S.; Godbout, R. (2003) Evening and morning EEG differences between young men and women adults. Brain and Cognition, 53 (2), 145-8.
- Brown, T. (1986) Psicología fisiológica. México: Interamericana. Cap. 10
- Burguess, A.; Gruzelier, J. (1997) Short duration synchronization of human theta rhythm during recognition memory. Neuroreport. 9: 1039-1042.
- Bush, G.; Luu, P.; Posner, M. (2000) Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. Trends in Cognitive Sciences. 4 (6): 215-222.
- Campbell, R. (1982) The lateralization of emotions: critical review. Int. J. Psychol. 17: 211-229.
- Canli, T.; Desmond, J. E.; Zhao, Z.; Glover, G.; Gabrieli, J. D. (1998) Hemispheric asymmetry for emotional stimuli detected with fMRI. Neuroreport. 9: 3233-3239.
- Carlson, N. (1996) Fundamentos de psicología fisiológica. México: PPH Prentice Hall. Cap. 11.
- Carpenter, R. (1985) Neuroanatomía humana. Argentina: El Ateneo. P. 29, 507-509.
- Carpenter, R. (1998) Neurofisiología. México: El Manual Moderno. p. 295-303.
- Carter C.S.; Braver T.S.; Barch D.M.; Botvinick M.M., Noll D.; Cohen J.A. (1998) Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. Science. 280: 747-749.
- Clarke, A.R.; Barry, R.J.; McCarthy, R.; Selikowicz M. (2001) Age and Sex effects in the EEG: development of the normal child. Clin. Neurophysiology, 112, 806-814.

- Colby C.L. (1991) The neuroanatomy and neurophysiology of attention. J. Child Neurol. 6: S88-S116.
- Collet, C.; Vernet-Maury, E.; Dittmar, A. (1997) Autonomic nervous system response patterns specificity to basic emotions. International Journal of Psychophysiology. 25(1): 53-54.
- Corsi M.; Herrera, P.; Malvido, M. (1989) Correlation between EEG and cognitives abilities: sex differences. Int J Neurosci. 45: 133-141
- Corsi M.; Ramos, J.; Guevara, M.; Arce, C.; Gutierrez, S. (1993) Gender differences in the EEG during cognitive activity. Int J Neurosci. 72: 257-264.
- Corsi M.; Arce, C.; Ramos, J.; Guevara, M.; (1997) Effect of spatial ability and sex on inter – and intrahemispheric correlation of EEG activity. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 102: 5-11.
- Creutzfeldt, O. D.; Arnold, P.M.; Becker, D.; Langenstein, S.; Tirsch, W.; Wilhelm, B. G.; Wuttke, W. (1976) EEG changes during spontaneous and controlled menstrual cycles and their correlation with psychological performance. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 40: 113-131. (resumen)
- Damasio, A. R. (1994) Descartes'error. Emotion, reason and the human brain. New York: Plenum.
- Damasio, A. R. (1998) Emotion in the perspective of an integrated nervous system. Brain Research Reviews. 26 (2-3): 83-86.
- Davidson, R.J.; Schwartz, G.E.; Pugash, E.; Bromfield, E. (1976) Sex differences in patterns of EEG asymmetry. Biol. Psychol. 4: 119-138.
- Davidson, R. J. (1992) Anterior cerebral assymetry and the nature of emotions. Brain and Cognition, 20:125-151.
- Davidson, R. J. (1994) Asymmetric brain function, affective style and psychopathology: the role of earlyexperience and plasticity. Development and Psychopathology. 6: 741-758.
- Davidson, R. J. (1998) Anterior electrophysiological asymmetries, emotion, and depression: conceptual and methodological conundrums. Psychophysiology. Sep 35: 607-614.
- Davidson, R.; Irwin, W. (1999a) The functional neuroanatomy of emotion and affective style. Trends in Cognitive Sciences. 3: 1; 11-21.
- Davidson, R. J.; Abercrombie, H.; Nitschke, J. B.; Putman, K. (1999b) Regional brain function, emotional and disorders of emotion. Current Opinion in Neurobiology. Apr 9: 228-234.
- De Courten-Myers GM. (1999) The human cerebral cortex: gender differences in structure and function. J Neuropathol Exp Neurol., 58(3), 217-226.

- De Pascalis V.; Ray, W.; Tranquillo, I.; D'Amico, D. (1998) EEG activity and heart rate during recall of emotional event in hypnosis: relationships with hypnotizability and suggestibility. International Journal of Psychophysiology. 29 (3): 255-275.
- Dehaene, S.; Posner, M.; Tucker, D. (1994) Localization of a neural system for error detection and compensation. Psychol Sci. 5: 303-305.
- Devinsky, O.; Morrell, M. J.; Vogt, B. A. (1995) Contributions of anterior cingulate cortex to behavior. Brain. 118: 279-306.
- Dimpfel, W.; Wedekind, W.; Keplinger, I. (2003) Gender differences in electrical brain activity during presentation of various film excerpts with different emotional content. Eur. J. Med Res. 8: 192-198.
- Dmitrieva, E. Z.; Zaïtseva, K. A. (1988) Sex differences of functional lateralization in the perception of verbal and emotional information in ontogeny. Zhurnal Vyssh Nervoï Deiat-Im I Pavlova. 38: 411-418. (resumen)
- Dolan, R.; Lane, R.; Chua, P.; Fletcher, P. (2000) Dissociable temporal lobe activations during emotional episodic memory retrieval. Neuroimage. Mar 11: 203-209.
- Drevets W.C.; Raichle M.E. (1998) Reciprocal suppression of regional cerebral blood flow during emotional versus higher cognitive processes: implications for interactions between emotion and cognition. Cognition and Emotion. 12: 353-385.
- Duffy, F. H.; McAnulty, G. B.; Albert, M. S. (1993) The pattern of age-related differences in electrophysiological activity of healthy males and females. Neurobiol. Aging. 14: 73-84.
- Duyckaerts, C; Suarez, S.; Hauww, J.J. (1998) Memory: clinico-pathologic data. Rev Neurol (Paris) 154 Suppl 2: S8-17 (resumen).
- Eckman, P. (1992) An argument for the basic emotions. Cognition and Emotion. 6; 175.
- Fox, N. (1991) If it's not left, it's right. Electroencephalographic asymmetry and the development of emotion. Am. Psycho. 46 (8): 863-872.
- Frankland P.W.; Cestari V.; Filipkowski R.K.; McDonald R.J.; Silva A. (1998) The dorsal hippocampus is essential for context discrimination, but not for contextual conditioning. Behav Neurosci. 112: 863-874.
- Frederikse, M.; Lu, A.; Aylward, E.; Barta, P.; Pearlson, G. (1999) Sex differences in the inferior parietal lobule. Cerebral Cortex, 9, 896-901.
- Freud, S. (1915) The Unconscious. En S. Freud Collected Papers, Vol. IV. London, Hogarth Press, 1949.

- Gallagher, M.; Chibba, A.A. (1996) The amygdala and emotion. Current Opinion in Neurobiology. 6 (2): 221-227.
- Garoutte, B. (1983) Neuroanatomía funcional. México: Manual Moderno. Cap. 17.
- Gasser, T; Bacher, P.; Mocks, J. (1982) Transformations towards the normal distribution of broad band spectral parameters of the EEG. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 53: 119-124. (resumen).
- Gasser, Th.; von Lucadou-Muller, I.; Verleger, R.; Bacher, P. (1983) Correlation EEG and IQ: a new look at an old problem using computerized EEG parameters. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 55: 493-504.
- Gautray, J. P. (1969) Quantitative analysis of EEG variations during spontaneous or restored menstrual cycle. Neuroendocrinology. 5: 368-373.
- Gemignani, A.; Santarcangelo, E.; Sebastiani, L.; Marchese, C.; Mammoliti, R.; Simoni, A.; Ghelarducci, B. (2000) Changes in autonomic and EEG patterns induced by hypnotic imagination of aversive stimuli in man. Brain Research Bulletin. 53 (1): 105-111.
- Gevins, A. (1998) The future of electroencephalography in assessing neurocognitive functioning. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 106, 165-172.
- Gluck, M. A.; Myers, C. E. (1996) Integrating behavioral and physiological models of hippocampal function. Hippocampus. 6: 643-653.
- Goldman-Rakic P.S. (1988) Topography of cognition: parallel distributed networks in primate association cortex. Annu. Rev. Neurosci. 11: 137-156.
- Goleman, D. (1995) La inteligencia emocional. México: Javier Vergara.
- Good, CD.; Johnsrude, I.; Ashburner, J.; Henson, RN.; Friston, KJ.; Frackowiak, RS. (2001) Cerebral asymmetry and the effects of sex and handedness on brain structure: a voxel-based morphometric analysis of 465 normal adult human brains. Neuroimage, 14 (3), 685-700.
- Gross, J.; Levenson, R. (1993) Emotional suppression: Physiology, self-report, and expressive behavior. Journal of Personality and Social Psychology. 64 (6): 970-986.
- Grossman, M.; Wood, W. (1993) Sex differences in intensity of emotional experience: a social role interpretation. Journal of Personality and Social Psychology. 65 (5): 1010-1022.
- Guyton, A. (1978) Anatomía y fisiología del sistema nervioso. México: Nueva Editorial Interamericana. Cap. 14.

- Hagemann, D.; Naumann, E.; Becker, G.; Maier, S.; Bartussek, D. (1998) Frontal brain asymmetry and affective style: a conceptual replication. Psychophysiology. 35 (4): 372-388.
- Harmony, T.; Fernández, T.; Silva, J.; Bernal, J.; Díaz-Comas, L.; Reyes A.; Marosi, E.; Rodríguez, M.; Rodríguez, M. (1996) EEG delta activity: an indicator of attention to internal processing during performance of mental tasks. International Journal of Psychophysiology. Nov 24: 161-171.
- Henderson B. J.; Whissell, C. (1997) Changes in women's emotions as a function of emotion balance, self determined category of premenstrual distress, and the day in the menstrual cycle. Psychol Rep. Jun 80: 1272-1274.
- House, L.; Pansky, B.; Siegal, A. (1982) Neurociencias: enfoque sistemático. México: Mc Graw-Hill. pág. 408-430.
- Il'iuchenok, I. R. (1996) Differences in the EEG frequency characteristics during the perception of positive- emotional, negative-emotional and neutral words. Zhurnal Vyssh Nervoi Deiat-Im I Pavlova. 46 (3): 457-468. (resumen)
- John, E. R.; Prichep, L.; Ahn, H.; Easton, P.; Fridman, J.; Kaye, H. (1993) Neurometric evaluation of cognitive dysfunction and neurological disorders in children. Prog. Neurobiol., 21: 239-290
- Jones, B. (1980) Sex and handedness as factor in visual-field organization for a categorization task. Human Perception and Performance. 6: 494-500.
- Jones, N.; Fox, N. (1992) Electroencephalogram asymmetry during emotionally evocative films and it's relation to positive and negative affectivity. Brain and Cognition. 20: 280-299.
- Kalat, J.W. (1980) Biological Psychology. Wadsworth Publishing Company: Belmont Calif.
- Kandel, E.; Schwartz, J.; Jessell, T. (2000) Principles of neural science. EEUU: McGraw-Hill. Cap. 50.
- Kawachi, T.; Ishii, K.; Sakamoto, S.; Matsui, M.; Mori, T.; Sasaki, M. (2002) Gender differences in cerebral glucose metabolism: a PET study. Journal of the Neurological Sciences, 199(1-2), 79-83.
- Kelly, J.; Hutson-Comeaux, S. (1999) Gende-emotion stereotypes are context specific. Sex Roles. 40: 12. 107-120.
- Kimura, D. (1987) Are men's and woman's brain really different? Can. J. Psychol. 28: 133-147.
- Kimura, D. (1992) Sex differences in the brain. Scientific American. 267: 1-3. 119-125

- Klimesch, W.; Schimke, HG.; Schwaiger, J. (1994) Episodic and semantic memory: an analysis in the EEG theta y alpha band. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 91: 428-441.
- Klimesch, W. (1997) EEG-alpha rhythms and memory processes. International Journal Psychophysiology. 26: 319-340.
- Klimesch, W.; Doppelmayr, D.; Röhms, D.; Pöllhuber, W.; Stadler, W. (2000) Simultaneous desynchronization and synchronization of different alpha responses in the human electroencephalograph: a neglected paradox?. Neuroscience Letters. 284: 97-100.
- Kondács, A.; Szabó, M. (1999) Long-term intra-individual variability of the background EEG in normals. Clinical Neurophysiology, 110: 1708-1716.
- Krause, C.; Viemero, V.; Rosenqvist, A.; Sillanmäki, L.; Aström, T. (2000) Relative electroencephalographic desynchronization and synchronization in human to emotional film content: an analysis of the 4-6, 6-8, 8-10 and 10-12 frequency bands. Neuroscience Letters. 26: 9-12.
- Kring, A. M.; Gordon, A. H. (1998) Sex differences in emotion; expression, experience and physiology. Journal and Personality and Social Psychology. 74 (3): 686-703.
- Lane, R.D.; Reiman, E.; Bradley, M.; Lang, P.; Ahern, G.; Davidson, R.; Schwartz, G. (1997a) Neuroanatomical correlates of pleasant and unpleasant emotion. Neurophysiologia. 35 (11): 1437-1444.
- Lane, R. D.; Fink, G.; Chau, P.; Dolan, R. (1997b) Neural activation during selective attention to subjective emotion responses. Neuroreport. Dec 8: 3969-3972.
- Lane R.; Chua, P.; Dolan, R. (1999) Common effects of emotional balance, arousal and attention on neural activation during visual processing of pictures. Neuropsychologia. Aug 37: 989-997.
- Ledoux, J. (1994) Emotion, memory and the brain. Scientific American. Junio. p.32-39.
- Ledoux, J. (1995) Emotion: clues from the brain. Annu Rev Psychol. 46: 209-235.
- Ledoux, J. (1998) Fear and the brain: where have we been, and where are we going?. Biological Psychiatry. 44 (12): 1229-1238.
- Ledoux, J. (2000) Emotion circuits in the brain. Annu Rev Neurosci. 23: 155-184.
- Lee, G.; Loring, D.; Dahl, J.; Meador, K. (1993) Hemispheric specialization for emotional expression. Neuropsychiatry, neuropsychology, and Behavioral Neurology. 6 (3): 143-148.
- Lim, C. L.; Barry, R.J.; Gordon; E.; Saewant, A.; Rennie, C.; Yiannikas, C. (1996) The relationship between quantified EEG and skin conductance level. International Journal of Psychophysiology. Feb-Mar 21 (2-3): 151-162

- Lyons, W. (1999) Philosophy of cognition and emotion. En Handbook of Cognition and Emotion (eds) T. Dagleish y M.J. Power. John Wiley and sons.
- Marosi, E.; Harmony, T.; Becker, J.; Bernal, J.; Reyes, A.; Rodríguez, M.; Fernández, T. (1993) Sex differences in EEG coherence in normal children. International Journal of Neuroscience. 72: 115-121.
- Marosi, E.; Rodríguez, H.; Rodríguez, M.; Silva, J.; Bernal, J.; Fernández, T.; Yañez, G.; Guerrero, V.; Reyes, A. (2001) Broad band spectral measurements of EEG during emotional tasks. International Journal of Neuroscience. 108 (3-4): 251-279.
- Marosi, E.; Bazán, O.; Yañez, G.; Bernal, J.; Fernández, T.; Rodríguez, M.; Silva, J.; Reyes, A. (2002) Narrow band spectral measurements of EEG during emotional tasks. International Journal of Neuroscience. 112 (7).
- Matsuura, M.; Yamamoto, K.; Fukuzawa, H.; Okubo, Y.; Uesugi, H.; Moriwa, M.; Kojima, T.; Shimazono, Y. (1985) Age development and sex differences of various EEG elements in healthy childrens and adults – quantification by a computerized wave from recognition method. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 60: 349-406.
- McCraty, R.; Atkinson, M.; Tiller, W. A.; Reing, G.; Watkins, A. (1995) The effects of emotions on short-term power spectrums analysis of heart rate variability. Am J Cardiol. Nov 15, 76 (14): 1089-1093.
- McGlone, J. (1980) Sex differences in human brain asymmetry: a critical survey. Behav. Brain. Sci. 3: 215-263.
- Mesquita, B. y Frijda, N. H. (1992) Cultural variations in emotions: a review. Psychological bulletin. 112 (2): 179-204.
- Mesulam M. M. (1990) Large-scale neurocognitive networks and distributed processing of attention, language, and memory. Ann. Neurol. 28: 597-613.
- Meyer, M.; Smith, B. D. (1986) Hemispheric asymmetry and emotion: effects of nonverbal affective stimuli. Biological Psychology. 22 (1): 11-22.
- Moore, W. H. (1984) The role of right hemispheric information processing strategies in language recovery in aphasia: and electroencephalographic investigation of hemispheric alpha asymmetries in normal and aphasic subjects. Cortex. 20: 193-205.
- Morin, G. (1979) Fisiología del sistema nervioso central. España: Toray-Masson, S. A. Cap. 6 y 7.
- Morgan, G.; Romansky, L. M.; LeDoux, J. E. (1993) Extinction of emotional learning: contribution of medial prefrontal cortex. Neuroscience letters. 163: 109-113.

- Morris J.S.; Frith C.D.; Perret D.I.; Rowland D.; Young A.W.; Calder A.J. (1996) A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. Nature. 383: 812-815.
- Murtha S.; Chertkow H.; Beauregard M.; Dixon R.; Evans A. (1996) Anticipation causes increased blood flow to the anterior cingulate cortex. Hum Brain Mapping. 4: 103-112.
- Nakamura, K.; Kawashima, R.; Nagumo, S.; Ito, K.; Sugiura, M.; Kato, T.; Nakamura, A.; Hatano, K.; Kubota, K.; Fukuda, H.; Kojima, S. (1997) Right prefrontal regions involved in evaluation of facial emotion -A PET study -. Neuroscience Research. 28 (S1): S293.
- Naranjo, R. (1977) Introducción a la psicología fisiológica. México: Harla.
- Nolte, J. (1994) El cerebro humano. España: Mosby/Doyma Libros. pág. 401-403.
- O'Reilly, R. C.; Rudy, J. W. (2001) Conjunctive representations in learning and memory: principles of cortical and hippocampal function. Psychol. Rev. 108: 311-345.
- Palomba, D.; Sarlo, M.; Angrilli, A.; Mini, A.; Stegagno, L. (2000) Cardiac responses associated with affective processing of unpleasant film stimuli. Journal International of Psychophysiology. 36 (1): 45-57.
- Papez, J. W. (1995) A proposed mechanism of emotion. 1937 (classical article). J Neuropsychiatry Clin Neurosci. 7 (1): 103-112.
- Paradiso, S.; Robinson, R.; Andreasen, N.; Downhill, J.; Davidson, R.; Kirchner, P.; Watkins, G.; Ponto, L.; Hichwa, R. (1997) Emotional activation of limbic circuitry in elderly normal subjects in a PET study. Am J Psychiatry. Mar 154: 384-389.
- Pascual, I. A.; Catala, M. D.; Pascual, I. P. A. (1996) Lateralized effect of rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the prefrontal cortex on mood. Neurology. 46 (2): 499-502.
- Patriots, A.; Grafman, J.; Sadato, N.; Wachs, J.; Hallet, M. (1995) Brain activation during the generation of non-emotional and emotional plans. Neuroreport 6 (10): 1397-1400.
- Posner M.I.; Petersen S.E. (1990) The attention system of the human brain. Annu. Rev. Neurosci. 13: 25-42.
- Rabinowicz, T.; MacDonald, J.; Petetot, C.; Gartside, P.; Sheyn, D.; Sheyn, T.; de Courten-Myers, G. (2002) Structure of the Cerebral Cortex in Men and Women. Journal of Neuropathology and Experimental Neurology, 61(1), 46-57.
- Ray, W.J.; Cole, H.W. (1985) EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. Science, 228, 750-752.
- Reiman, E.M.; Lane, R.D.; Abern, G.L.; Schwartz, G.E.; Davidson, R.J.; Yun, L.S. (1993) Neuroanatomical correlates of normal human emotion. Society of Neurosciences. 155: 1

- Richards, A.; French, C.; Dowd, R. (1995) Hemisphere asymmetry and the processing of emotional words in anxiety. Neuropsychologia. 33 (7): 835-841.
- Roberts, J. E.; Bell, M.A. (2000) Sex differences on a mental rotation task: variations in electroencephalogram hemispheric activation between children and college students. Dev. Neuropsychol. 17: 199-223.
- Rogan, M. T.; Ledoux, J. E. (1996) Emotion: systems, cell, symphatic plasticity. Cell. May 48: 469-475.
- Roschmann, R.; Wittling, W. (1992) Topographic brain mapping of emotion-related hemisphere asymmetries. International Journal of Psychophysiology. 63 (1-2): 5-16.
- Rosenzweig y Leiman (1993) Psicología fisiológica. España: Mc Graw-Hill. Cap. 15.
- Sackeim, H. A.; Greenberg, M. A.; Weiman, A. L.; Gur, L. C.; Hungerbuhler, J. P.; Geschwind, N. (1982) Hemispheric asymmetry in the expression of positive and negative emotion. Arch. Neurol. 39: 210-218.
- Schneider, F.; Gur, R.; Mozley, L.; Smith, R.; Mozley, P.; Censits, D.; Alavi, A.; Gur, R. (1995) Mood effects on limbics blood flow correlate with emotions self-rating: a PET study with oxygen-15 labeled water. Psychiatry Research. 61 (4): 256-283.
- Schneider, F.; Grodd, W.; Weiss, U.; Klose, U.; Mayer, K.; Nägele, T.; Gur, R. (1997) Functional MRI reveals left amygdala activation during emotion. Psychiatry Research. Dec 76: 75-82.
- Schwartz-Giblin, S.; Pfaff, D. (1985) Hypothalamic output controlling reticulospinal and vestibulospinal systems important for emotional behavior. Int J Neurol. 19 (20): 89-110.
- Silberman, E. K.; Weingartner, H. Z. (1986) Hemispheric lateralization of functions related to emotion. Brain and Cognition. 5: 322-353.
- Smith, B.D., Meyers, M., Kline, R.; Bozman, A. (1987) Hemispheric asymmetry and emotion: lateralized parietal processing of affect and cognition. Biological Psychology, 25 (3): 247-260. (resumen)
- Sobotka, S., Davidson, R.; Senulis, J. (1992) Anterior brain asymmetries in response to reward and punishment. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 83 (4): 236-237.
- Solís S.; Ramos, J.; Arce, C.; Guevara, M.; Corsi, M. (1994) EEG oscillations during menstrual cycle. Int J Neurosci. 76: 279-292.
- Spence, S.; Shapiro, D.; Zaidel, E. (1996) The role of the right hemisphere in the physiological and cognitive components of emotional processing. Psychophysiology. 33 (2): 112-122.

- Steriade, M. (1993) Cellular substrates of brain rhythms. En EEG: basic principles, clinical applications and related fields (eds) Niedermeyer y Lopes da Silva. Publ. Williams y Wilkins, Baltimore. Capítulo: 3.
- Stewart, M.; Fox, S.E. (1990) Do septal neurons pace the hippocampal theta rhythm? Trends in Neuroscience, 13, 163-168.
- Streit, M.; Ioannides, A. A.; Liu, L.; Wölwer, W.; Dammers, J.; Gross, J.; Gaebel, W.; Müller-Gärtner, H-W. (1999) Neurophysiological correlates of the recognition of facial expressions of emotion as revealed by magnetoencephalography. Cognitive Brain Research. 7 (4): 481-491.
- Tabert, M. H.; Borod, J. C.; Tang, Ch. Y.; Lange, G.; Wei, T. C.; Johnson, R.; Nusbaum, A. O.; Buchsbaum, M. S. (2001) Differential amygdala activation during emotional decision and recognition memory tasks using unpleasant words: an fmri study. Neuropsychology. 39 (6): 556-573
- Thompson, R. (1984) Introducción a la psicología fisiológica. México: Harla.
- Tucker, D.; Dawson, S. (1984) Asymmetric EEG changes as method actors generated emotions. Biological Psychology. 19 (1): 63-75.
- Tucker, D. M.; Luu, P.; Pribram, K. H. (1995) Social and emotional self-regulation. Ann. N. Y. Acad. Sci. 15 (719): 241-251.
- Uecker, A; Reiman; E. M.; Schacter, D. L.; Polster, M. R.; Cooper, L. A.; Yun, L. S.; Chen, K. (1997) Neuroanatomical correlates of implicit and explicit memory for structurally possible and impossible visual objects. Learn. Mem. 4: 337-355.
- Vernet-Maury, E.; Alaoui-Ismaïli, Q.; Dittmar, A.; Delhomme, G.; Chanel, J. (1999) Basic emotions induced by odorants: a new approach based on autonomic pattern results. Journal of the Autonomic Nervous System. 75 (2-3): 176-183.
- Vogt, B. A.; Finch D. M.; Olson C. R. (1992) Functional heterogeneity in cingulate cortex: The anterior executive and posterior evaluative regions [review] Cereb Cortex. 2: 435-443.
- Voyer, D.; Bryden, M. P. (1990) Gender, level of spatial ability and lateralization of mental rotation. Brain and Cognition. 13: 18-19.
- Vrana, S. (1995) Emotional modulation of skin conductance and eyeblink responses to a startle probe. Psychophysiology. 32: 351-357.
- Wada Y.; Takizawa Y.; Jiang ZY.; Yamaguchi N. (1994) Gender differences in quantitative EEG at rest and during photic stimulation in normal young adults. Clin Electroencephalog, 25, 81-85.

- Waldstein, S.; Kop, W.; Schmidt, L.; Haufler, A.; Krantz, D.; Fox, N. (2000) Frontal electrocortical and cardiovascular reactivity during happiness and anger. Biological Psychology. 55 (1): 3-23.
- Wexler, B. E.; Lipman, A. J. (1988) Sex differences in changes overtime in perceptual asymmetry. Neuropsychology. 26: 943-946.
- Whalen, P. J.; Rauch, S. L.; Etcoff, N. L.; McInerney, S. C.; Lee, M. B.; Jenike, M. A. (1998a) Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. J Neurosci. 18: 411-418.
- Whalen, P. J.; Bush, G.; McNally, R. J.; Wilhelm, S.; McInerney, S. C.; Jenike, M. A.; Rauch, S. L. (1998b) The emotional counting stroop paradigm: a functional magnetic resonance imaging probe of the anterior cingulate affective division. Biological Psychiatry. 44 (12): 1219-1228
- Wheeler, R.; Davidson, R.; Tomarken, A. (1993) Frontal brain asymmetry and emotional reactivity: a biological substrate on affective style. Psychophysiology. 30; 82-89.
- Wise, S. P; Murray, E. A. (1999) Rol of the hippocampal system in conditional motor learning: mapping antecedents to action. Hippocampus. 9: 101-117.
- Yogo, Y.; Hama, H.; Yogo, M.; Matsuyama, Y. (1995) A study of physiological response during emotional imaging. Perceptual and Motor Skills. 81: 43-49.