

30362



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FES IZTACALA

MEDIDAS ESPECTRALES DE BANDA ESTRECHA  
DEL EEG DURANTE ESTADOS EMOCIONALES  
POSITIVOS, NEGATIVOS Y NEUTROS.

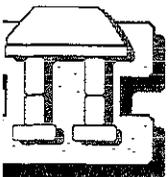
TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN NEUROCIENCIAS

presenta

LIC. EN PSICOLOGÍA OSCAR ALBERTO BAZÁN GUZMÁN

DIRECTORA DE TESIS: DRA. ERZSÉBET MAROSI HOLCZBERGER.



México D.F. mayo del 2001.



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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

*Con el más sincero y profundo amor  
que un hombre puede tener por la belleza  
y que además tiene la suerte de tenerla como esposa  
TE AMO AURA Y NUNCA DEJARÉ DE HACERLO*

Para mis guayabitos por ser mi  
fuente de fuerza y superación;  
por que en ellos siembro mis  
esperanzas y todo mi corazón.

Daniel: te dedico esta tesis  
porque sé que me superarás  
en todo, y porque tus locuras  
me hacen muy feliz.

Damián: esta tesis es para ti,  
pues refuerzas mis deseos  
y bien sé que con tus victorias y  
triumfos  
me alegrarás hasta el fin.

¡GRACIAS HIJOS POR NACER  
Y SER LA ESENCIA DE MI VIDA!

**DRA. ERZSEBET**

Agradecer todo su apoyo, sería hacer otra tesis.

Ha sido mi maestra y mi amiga, sus consejos  
y ayuda me han permitido realizar esta tesis  
se lo agradezco sincera y eternamente.

**ALFONSO REYES**

Gracias por tu gran paciencia  
y tus certeras observaciones,  
sin ellas mis conocimientos  
hubieran quedado con muchos  
huecos (aún más).

**MARIO RODRÍGUEZ**

Te agradezco todo el apoyo  
que me brindaste a lo largo de  
este trabajo y de mi formación  
tus correcciones al mismo me  
ayudaron demasiado.

**MIL GRACIAS POR TODOS SUS CONOCIMIENTOS Y  
PACIENCIA.**

Finalmente agradezco a CONACyT  
por becarme durante la maestría, ese  
apoyo fue crucial para mí.

# INDICE.

	pág.
<b>1.-INTRODUCCIÓN.</b>	
1.1. Teorías de la emoción.	2
1.2. Neuroanatomía del sistema límbico.	7
1.3. Respuestas autónomas de la emoción.	24
1.4. Estudios conductuales sobre la emoción.	34
1.5. EEG como instrumento de estudio.	36
<b>2.-OBJETIVO.</b>	49
<b>3.-HIPÓTESIS.</b>	49
<b>4.- MATERIALES Y MÉTODO.</b>	51
<b>5.- RESULTADOS.</b>	55
<b>6.- DISCUSIÓN.</b>	79
<b>7.- CONCLUSIONES.</b>	87
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	89

## INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo abordará el estudio de las emociones por medio del electroencefalograma (EEG).

En la primera parte de la introducción se mencionarán las teorías sobre la emoción, las cuales pretenden explicar la relación existente entre el estado cognoscitivo y el fisiológico durante el estado emocional.

Posteriormente, se presentará una revisión de las estructuras anatómicas corticales y subcorticales que intervienen en la generación de las emociones, aunque la mayoría de estas estructuras se encuentran localizadas en el llamado sistema límbico, no se restringer a éste. Otro tema que se estudiará es el referente a las respuestas autónomas que se manifiestan durante los estados emocionales tales como la respiración, la frecuencia cardíaca y la sudoración de la piel.

Después se procederá a revisar algunos estudios conductuales sobre el tema, para finalmente llegar a los estudios electroencefalográficos de las emociones.

Pero ante todo surge la pregunta ¿qué se entiende 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, p 295) 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". 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.

En general, 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 corporales" (Kandel et al., 2000, p. 982).

De esta manera, puede afirmarse que la emoción tiene diferentes componentes; el estudio de éstos y sus relaciones nos permitirá entender las teorías sobre los estados emocionales.

## **1.1. Teorías de la emoción.**

Es pertinente considerar que 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. Se entiende por factores periféricos tanto el estímulo que provoca el estado emocional, como las respuestas autónomas que lo acompañan; y por factores centrales a los procesos cognoscitivos que intervienen durante la emoción.

Las respuestas autónomas que se dan durante las emociones pueden ser muy variadas, entre ellas están las siguientes: aumento de la frecuencia cardiaca (taquicardia), sensación de calor en las manos y en la cara, sudoración de las palmas, sensación de náusea, etc.

A continuación se presentan las principales teorías que se han generado sobre la emoción:

En primera instancia hay que mencionar la teoría de James-Lange (James, 1884 y Lange, 1887, cit. en Carlson, 1996), el primero filósofo norteamericano, el segundo psicólogo danés. De manera separada, ellos propusieron que las emociones se dan gracias a que la información periférica (el o los estímulos, por ej., un ladrido de perro) llega a la corteza cerebral, ésta se activa y genera respuestas autónomas (sudoración, taquicardia, etc.) que son interpretadas como una emoción. De esta 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 ésta 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 empuña 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)

La teoría de James-Lange se vio sustentada por un estudio realizado por Hohman (1966; cit. en Carlson, 1996) en el que se analizó el nivel de intensidad de los sentimientos de pacientes que habían sufrido una sección medular completa. Estos pacientes sufrieron una reducción en la intensidad de sus sentimientos, lo cual era lo esperado de acuerdo a esta teoría ya que se había disminuido notablemente la información periférica que ellos recibían. Además se encontró que mientras más alta en el nivel medular era la lesión, menos intenso era el sentimiento.

Sin embargo, esta teoría no explica porqué los cambios viscerales (taquicardia y respiración agitada) pueden ser similares durante emociones diferentes (alegría y miedo); ni porqué la emoción se mantiene pese al cese de la información periférica.

En tanto que la teoría de James-Lange da a la información periférica un papel desencadenante para la experiencia emocional, Cannon y Bard formularon una teoría según la cual las estructuras subcorticales intervienen decisivamente en mediar las emociones.

Estos autores señalaron 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. Notaron que 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 asimismo dan a la corteza la información que se requiere para la percepción cognitiva de las emociones" (Kandel, 1993, p.637).

Las teorías posteriores se enfocaron al estudio de la emoción como resultado de la interacción entre factores periféricos y centrales. Tal es el caso de la teoría

propuesta por Schachter (1971; cit. en Brown, 1986) que 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 (Kandel et al., 2000).

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

Así pues, de acuerdo a la teoría de James-Lange-Damasio-Schachter, las emociones son esencialmente "una historia que el encéfalo inventa para explicar las reacciones corporales" (Kandel et al., 2000). Con esta teoría se puede 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., esto es, son emociones diferentes pero las respuestas autónomas son similares.

En la actualidad se ha encontrado que estas teorías son complementarias entre sí, pues son tan importantes los factores periféricos como los centrales para la generación de la emociones; esto es, parece ser que la emoción es el producto de la integración de la información externa (estímulos y contexto) e interna (expectativas y experiencia).

Recientemente LeDoux ha propuesto una teoría de base neurofisiológica en la que se involucran componentes del sistema límbico y se especifica su participación en las emociones. Esta teoría se explicará al finalizar el apartado de neuroanatomía y fisiología del sistema límbico.

## 1.2. Neuroanatomía y fisiología del sistema límbico.

"El sistema límbico tiene que ver con la conservación del individuo y de la especie: búsqueda y obtención de los alimentos y del agua; respuestas de agresividad, defensivas o de fuga; apareamiento; cuidado de la prole; construcción de la "casa"; conducta social; etc. Tiene participación en los fenómenos emocionales, estados subjetivos de temor, de ira, de placer, y aún, en la expresión física de estos estados" (Enríquez, 1985, p. 582).

"En general, se admite que el sistema límbico ocupa una posición central en los mecanismos neurales que gobiernan la emoción y la conducta" (Carpenter, 1985, p. 507).

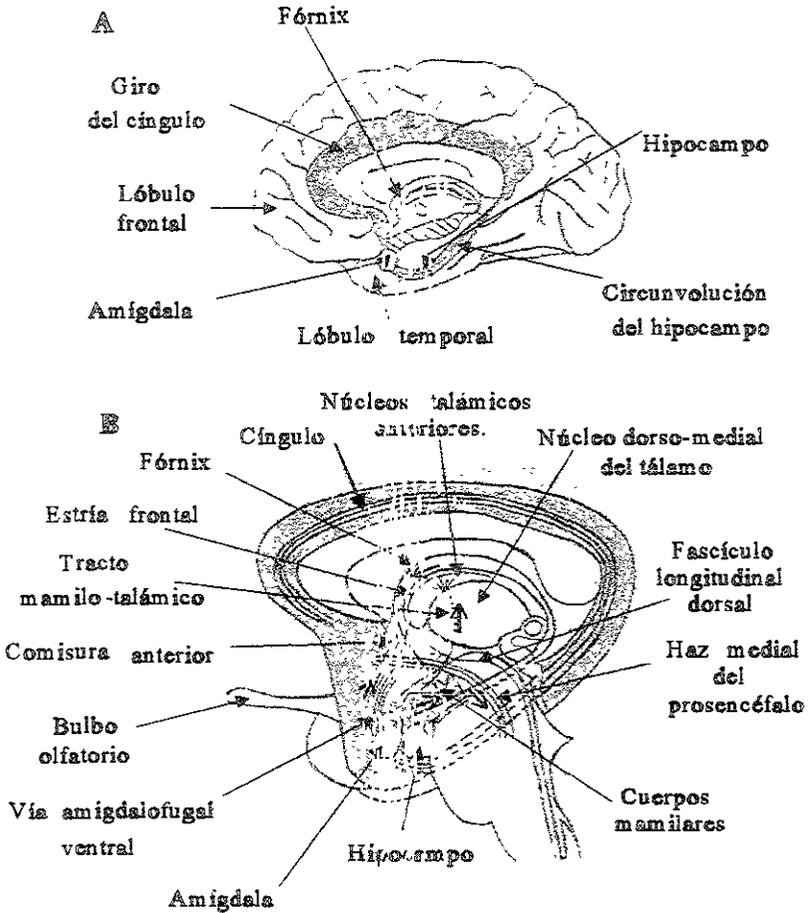
Broca (1878) consideró que la cara interna del hemisferio cerebral es una gran circunvolución arqueada, formada principalmente por el cuerpo caloso y la circunvolución parahipocámpica, que rodea la parte rostral del tronco del encéfalo y las comisuras interhemisféricas y la denominó: el gran lóbulo límbico. Una designación más amplia es la de sistema límbico, término en el que se incluyen los componentes del lóbulo límbico pero también los núcleos subcorticales asociados, por ejemplo, el complejo amigdalino, los núcleos septales, el hipotálamo, etc. (Carpenter, 1985) Esto se puede ver en la figura 1 panel A

"Una definición más reciente del sistema límbico incluye el concepto de que una estructura límbica es aquella que de alguna manera, directa o indirectamente, está en comunicación con el hipotálamo. Así incluye estructuras como: las cortezas piriforme y endorinal, la corteza olfatoria y la prefrontal" (House et al., 1982, p. 408).

Actualmente se considera que: "el sistema límbico consta de núcleos (notablemente la amígdala, los núcleos septales, los cuerpos mamilares y el hipotálamo) y áreas de la corteza (el giro del cíngulo, del hipocampo, la corteza entorrinal, periamigdalóide y la prepiriforme) unidas entre sí por haces de fibras (tales como el fórnix, el haz medial del cerebro anterior, el tracto mamilotalámico y proyecciones de los núcleos anteriores del tálamo al cíngulo)" (Carpenter, 1998, p. 277). Esto se observa en la figura 1 panel B.

Papez propuso por primera vez en 1937 un circuito que podía dar las bases anatómicas de la conducta emocional. El circuito de Papez se muestra en el esquema 1. Se puede observar cómo la información pasa del giro del cíngulo a la formación hipocámpal y de ésta a los cuerpos mamilares a través del fórnix, de aquí se va a los núcleos anteriores del tálamo (por el tracto mamilotalámico) y la información regresa al giro del cíngulo. Este es el circuito tradicional pues en la actualidad se considera que intervienen más estructuras (ver esquema 1)

FIGURA 1.



En el panel A se puede observar en la vista medial del cerebro al lóbulo límbico de Broca, así como estructuras subyacentes como la amígdala y el hipocampo. En el panel B se muestran las conexiones que se dan entre las estructuras que conforman el sistema límbico (Tomado de Kandel et al. 2000).



se ha podido generar en ellos conductas de ira o de miedo. Se ha observado que las reacciones emocionales producen respuestas conductuales, autónomas y secreciones hormonales, que son controladas por sistemas diferentes por lo cual se piensa que existe un centro integrador de todas estas reacciones (Carlson, 1996).

## NÚCLEOS DEL SISTEMA LÍMBICO.

### AMÍGDALA.

Algunos autores (Carlson, 1996; Kandel et al., 2000; y, LeDoux, 1994) han considerado que el centro integrador de respuestas conductuales, autónomas y endócrinas es la amígdala, también llamado complejo amigdalino por ser un conjunto de núcleos. Se le ha atribuido la función de centro integrador a causa de la gran cantidad y diversidad de sus conexiones. Anatómicamente, la amígdala está constituida por 2 núcleos:

1) Núcleo basolateral.- Este recibe información de todas las modalidades sensoriales.

2) Núcleo central.- Este da origen a 2 proyecciones eferentes:

- Estría terminal que inerva el hipotálamo, el núcleo del techo de la estría terminal y el núcleo accumbens.
- Vía amígdalofugal. La información que lleva esta vía se distribuye en el tronco cerebral.

Se sabe que el núcleo basolateral de la amígdala recibe todas las modalidades de información sensorial que provienen de la cortezas sensoriales primarias, de las cortezas asociativas y de los núcleos sensoriales del tálamo. Tal información es transmitida por el núcleo central hacia el hipotálamo lateral y hacia las zonas

del tronco cerebral que se encargan de dar las repuestas autónomas (ver tabla 1). Así también, el núcleo central de la amígdala tiene proyecciones hacia el núcleo paraventricular del hipotálamo, el cual parece tener un papel importante en la mediación de las repuestas neuroendócrinas ante los estímulos que producen miedo y estrés. De igual modo, este núcleo proyecta hacia áreas corticales de asociación, específicamente a la corteza orbitofrontal y al giro del cíngulo, estas regiones son importantes para la percepción consciente de la emoción (Kandel et al., 2000).

### TABLA 1.

En esta tabla se muestran algunas de las zonas hacia donde llegan las proyecciones del núcleo central de la amígdala, así como las repuestas emocionales que regulan tales regiones, excepto por las repuestas de paralización y alarma las demás son autónomas.

REGIONES CEREBRALES	RESPUESTAS CONDUCTUALES Y FISIOLÓGICAS
Hipotálamo lateral.	Activación simpática: taquicardia, aumento de la presión sanguínea, palidez.
Núcleo motor dorsal del vago.	Activación parasimpática: secreción de jugos gástricos, micción, defecación.
Núcleo parabraquial.	Aumento en la respiración.
Área tegmental ventral.	Alertamiento conductual (dopamina).
Locus cerúleo.	Aumento en la vigilancia (norepinefrina)
Núcleo tegmental lateral dorsal.	Activación cortical (acetilcolina)
Núcleo reticular pontino caudal.	Aumento del estado de alarma.
Sustancia gris periacueductal.	Inmovilidad conductual (paralización).
Núcleos motores facial y trigémino.	Expresiones faciales del miedo.
Núcleo paraventricular.	ACTH, secreción de glucocorticoides.
Núcleos basales	Activación cortical.

Diversos estudios apoyan el relevante papel de la amígdala en las emociones.

En 1939, Klüver y Bucy hicieron algunas observaciones sobre las consecuencias conductuales de la ablación del lóbulo temporal (y de las estructuras contiguas, entre las cuales se abarcó a la amígdala) en el mono. Se observó que los monos operados se mantuvieron tranquilos ante las serpientes, cuando en estado normal estas les provocarían un miedo intenso; su agresividad frente a sus congéneres y al hombre se redujo significativamente; se volvieron incapaces de mantener su posición social en el seno del grupo al que pertenecían y sus conductas orales y sexuales fueron aberrantes: se llevaban a la boca todo aquello que tenían a su alcance y trataron de copular con objetos inapropiados. Esta hipersexualidad y la agresión disminuida también fueron encontradas por Schreiner y Kling en 1953 al realizar lesiones bilaterales de la amígdala y de la corteza piriforme en gatos (Morin, 1979). Dantzer (1989) consideró que la amigdalectomía generaba una desconexión entre los analizadores sensoriales corticales y los procesos afectivos diencefálicos, esta consideración fue hecha con base en que la estimulación eléctrica al animal amigdalectomizado generaba las conductas de agresividad que con la operación habían desaparecido.

La amígdala también es una parte esencial del circuito del condicionamiento al miedo ya que el núcleo central proyecta hacia las regiones que permiten las reacciones de miedo: el núcleo dorsal del vago, el hipotálamo lateral y la materia gris periacueductal caudal (Ledoux, 1994) En general, la amígdala interviene como centro integrador de información de diversas conductas emocionales

## HIPOTÁLAMO.

"La importancia del hipotálamo radica en que es una interfase entre la sangre y el cerebro, una región donde los estímulos y respuestas internas se coordinan con los externos. Es tanto un detector de necesidades, como un generador de

respuestas" (Carpenter, 1998, p.298).

El hipotálamo no es el centro de la emoción, pero es muy importante para la misma debido a que es el principal centro de control de las actividades del sistema autónomo que acompañan a la emoción, tales como la regulación de la temperatura, la frecuencia cardíaca, presión sanguínea e ingesta de agua y de comida (Guyton, 1978). Esta estructura también ejerce efecto sobre la hipófisis la cual, a su vez, regula las secreciones endócrinas durante los estados emocionales (Kandel et al., 2000).

El hipotálamo es un conjunto de núcleos a cada uno de los cuales se le atribuyen diferentes funciones. Por ejemplo, la estimulación del hipotálamo posterior genera aumento de la presión arterial, dilatación pupilar y escalofríos; la del núcleo ventromedial, saciedad; la de los cuerpos mamilares, provoca reflejos de alimentación; la del hipotálamo lateral, sed y hambre; la de las áreas preópticas posteriores y del hipotálamo anterior, regulación térmica, jadeos y sudor; la del área preóptica medial, disminución de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial, etc. (Guyton, 1978).

Esto es con respecto a las funciones autónomas, pero también se ha demostrado su intervención en funciones más complejas.

Al estimular el hipotálamo lateral de gatos se ha observado una reacción agresiva conocida como "ataque calmado de mordedura" (esta consiste en que el animal se acerca lentamente a una rata y le muerde el dorso); por otra parte, 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 del campo visual y maullará intensamente, retraerá la oreja, arqueará el lomo y habrá piloerección); en caso de que se estimulen 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 arranques maníacos con excitación y destructividad, en caso de que la zonas afectadas sean las regiones posteriores se reducen conductas agresivas u hostiles de pacientes esquizofrénicos y de otros severamente perturbados emocionalmente (House et al., 1982). También se sabe que lesiones en el hipotálamo anterior anulan todo interés sexual (López, 1983).

### CUERPOS MAMILARES.

Estos núcleos pertenecen al hipotálamo, pero destaca su importancia en las emociones debido a sus conexiones aferentes y eferentes.

"Los cuerpos mamilares transmiten en dos direcciones. Una vía que parte del fórnix hace un relevo a través del núcleo talámico anterior (tracto mamilotalámico), de donde va al giro cingulado por medio de la cápsula interna. La segunda vía, va desde el fórnix o la región anterior del hipotálamo hacia la formación reticular mesencefálica y techo del puente (tracto mamilotegmentario) y es posible que intervenga en los aspectos autonómicos de las funciones emocionales y vegetativas" (Garoutte, 1983, p. 217). Esta región también se ha asociado con reflejos de alimentación (Guyton, 1978).

### HIPOCAMPO.

"El hipocampo es una estructura alargada formada por un tipo modificado de corteza cerebral que se ha plegado hacia dentro para formar la superficie ventral del asta inferior del ventrículo lateral. Tiene muchas conexiones con casi todas las partes del sistema límbico, incluyendo especialmente la amígdala, giro del hipocampo, giro del cíngulo, hipotálamo y otras zonas estrechamente

relacionadas con el hipotálamo" (Guyton, 1978).

El hipocampo influye en algunas actividades del hipotálamo, principalmente en la conducta de agresividad y en las repuestas autónomas y endócrinas. También se ha demostrado que el hipocampo interviene en el aprendizaje y la memoria, y que produce una onda rítmica lenta (llamada onda theta) de 3.6 a 4.5 ciclos por segundo en el electroencefalograma como respuesta a estímulos sensoriales selectivos (House et al., 1982). "El ritmo theta ha sido a menudo descrito como respuesta de despertar del hipocampo. Es de mucho interés que sea casi imposible registrar este ritmo theta en el hipocampo del mono, excepto bajo circunstancias que puedan producir una reacción emocional intensa" (Thompson, 1984, p.656).

Uno de los efectos más notables de la estimulación del hipocampo en la persona consciente es la pérdida inmediata de contacto con cualquier persona que le esté hablando; ello indica que el hipocampo puede intervenir en la atención, esto es muy importante para distinguir los estímulos nocivos de los demás de la manera más rápida y eficaz posible para la supervivencia del organismo. De esta manera, se puede decir que uno de los papeles principales del hipocampo es asociar diferentes señales sensoriales de ingreso de manera que desencadenen reacciones límbicas adecuadas (Guyton, 1978).

La formación del hipocampo y las áreas cercanas corticales (como la corteza entorrinal) desempeñan un papel fundamental en la consolidación de memorias explícitas de hechos y sucesos (Nolte, 1994). La extirpación de ambos lados del hipocampo en humanos genera amnesia anterógrada (esto implica que al individuo le es difícil o imposible almacenar nuevas memorias). De manera general, se relaciona al hipocampo con algunos tipos de aprendizaje y memoria tales como el reconocimiento de patrones, los hábitos, las reacciones vegetativas condicionadas frente a estímulos y las habilidades motoras, recuerdos que no se

basan en el recuerdo consciente de objetos concretos (Nolte, 1994).

La teoría de Lange -James-Damasio-Schachter implica que las emociones son esencialmente una historia que el encéfalo inventa para explicar las reacciones corporales en relación a la experiencia y situación del sujeto, por lo cual la experiencia almacenada en la memoria juega un papel básico en el procesamiento de las emociones.

### NÚCLEOS SEPTALES.

El área septal incluye una porción de la corteza límbica y también algunos núcleos fundamentales. Las lesiones del área septal en las ratas y animales, en general, producen una respuesta exagerada de sobresalto y un incremento en la agresividad (Thompson, 1984, y Naranjo, 1977). Esto puede ser explicado porque el hipocampo proyecta axones a diferentes áreas del septum y por este conducto genere sus efectos sobre la agresión hipotalámica, esto es, "el área septal puede ser considerada en parte, como un núcleo de relevo para el hipotálamo de la información transmitida a éste desde la formación del hipocampo" (House et al., 1982, p. 415)

### CORTEZA LÍMBICA.

"La corteza límbica es en términos filogénéticos, la parte más antigua de la corteza cerebral. Desde el punto de vista histológico, está formada por un tipo primitivo de tejido cortical llamado allocorteza (esta rodea el hilio del hemisferio), y un segundo anillo de un tipo de corteza de transición que se llama yuxtallocorteza, ubicada entre el anterior y el resto de los hemisferios cerebrales. El tejido cortical de las restantes porciones no límbicas del hemisferio se llama

neocorteza y corresponde al tipo de más elevado desarrollo" (Ganong, 1996, p. 285). Durante el procesamiento de las emociones interviene principalmente la allocorteza-yuxtallocorteza, pero también una parte de la neocorteza (la región medial del lóbulo frontal y una parte del temporal).

## 1) ALOCORTEZA-YUXTALOCORTEZA.

### \* GIRO DEL CÍNGULO.

"El principal haz de asociación de la cara interna del hemisferio se halla en la sustancia blanca de la circunvolución del cuerpo calloso. Este haz conocido como 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. p. 29)

"El giro cingular anterior recibe sus aferentes subcorticales principales del núcleo talámico anteromedial, del área tegmental ventral, que transporta dopamina a esta región y del núcleo de la banda diagonal. La proyección subcortical mayor del giro cingular anterior es el núcleo dorsomedial y el presubiculum" (House et al., 1982, p. 426). Diferentes estudios han demostrado que la parte anterior de la corteza del cíngulo tiene un papel en la regulación de las funciones hipotalámicas, la estimulación eléctrica produce caída de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca. Los tumores en esta región (en seres humanos) han sido asociados con un aumento de las respuestas de agresividad (House et al., 1982)

Además, se ha encontrado que las lesiones en las porciones del cíngulo (en el caso de las mujeres) producen una depresión de la conducta materna (Ganong, 1996, p. 289). También se sabe que una lesión bilateral del giro del cíngulo

produce mutismo acinético, es decir, un trastorno grave del movimiento, del habla y también de la expresión de las emociones, habitualmente el paciente se recupera en un mes de la mayoría de los trastornos generados en la fase aguda, pero la expresión de emociones continúa siendo pobre (Damasio y Hoesen, 1983; cit. en Junqué y Barroso, 1995)

#### \* CORTEZA PIRIFORME.

Esta se localiza en torno a la amígdala. Se ha observado que gatos y monos con lesiones límbicas bilaterales localizadas en la corteza piriforme desarrollan una marcada intensificación de la actividad sexual (López, 1983).

#### 2) NEOCORTEZA.

Se sabe que la parte de la neocorteza que colabora en el procesamiento de las emociones es la parte medial ventral de la corteza prefrontal (área orbitofrontal) y la superficie ventromedial del lóbulo temporal (Patriots et al., 1995; Iluchenock, 1996; Smith et al., 1987, Reiman et al., 1993, y Lane et al., 1997).

"La corteza orbitofrontal recibe entradas directas del tálamo dorsomedial, de la corteza temporal y del área tegmental. También recibe entradas indirectas de la amígdala y del sistema olfativo. Envía sus salidas a diversas regiones cerebrales incluyendo la corteza del cíngulo, la corteza temporal, el hipotálamo lateral y la amígdala. Por último, se comunica con otras partes de los lóbulos frontales. Así, sus entradas proveen información sobre lo que ocurre en el entorno y qué planes realiza el resto de los lóbulos frontales; sus salidas permiten influir sobre una gran variedad de conductas y respuestas fisiológicas, incluyendo las respuestas emocionales organizadas por la amígdala" (Carlson, 1996, p. 312).

Damasio (1995) estudió humanos con lesiones en la corteza frontal y encontró que el resultado era un déficit en la conducta social y emocional, aún cuando los sujetos tenían intacto, incluso, el lenguaje y otras habilidades cognitivas. Este autor considera que las conexiones entre las funciones de emoción y memoria de la corteza límbica y las funciones de planeación motora del neocórtex frontal pueden ser fundamentales para entender la autorregulación.

Morgan et al. (1993) encontraron que la corteza prefrontal medial juega un papel importante en la regulación de la extinción del miedo, lo cual parece implicar que alteraciones en esta región de la corteza pueden generar miedos incontrolables

De igual forma, parece ser que el reconocimiento y la comprensión de las expresiones faciales se efectúa con intervención del lóbulo frontal (Kolb et al., 1992).

Ahora bien, en los seres humanos se ha observado que "la ansiedad se acompaña de un aumento bilateral en el flujo sanguíneo de una porción separada del extremo anterior de cada uno de los lóbulos temporales" (Ganong, 1996, p. 298). Así también, la extirpación de los polos temporales anteriores origina docilidad extrema (Guyton, 1978)

"Las reacciones de agresividad y la conducta de rabia han sido también vistas en los seres humanos asociadas con lesiones, tumores, o ataques que comprenden el lóbulo temporal en general y a la formación del hipocampo en particular" (House et al., 1982, p. 416).

Es pertinente considerar que la interpretación de la emoción se da a nivel cortical, y que esta varía de acuerdo a la sociedad, raza, experiencia y situación presente, por lo cual se puede entender la importancia de la corteza para el procesamiento de las emociones.

## FIBRAS DE UNIÓN DEL SISTEMA LÍMBICO.

### TRACTO MAMILO-TALÁMICO.

Lesiones en el tracto mamilotálámico generan alteraciones en algunas conductas de locomoción, también reducen la respuesta de congelamiento. De igual forma, causan problemas en ciertos tipos de aprendizaje basado en castigos y que no pueden ser atribuidos a una disminución de la memoria, ya que las tareas con reforzamiento positivo son inalteradas por estas lesiones (Isaacson, 1982).

### FÓRNIX.

Este es un cúmulo de fibras que se originan en el hipocampo, en las partes profundas del lóbulo temporal, formando un asa hacia y adelante del tálamo para terminar en el cuerpo mamilar ipsilateral (más o menos la mitad de las fibras) y en los núcleos hipotalámicos anterior y septal ipso o contralaterales, interviniendo en el mecanismo de memoria para hechos recientes e influencia las funciones endócrinas (Garoutte, 1983, p.216)

### HAZ TELENCEFÁLICO MEDIAL ó HAZ MEDIAL DEL CEREBRO ANTERIOR.

Esta agrupación de fibras nerviosas no mielinizadas, de importancia para las funciones hipotalámicas y límbicas, transporta axones ascendentes y descendentes en un trayecto longitudinal, en situación lateral con respecto al hipotálamo. Incluye fibras entre hipotálamo y formación reticular, entre

hipotálamo y área paraolfatoria, desde el tabique pelúcido y, por medio de la banda diagonal, desde el complejo nuclear amigdalino. Una continuación rostral de estas fibras conecta el giro orbital del lóbulo frontal con el área paraolfatoria, hipotálamo anterior y posterior, de donde va hacia el techo mesencefálico y en sentido más caudal a la formación reticular. La mayoría de estas conexiones se dan en ambas direcciones (Garoutte, 1983).

Se puede decir que el haz telencefálico medial cumple propósitos múltiples y que actúa en relación con la corteza límbica como lo hace la cápsula interna en relación a la neocorteza.

**TEORÍA DE LEDOUX DE LA EMOCIÓN (LeDoux, 1989, 1995, cit. en Teasdale, 1999)**

A partir de los 80's comenzaron a surgir teorías de la emoción en las que se consideraba la existencia de niveles múltiples en los cuales se relacionan aspectos específicos de la cognición y de la emoción.

LeDoux propone la teoría más completa sobre las emociones que llama el "modelo de niveles múltiples". El autor considera que las entradas sensoriales y perceptuales convergen en la amígdala. Se activa la vía subcortical que guarda la memoria de las emociones previamente experimentadas, llamada "vía rápida y sucia". En el siguiente nivel se activa el hipocampo donde se guarda la memoria episódica con modalidad compleja y múltiple. El hipocampo modifica la respuesta amigdalina. En el siguiente nivel, se activa la corteza y las respuestas corticales previamente aprendidas modifican o inhiben la emoción experimentada. Con la interacción de todas las estructuras arriba mencionadas se produce la respuesta final que es compleja, motora (expresiones faciales y postura) y/o de lenguaje. La respuesta final reflejará el patrón total involucrando elementos tanto sensoriales como cognoscitivos.

En comparación con otras teorías, la de LeDoux da un panorama más amplio del proceso fisiológico por medio del cual se generan las emociones, sin embargo, disminuye la importancia de la regulación que el lenguaje ejerce sobre las emociones.

### 1.3. Respuestas autónomas de la emoción.

Es importante considerar que las emociones no se pueden estudiar de manera directa en razón de que son procesos subjetivos, por ello es que se estudian de manera indirecta, ésto se realiza con base en las conductas que se presupone están correlacionadas con alguna emoción (Brown, 1986). En general, las emociones generan dos tipos de respuestas las cuales son: conductuales y fisiológicas.

1) Las respuestas conductuales que se dan ante los estímulos emocionales pueden observarse en: la entonación que se da al hablar, las expresiones faciales, la postura que los individuos adoptan, etc.

2) Las respuestas fisiológicas son producto del sistema nervioso autónomo, este se encarga de controlar las funciones viscerales. El término autónomo se refiere a que se regula por sí mismo, esto es los ajustes que realiza normalmente no son conscientes por lo cual también se le conoce como sistema motor involuntario (en oposición al sistema motor somático, que sí es voluntario). Las respuestas autónomas tienen como principal objetivo (para nuestro interés) preparar al sujeto para responder a los estímulos emocionales; de estas manifestaciones las más características son las siguientes: sudoración, sequedad de boca, pesadez de estómago, respiración rápida, aumento de la frecuencia cardíaca (taquicardia) y aumento de la tensión en algunos músculos.

El sistema nervioso autónomo es primordialmente responsable del mantenimiento de un ambiente interno óptimo en el cuerpo y esto lo hace por medio del control de la musculatura lisa (la cual a su vez permite el control de las glándulas exócrinas) y del músculo cardíaco, apoyándose en la secreción de hormonas.

El sistema nervioso autónomo se encuentra dividido principalmente en 2 partes: simpático y parasimpático; algunos autores (Kandel, 2000; y Carlson, 1996) agregan uno tercero que es el entérico, el cual de acuerdo con estos autores, esta innervado tanto por el sistema simpático como por el parasimpático.

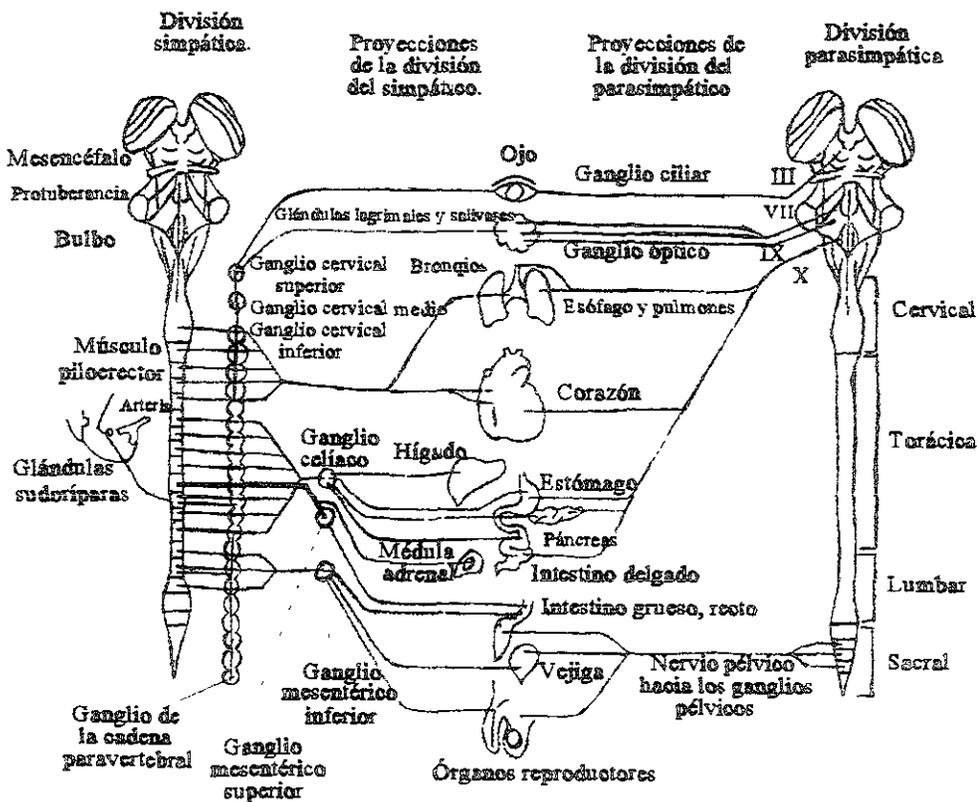
Se considera que el sistema simpático "actúa como mecanismo de excitación para todo el cuerpo y puede preparar para la acción vigorosa. Es importante anotar que el individuo no necesita comprometerse realmente en una actividad vigorosa para que se produzcan efectos simpáticos. El mero pensar en una lucha activa la división simpática. El efecto de este pensamiento sería el de aumentar el ritmo cardíaco y la profundidad de la respiración, detener la actividad gastrointestinal, liberar la glucosa almacenada, desviar la sangre de las vísceras y de la piel hacia los músculos y poner a funcionar las glándulas sudoríparas" (Naranjo, 1977, p. 393).

Por su parte, la división parasimpática se ocupa de las funciones de recuperación, restauración y nutrición del cuerpo cuando se halla en reposo. La activación del sistema parasimpático tiende a producir efectos opuestos a la división simpática; esto es, la división parasimpática, por ejemplo, en el caso del corazón, provoca una disminución de la frecuencia cardíaca. No obstante esta división funcional, se debe considerar que los sistemas simpático y parasimpático actúan modulándose entre sí, pues la mayoría de las vísceras estas innervadas por ambos sistemas. De esta forma, la respuesta de los órganos es el resultado de la suma algebraica de las aferencias simpática y parasimpática (Naranjo 1977).

En la figura 2 se muestran los sistemas simpático y parasimpático. Se puede

observar que el sistema simpático tiene neuronas preganglionares que se extienden desde el primer segmento torácico hasta los dos primeros segmentos lumbares inferiores; en tanto que las neuronas preganglionares del parasimpático se localizan en el tronco cerebral y en los segmentos S2 a S4 de la médula espinal.

FIGURA 2.



Esquema de la organización anatómica del sistema simpático y el parasimpático mostrando los órganos que inervan estos sistemas (tomado de Kandel et al., 2000).

Ante una situación de emergencia el cuerpo debe responder a un cambio repentino en el entorno, para ello el hipotálamo y el sistema nervioso simpático activan un aumento de los impulsos del simpático hacia el corazón y otras vísceras, los vasos sanguíneos periféricos y las glándulas sudoríparas, así como a los músculos piloerectores y oculares. El incremento de la respuesta cardiaca, la alteración de la temperatura corporal y del nivel de glucosa en sangre, y la constricción de la pupila permiten dar respuestas rápidas a las condiciones externas potencialmente perturbadoras. Por el contrario, el sistema parasimpático mantiene la frecuencia cardiaca, la respiración y el metabolismo basal en condiciones normales.

Un animal cuyo sistema nervioso simpático se ha destruido experimentalmente puede sobrevivir en tanto que esté protegido, se le mantenga caliente y no se le exponga al estrés. Sin embargo, un animal en esta condición es incapaz de llevar a cabo un trabajo extenuante ni valerse por sí mismo. No genera en el hígado la movilización de glucosa en sangre cuando se requiere, ni reacciona al frío con la vasoconstricción normal o la erección del vello corporal.

Ahora bien, el sistema nervioso autónomo es influenciado por el hipotálamo de dos maneras (esto se observa en el esquema 2)

1) Modulando un conjunto de circuitos reflejos viscerales, que se organizan básicamente a nivel del tronco cerebral. Esto lo hace por tres principales vías:

- Proyectando al núcleo del tracto solitario que es el principal receptor del flujo

de información procedente de las vísceras. Este núcleo a su vez, actúa sobre el núcleo del nervio vago y otras neuronas del parasimpático en el tronco cerebral para lograr el control de la temperatura, la frecuencia cardíaca, la presión sanguínea y la respiración (línea 1 del esquema 2).

- La región lateral del hipotálamo proyecta a la zona ventral del bulbo, región donde se controla la salida preganglionar esencial para la función del simpático, por lo tanto, la estimulación del hipotálamo lateral conlleva a una estimulación del simpático. aumento de la presión sanguínea, de la frecuencia cardíaca, piloerección, dilatación de la pupila, entre otras respuestas (línea 2 del esquema 2).

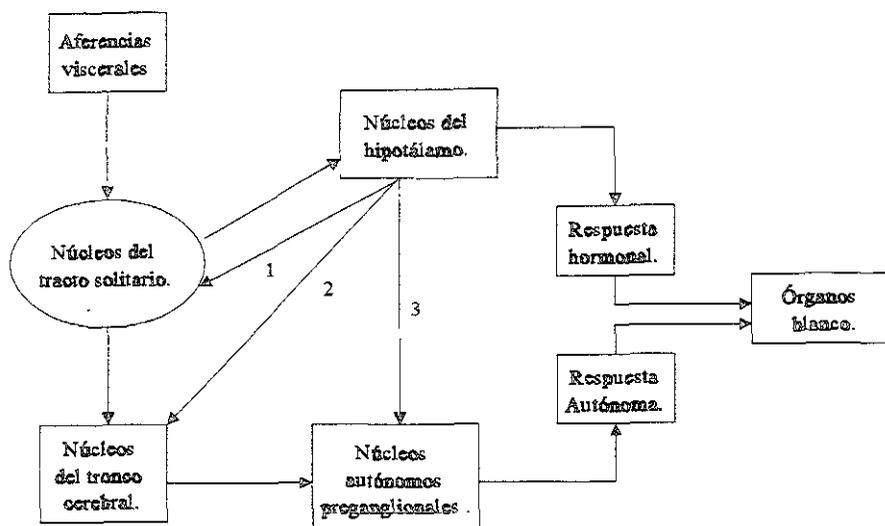
- Del hipotálamo surgen proyecciones directas hacia las eferencias autónomas de la médula espinal (línea 3 del esquema 2).

2) Actúa sobre el sistema endocrino para que libere hormonas que influyen en la función del sistema nervioso autónomo. Existen dos formas en que se ejerce esta influencia:

- La primera se realiza por el proceso llamado neurosecreción; este consiste en que algunas neuronas sirven como transductores neuroendocrinos, capaces de transformar directamente la información neuronal eléctrica en información hormonal.

- La segunda forma en que el hipotálamo influye al sistema endocrino es indirecta y se realiza por medio del sistema portal hipotalámico-hipofisiario, por medio del cual se transportan una serie de secreciones generadas por neuronas del hipotálamo que permiten la liberación o inhibición de algunas hormonas de la hipófisis.

## ESQUEMA 2



En este esquema se observan las dos formas en que el hipotálamo influencia al sistema nervioso autónomo: a través de la modulación de circuitos reflejos viscerales (parte izquierda del esquema, líneas 1-3) y de las respuestas hormonales (tomado de Kandel et al., 2000).

En general, todas estas reacciones fisiológicas se dan ante estímulos externos que requieren una respuesta determinada. En el caso de los estímulos emocionales las reacciones dependen del tipo de emoción que generan. Por ejemplo, ante un estímulo amenazante la respuesta puede ser de dos tipos: preparar al organismo para atacar, movilizandole la sangre para enfocarla hacia los músculos y aumentando el estado de alerta; pero también puede suceder que la conducta resultante sea una parálisis total.

En el caso de las emociones que son relevantes para el presente trabajo como

las de amor (emociones positivas) y las de frustración (emociones negativas), las respuestas fisiológicas más fáciles de medir son:

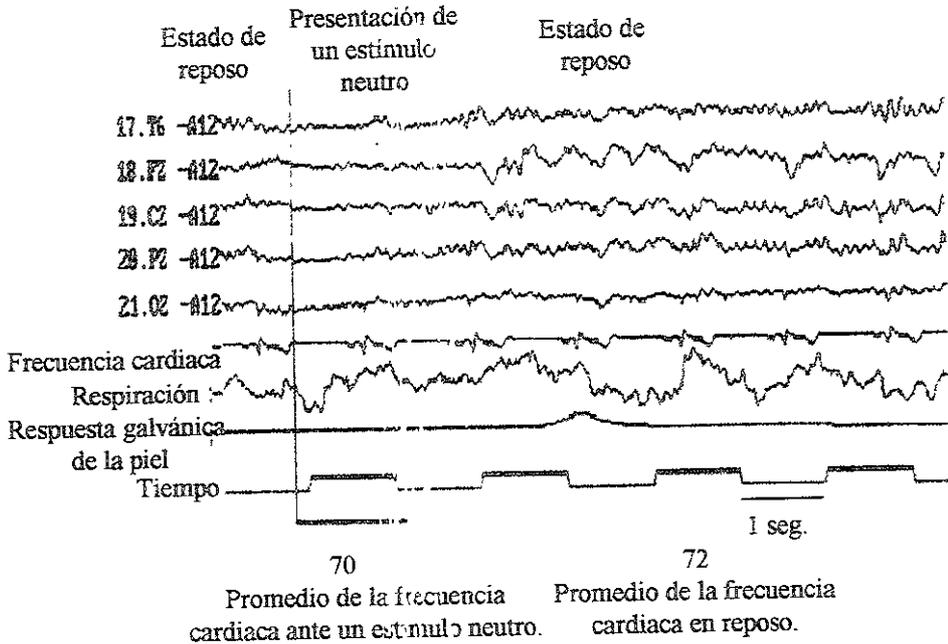
- aumento de la frecuencia cardiaca,
- aumento de la frecuencia y arritmia respiratoria, y
- aumento de la sudoración de la piel (respuesta galvánica de la piel).

Tanto las emociones positivas como las negativas dan respuestas autónomas muy similares. Las emociones aumentan la frecuencia cardiaca, provocan aumento en la frecuencia respiratoria y arritmia de ésta. De igual forma, aumenta la sudoración de la piel (tal respuesta se refleja mejor en las manos) esto provoca un cambio de voltaje en la piel, estos cambios son medidos y considerados como una respuesta fisiológica llamada respuesta galvánica de la piel (Naranjo, 1977).

En algunas investigaciones, (Fahrenberg et al., 1987) se ha considerado que los sujetos inducen la emoción cuando alguna de estas respuestas ha sido alterada por lo menos en un 15%. En el caso de la frecuencia cardiaca y la respiratoria las medidas basales consideradas normales son estándares (60-80/min y 16-20/min respectivamente), no así para la respuesta galvánica de la piel que varía de persona a persona (para ésta respuesta se debe obtener una medida basal previa para poder compararla con la que se obtiene en los estados emocionales). La respuesta galvánica mide los cambios de conductividad de la piel causados por la sudoración de ésta.

En una investigación realizada por Marosi et al. (en prensa) se observaron las respuestas autónomas durante el reposo en comparación con los cambios que estas respuestas sufrieron ante la presentación de un estímulo neutro (figura 3) o de un estímulo emocional (figura 4), ambos estímulos consistieron en la presentación de enunciados, los primeros sin contenido emocional y los otros con este contenido.

FIGURA 3.



Se muestran los registros de la respiración, la frecuencia cardiaca y la respuesta galvánica de la piel durante los estados de reposo y de presentación de un estímulo neutro (cuyo inicio está marcado por la línea vertical y dura dos segundos). Los registros del 17 al 21 son electroencefalográficos. En la parte inferior de la figura se presenta el promedio de la frecuencia cardiaca durante la presentación del estímulo neutro y el estado de reposo. Se observa una diferencia del 27 % entre el promedio de la frecuencia cardiaca ante el estímulo neutro con respecto al promedio de la frecuencia cardiaca durante el estado de reposo.

En ambas figuras la respuesta autónoma más fácil de comparar es la frecuencia cardiaca (debido a que las otras dos presentan diversos artefactos, sobre todo en la figura 4), por ello durante el presente ejemplo nos basaremos en esta medida.

Se debe de considerar que la frecuencia cardiaca es un promedio, lo cual implica oscilaciones de esta durante el registro. En los ejemplos que se presentan el promedio durante el reposo fue de 72 pulsaciones por minuto, sin embargo este promedio se mantuvo fluctuando entre 65 y 80 pulsaciones por minuto. Esto nos permite considerar que mientras el sujeto mantenga su frecuencia cardiaca en este rango (65-80) se encuentra en reposo y cuando sobrepasa este rango de frecuencia cardiaca sale de su estado de reposo. El criterio de Fahrenberg et al. (1987) para considerar que un estado emocional es inducido fue que se requería un cambio de cuando menos el 15 % con respecto al reposo, en nuestro ejemplo consideramos que las emociones se dan después de un cambio del 9.7 % por debajo del promedio y de un 11 % por encima, por lo cual es adecuado aplicar el criterio de Fahrenberg para nuestros datos.

En la figura 3 se observa que no existen cambios significativos (sólo de un 2.7 %) en el promedio de la frecuencia cardiaca entre el estado de reposo y la condición neutra. Por su parte, en la figura 4 se muestra la comparación entre el estado de reposo y la condición emocional, se observa un aumento del 18 % de la frecuencia cardiaca durante la condición emocional, por lo cual podemos decir que sí se induce un estado emocional.



## 1.4. Estudios conductuales sobre la emoción.

El estudio de las emociones se puede hacer por medio de diversas técnicas elegidas de acuerdo al objetivo del estudio. Dentro de esta variedad de técnicas encontramos que se puede: observar la conducta (Russell, 1991; Mesquita y Frijda, 1992; Sven-Ake, 1992), realizar estudios por medio de lesiones ya sean accidentales (Tucker et al., 1984) o provocadas (Morgan, et al., 1993; Stern y Passingham, 1996), realizar estudios neuroquímicos (Kawahara et al., 1993; Pietrowsky, 1990), aplicar estimulación magnética transcraneal (Pascual et al., 1996), y realizar estudios mediante el electroencefalograma o los potenciales relacionados con eventos.

Desde el punto de vista conductual podemos mencionar lo siguiente:

En todas las culturas existe 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

Ahora bien, al estudiar las conductas emocionales debe considerarse la existencia de dos condiciones que influyen las mismas y que son intrínsecas a los individuos. En primera instancia, hay que mencionar que al estado emocional constante del individuo se le llama estado tónico, esto es, los individuos pueden ser básicamente activos, pasivos, alegres, tristes, etc. En segundo lugar, existe el aspecto fásico de la emoción, el cual hace referencia a la forma en que se responde a los estímulos que se presentan durante una situación determinada. Es este aspecto fásico de la emoción el que normalmente se estudia en las investigaciones reportadas (Davidson, 1992).

Combinando técnicas fisiológicas y conductuales se han realizado estudios con

el fin de obtener datos sobre el sitio del sistema nervioso central donde se generan las emociones, lográndose mostrar (a nivel conductual) la existencia de una especialización hemisférica para las emociones: se puede considerar que en el hemisferio derecho se generan las emociones negativas, es decir, de frustración y tristeza; en tanto que en el hemisferio izquierdo las emociones positivas, o sea, de amor y euforia. Un experimento clásico en el que se demostró esto fue el test de Wada que consiste en inyectar amital sódico a un sujeto, a través de la arteria carótida de un lado del cuerpo. El amital sódico inhibe momentáneamente la actividad del hemisferio del lado inyectado. Así al bloquear al hemisferio izquierdo se obtiene una inhibición temporal de las funciones de éste, si se considera que en el hemisferio izquierdo se generan las emociones de amor y euforia, se entiende que éstas queden inhibidas manteniéndose sólo las emociones que se generan en el hemisferio derecho, lo cual hace que los sujetos reporten una tendencia hacia un estado depresivo constante. En cambio, si la inyección de amital sódico se realiza en el hemisferio derecho, se inhiben temporalmente las emociones que se generan en éste, que son las de frustración y tristeza. Por ello predominan las emociones generadas en el hemisferio izquierdo, por lo cual los individuos presentan una euforia sostenida (Kolb y Whishaw, 1986; Lee et al. 1993)

## 1.5. EL EEG como instrumento de estudio de las emociones.

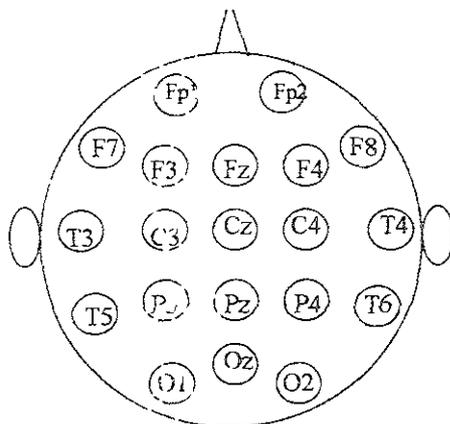
El electroencefalograma (EEG) es una técnica electrofisiológica que consiste en la representación gráfica de la actividad eléctrica espontánea del cerebro. El EEG tiene varias ventajas como el hecho de que se trata de una técnica no invasiva, con gran resolución temporal, que permite relacionar de manera efectiva la conducta que se está realizando con los cambios que se observan en el trazo. Esto convierte al EEG en un instrumento eficaz para estudiar cómo se manifiestan electrofisiológicamente las emociones.

El EEG puede ser tradicional y cuantitativo, en el primero el análisis se hace de manera visual, en cambio en el cuantitativo el análisis por medio de una computadora que descompone la onda en sus series de senos y cosenos. El EEG cuantitativo provee una gran cantidad de datos sobre la actividad eléctrica del cerebro y permite comparaciones estadísticas para encontrar diferencias en la actividad durante la realización de distintas tareas, de esta manera elimina el juicio subjetivo y aumenta su utilidad ya que permite descubrir facetas que la interpretación convencional del EEG deja ocultas, por ejemplo, el número exacto de ondas de las diferentes bandas (Marosi, 1993).

A continuación se explica cómo se realiza un registro electroencefalográfico: en primer lugar, al sujeto se le colocan una serie de electrodos que pueden ser adheridos al cuero cabelludo de diferentes maneras por ejemplo, por medio de una pasta conductora y de una gasa, o bien por medio de una gorra de látex, etc., a través de cables los electrodos mandan la actividad eléctrica captada hacia el electroencefalógrafo donde se amplificará la señal y se descompondrá (en el caso del EEG cuantitativo) para analizarla, como más adelante se verá (hay diversos aparatos que pueden procesar este tipo de información). La colocación de los electrodos normalmente se basa en el sistema 10-20

internacional, tal distribución se muestra en la figura 5. Cada uno de estos electrodos es comparado con uno de referencia a esta relación se le llama derivación. La referencia debe ser un lugar con poco voltaje, tal como el lóbulo de la oreja, la punta de la nariz, etc.

FIGURA 5.



En esta figura se muestra la colocación de los electrodos de acuerdo al sistema internacional 10-20

Las ondas eléctricas del EEG tienen dos medidas:

- La latencia, que es el tiempo que dura un ciclo. De esta se obtiene la frecuencia que se refiere al número de ondas (ciclos) que se dan en un segundo, su unidad son los Hertz o Hz (ciclos/seg);

- La amplitud, que describe la magnitud del voltaje, su unidad son los volts, pero en la superficie del cuero cabelludo se registran microvolts ó  $\mu V$  (Duffy et al., 1989).

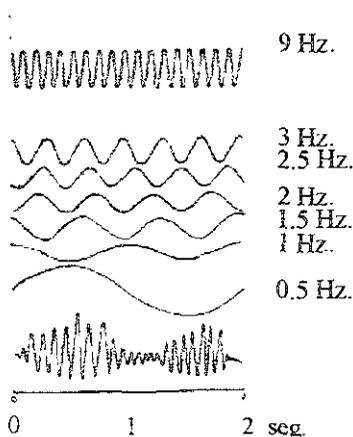
Ahora bien, para trabajar con los datos del EEG cuantitativo hay que considerar que el trazo electroencefalográfico tal y como se registra esta compuesto de ondas de diferentes frecuencias que se suman algebraicamente (tal y como se puede observar en las figuras 6), y que deben separarse en las frecuencias que lo conforman, lo cual puede lograrse utilizando la

transformación rápida de Fourier.

La transformación rápida de Fourier es un proceso matemático que se puede realizar por medio de la computadora y que se basa en el hecho de que cualquier señal (en este caso el EEG) puede descomponerse en ondas sinusoidales de diferentes frecuencias y amplitudes (Fisch, 1991).

De esta manera, cada onda sinusoidal obtenida tendrá "una determinada frecuencia y un valor de amplitud dependientes de las características de la señal que se analice. Precisamente, estos valores de amplitud y fase para cada frecuencia son los que se calculan en el análisis de frecuencias. Por ejemplo un segmento de EEG de 2 segundos de duración puede descomponerse en una serie de ondas sinusoidales de frecuencia 0.5 Hz y sus armónicos: 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, etc. y para cada frecuencia se tendrá el valor de la amplitud de la onda sinusoidal. Lo que se ha hecho es realizar una transformación del EEG original en una serie de valores de amplitud y fase para cada frecuencia" (Harmony et al., 1991, p.334). Esto se ejemplifica en la figura 6.

**FIGURA 6.**

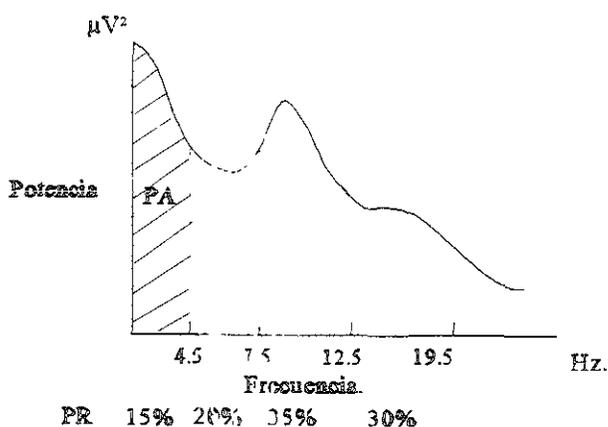


Representación del análisis de Fourier, la parte inferior corresponde a un segmento de EEG de 2 segundos de duración, en la parte superior se muestra la serie de ondas sinusoidales en las que se puede descomponer el trazo. Se puede observar que cada onda tiene diferente frecuencia y amplitud (tomado de Harmony et al., 1991).

A partir de este análisis se puede obtener una gráfica de los valores de la amplitud al cuadrado en las distintas frecuencias (ver figura 7), a esta gráfica se le denomina espectro de potencias. Las frecuencias se pueden agrupar en rangos los cuales son llamados bandas. Tradicionalmente se describen 4 bandas: la banda delta cuyo rango es entre 0.5 y 4.5 Hz, la banda theta de 4.6 a 7.5 Hz, la banda alfa de 7.6 a 12.5 Hz y la banda beta de 12.6 a 19.5 Hz. Si se integran matemáticamente los valores del voltaje de las frecuencias de cada banda, se obtiene el valor de la potencia absoluta (PA) de dicha banda. Por ejemplo, la potencia absoluta de la banda delta (0.5 a 4.5 Hz) de la figura 7, corresponde al cuadrado del área bajo la curva localizada en esa banda (la región rayada en la figura 7). Con esta medida se cuantifica el tamaño de la banda, por lo que se relaciona con la amplitud de la misma.

FIGURA 7.

ESPECTRO DE POTENCIA.



Espectro de potencia: gráfica del área bajo la curva en los rangos de frecuencia de cuatro bandas. Se puede observar la PA para la primera banda (parte sombreada) y la PR (los porcentajes que se muestran debajo de cada rango señalado).

Otra medida importante en el análisis cuantitativo del EEG es la potencia relativa (PR), la cual es el porcentaje del valor de la PA en cada banda elegida con respecto al total. La PR permite conocer cómo se distribuyen las frecuencias del EEG y la cantidad de actividad por banda. La suma de todas las PR de un espectro de potencias es igual a 100%. En la parte inferior de la figura 7 se presenta un ejemplo de la potencia relativa, que se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{PR de la banda delta} : \frac{(\text{PA delta}) (100)}{\text{PA delta} + \text{PA theta} + \text{PA alfa} + \text{PA beta}}$$

Ahora bien, desde las primeras investigaciones con EEG se han relacionado algunas bandas con ciertas condiciones funcionales, por ejemplo, se observó que cuando se registraba a un sujeto con los ojos cerrados y en reposo se obtenían frecuencias de 7.6 a 12.5 Hz (banda alfa), de esta manera se conformaron las llamadas bandas tradicionales. Sin embargo, éstas no son la única forma de agrupar los rangos de frecuencias ya que otros autores las han agrupado en rangos más estrechos; de tal forma que se empezaron a dividir las bandas anchas en altas y bajas, por ejemplo, la banda alfa se dividió en banda alfa baja (de 7.6 a 10.0 Hz.) y banda alfa alta (10.1 a 12.5 Hz.). También se puede trabajar con bandas de rangos más pequeños llamadas bandas estrechas, estas pueden tener rangos de 2, 1.6, ó 0.5 Hz

De esta manera podemos decir que al trabajar con el EEG cuantitativo primero se debe definir el tipo de banda que se utilizará (ancha o estrecha),

posteriormente se procede a aplicar la transformación rápida de Fourier para obtener con ello un espectro de potencia y finalmente, podemos calcular diferentes medidas propias del EEG computarizado, como la potencia absoluta y la potencia relativa.

Es pertinente mencionar que en estado de reposo y con los ojos cerrados predomina la presencia del ritmo alfa principalmente en las regiones occipitales. Si este reposo es interrumpido por algún tipo de actividad mental, (procesamiento aritmético o semántico) el ritmo alfa es sustituido por ritmo beta. Es por ello que, de manera general, se considera que una disminución de la PA en la banda alfa implica activación cerebral (Harmony et al., 1996 y Klimesch et al., 2000).

Ahora bien, los estudios de las emociones por medio del EEG cuantitativo se han hecho principalmente con análisis de banda ancha mostrando que hay ciertas regiones corticales que sufren un cambio de actividad eléctrica cuando se realiza alguna tarea con carga emocional.

Davidson (1992) registró EEG en sujetos que observaron una película con emociones positivas (amor) y negativas (frustración) durante condicionamiento con premio o castigo. El autor encontró que el condicionamiento con castigo se asoció a una disminución en la PA de la banda alfa en la región frontal derecha respecto del condicionamiento con premio.

Bekkedal et al. (1997) reportaron que la potencia absoluta de las bandas alfa y theta en las regiones frontales se decrementa en respuesta a estímulos emocionales. Ellos registraron el EEG con ojos cerrados, usando estímulos vocales de enojo y tristeza y tonos puros como estímulos neutrales

Así también, Wexler et al. (1992) presentaron pares de estímulos sobrelapados, los cuales fueron contruidos por una palabra emocionalmente neutra y otra con

carga emocional positiva o negativa. El solapamiento temporal y espectral entre los miembros de cada pareja fue tan grande que el sujeto solo escuchaba un estímulo auditivo, el cual era neutro o emocional. De esta forma la palabra con carga emocional se procesaba de manera consciente o inconsciente. Además del EEG también se monitoreó la actividad muscular facial. Tanto en el EEG como en el electromiograma (EMG) se encontró una gran actividad en la región frontal en el hemisferio derecho cuando la actividad ocurría de manera inconsciente en comparación de cuando ocurría conscientemente.

Wheeler et al. (1993) reportaron asimetría frontal en 10 derivaciones registrando durante filmes en los que se representaban felicidad, miedo y disgusto. Encontraron que la PA de la banda alfa disminuyó en la región frontal izquierda durante la observación de filmes con carga emocional positiva y que lo mismo sucedía, pero en la región frontal derecha durante los filmes con carga emocional negativa. Esto permite considerar que el procesamiento de las emociones se lleva a cabo en ciertas áreas específicas de la corteza, y también supone la existencia de diferencias en las manifestaciones electroencefalográficas de las emociones.

En los trabajos mencionados sólo se registró la región frontal, lo cual parece algo ilógico debido a que se restringe una función tan compleja como la actividad emocional solo a esta zona. En relación con esto, diversos estudios han demostrado que hay otras regiones cerebrales que se activan durante la realización de tareas emocionales (Smith et al., 1987; Tucker y Dawson, 1984; Ahern y Schwartz, 1985; Il'uchenock, 1996). Por ejemplo, Smith et al. (1987) realizaron un experimento en el que compararon estímulos neutrales (un conjunto de instrucciones de carácter cognitivo) 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 parietales. Es destacable que el mayor nivel de activación durante la estimulación emocional se dió en el hemisferio derecho.

En los experimentos conductuales como el test de Wada se ha demostrado la existencia de una especialización hemisférica de las emociones, esto es, que las emociones positivas se procesan en el hemisferio izquierdo, y las negativas en el derecho; esta lateralización no se ha podido corroborar plenamente con los estudios en los que se utiliza el EEG, ya que algunas investigaciones sí encuentran datos de lateralización mientras que otras no.

Una investigación realizada con infantes normales sugiere que la especialización hemisférica para la percepción y expresión de las emociones se presenta alrededor del primer año de vida. Pruebas en niños de 10 meses realizadas por Davidson y Fox (cit. en Nass y Koch, 1991) mostraron que los niños presentaban una asimetría frontal en el EEG que discriminó dos tipos de respuesta emocional; por ejemplo, al separarlos de su madre hubo niños que lloraron y otros que no, en los que no lloraron se encontró una mayor activación frontal izquierda, en contraposición los niños que sí lloraron presentaron una mayor activación frontal derecha. Esto concuerda con la hipótesis de la especialización hemisférica de las emociones.

Tucker y Dawson (1984) estudiaron actores que recordaron experiencias personales para despertar estados emocionales de disposición sexual o de depresión. El EEG fue registrado de manera bilateral en las regiones frontal, central, parietal y occipital. Ellos encontraron una mayor disminución en la potencia absoluta de la banda alfa en el hemisferio derecho para la disposición sexual que para la depresión. Este tipo de datos sugiere que los patrones

asimétricos de la actividad cerebral se pueden asociar con estados emocionales positivos o negativos, sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación no coinciden con los esperados de acuerdo a la teoría de la especialización hemisférica.

Sobotka et al. (1992) estudiaron la asimetría de la actividad eléctrica en la región anterior del cerebro durante contingencias de premio y castigo que fueron directamente manipuladas para producir estados emocionales de acercamiento o de retirada. En sus resultados los ensayos de recompensa se asociaron con una supresión de la PA alfa en la región frontal izquierda, en tanto que durante los ensayos que tenían una contingencia negativa se dió una supresión de la PA de la banda alfa en la región frontal derecha. También encontraron evidencias que relacionan la respuesta de retirada con una supresión de la potencia 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.

Por su parte Fox (1991) realizó una revisión teórica en la cual sugiere la existencia de una asimetría cerebral localizada en las regiones frontales asociada con el tipo de emoción generada en el niño. Pese a esto no se determina un patrón sistemático en la asimetría del EEG entre los infantes. Los autores consideraron que estas diferencias pueden ser una importante marca de la variabilidad existente en el temperamento de los niños. Sin embargo, esta explicación no es convincente ya que aún no se tienen datos sólidos de la actividad electroencefalográfica de los adultos durante las emociones como para contrastar los resultados obtenidos con los niños.

Ahern y Schwartz (1985) investigaron la lateralización para los procesos emocionales en humanos por medio del análisis espectral del EEG. Participaron

33 mujeres estudiantes no graduadas, a las cuales se les presentaron 60 preguntas sobre estados emocionales como felicidad, entusiasmo, neutrales, tristeza y miedo, de tipo verbal y espacial (por ej.: "dame un sinónimo de la palabra felicidad" o "visualiza tu cara, qué parte de ella expresa mejor el entusiasmo"). Observaron que en las regiones frontales se da una lateralización para las emociones positivas y negativas; la cual se refleja en un decremento en la potencia absoluta de la banda alfa del lado izquierdo para las emociones positivas y del lado derecho, durante la emoción negativa. En las zonas parietales, observaron diferencias de lateralidad para los procesos verbales y espaciales, con una disminución de la PA en la banda alfa en el hemisferio izquierdo para las tareas verbales y un decremento en la PA de la banda alfa en el hemisferio derecho para las tareas de tipo espacial.

Jones y Fox (1992) estudiaron las diferencias en la lateralización hemisférica durante las emociones y su relación con la personalidad. Para el experimento seleccionaron dos grupos, uno conformado por sujetos con una alta afectividad positiva y el otro con una alta afectividad negativa. Ambos grupos fueron sometidos a una serie de videos con y sin contenido emocional para realizar el registro. Se demostró la existencia de diferencias en la activación regional durante los videos con carga emocional especialmente para los estímulos que generaron emociones de alegría y disgusto. Las diferencias encontradas entre las emociones positivas y negativas concuerdan con la hipótesis de que el hemisferio derecho se especializa para generar ciertas experiencias emocionales negativas y que el hemisferio izquierdo se especializa en la generación de las emociones positivas. Los resultados también dieron soporte a la teoría de que las diferencias individuales de la personalidad están relacionadas con el nivel en que se activan los hemisferios cerebrales.

En general, en la mayoría de los estudios anteriores se ha demostrado la existencia de lateralización para el procesamiento de las emociones, encontrando que la potencia absoluta de la banda alfa sufre un decremento en la región frontal del hemisferio izquierdo respecto al derecho ante emociones positivas, mientras que este patrón es el inverso cuando los estímulos son emociones negativas. Sin embargo, en algunos estudios (Gainotti, 1983; Silberman y Weingartner, 1986; Smith et al., 1987; Spence et al., 1996) se ha encontrado que durante las emociones la mayor actividad electroencefalográfica se da en el hemisferio derecho, de igual forma otros autores (Safer, 1981; Bryden y Ley, 1983) sostienen que durante la percepción y expresión emocional es el hemisferio derecho el que más participa.

El trabajo que es el antecedente inmediato al presente fue realizado por Marosi et al. (en prensa), que analizaron los cambios en el EEG cuantitativo generado ante estímulos emocionales vs neutros por medio del análisis de banda ancha. Participaron estudiantes masculinos a los que se les presentaron frases con y sin carga emocional. Los resultados indicaron una disminución de la PA de la banda theta y un aumento en la banda beta en las regiones central, occipital y temporal, para los estados emocionales en comparación con la condición neutra, sin encontrar diferencias en regiones frontales. Las diferencias entre situaciones emocionales positivas y negativas ocurrieron en la banda delta (en las zonas centrales, parietales, occipitales y temporales de ambos hemisferios) y en la beta (en las regiones frontopolar y temporales) sin embargo, estos datos no pudieron agruparse de forma sistemática en un patrón de actividad. No se encontraron datos que apoyaran la especialización hemisférica reportada respecto a la valencia emocional del estímulo, no obstante un dato importante de esta investigación se dió al estudiar la frecuencia media, una medida que muestra

el promedio de frecuencias en cada región y por bandas (Marosi, 1993). Se encontraron diferencias en esta medida, siendo mayor la frecuencia media para las emociones positivas de amor en comparación con la condición negativa de frustración en la banda delta en la región temporal derecha y en la zona frontal, y en la banda beta en el hemisferio izquierdo. Por su parte, la condición de frustración tuvo una frecuencia media mayor que la de amor en la banda delta en la región temporal izquierda y en la zona occipital; y una frecuencia media menor que la condición de amor en el hemisferio izquierdo. Esto implica que los estados emocionales positivos y negativos son procesados por la corteza a diferentes frecuencias y que estas no comprenden todo al rango de las bandas tradicionales, sino que cada estado comprende rangos de frecuencias más pequeños y diferentes entre sí, de otra forma las frecuencias medias de amor y frustración serían equivalentes. Por esta razón, se consideró la necesidad de analizar los datos por medio de bandas estrechas.

En la literatura sólo existe un reporte de análisis cuantitativo del EEG con bandas estrechas durante condiciones emocionales, realizado por Il'uchenock (1996) al registrar 9 adultos sanos durante la presentación de palabras con carga emocional (positiva y negativa) y sin carga emocional (neutras). Este autor analizó la potencia relativa, encontrando que durante las tareas que implican emociones positivas aumentó la presencia de frecuencias de 7 a 7.5 Hz respecto a la condición neutra, en tanto que durante las tareas de emociones negativas observó que predominaron las frecuencias de entre 7.5 a 8 Hz, en ambos casos en las regiones fronto-temporal y parietal en los dos hemisferios. Este estudio permite considerar que las diferencias entre emociones positivas y negativas se dan en rangos de frecuencias mucho más estrechos que los rangos convencionales de las bandas anchas y que, por ello, estas últimas podrían ser

inapropiadas para estudiar los cambios del EEG relacionados con las emociones pues no permiten visualizar los cambios tan sutiles que con las bandas estrechas se pueden encontrar. Por ejemplo, en la banda alfa que comprende frecuencias entre los 7.6 y los 12.5 Hz, no se podrían detectar diferencias entre dos conductas cuyas manifestaciones estuvieran entre los 8 y 9 Hz para una, y los 9 y 10 Hz para la otra. Los cambios se ocultarían aún más si las diferencias se dieran en el rango de un sólo Hz, como ocurrió en el estudio de Il'iuchenock. Sin embargo, existe una incongruencia entre el resumen y los resultados de este artículo, ya que se señala que se trabajó con bandas de 1 Hz y en los resultados se encuentran diferencias del rango de 0.5 Hz (7-7.5 Hz y 7.5-8 Hz).

Por las razones ya expuestas, en el presente trabajo se manejará como hipótesis que las diferencias que se dan entre los estados neutros y emocionales, y entre las emociones positivas y negativas, se localizan en frecuencias específicas más pequeñas que las comprendidas por las bandas anchas. Al trabajar con medidas de banda ancha, es posible que se minimicen los efectos que las emociones pueden ejercer en el trazo electroencefalográfico y por lo tanto, sería más apropiado trabajar con medidas de banda estrecha.

## 2. OBJETIVO.

El objetivo de esta tesis es mostrar los cambios de la actividad eléctrica cerebral causados por emociones (positivas y negativas) por medio del análisis de bandas estrechas del EEG, describiendo los rangos de frecuencia y regiones cerebrales en que ocurren estos cambios

## 3. HIPÓTESIS.

1) En investigaciones previas Davidson (1992) y Bekkedal et al. (1997) encontraron diferencias significativas entre tareas emocionales y no emocionales en las medidas de la potencia absoluta en la banda alfa en la región frontal. Por otra parte, estudios con Tomografía de Emisión de Positrones (TEP) demostraron actividad en las regiones temporales y parietal derecha durante la realización de tareas emocionales (Reiman et al., 1993 y Patriots et al., 1995). Dados estos resultados esperamos encontrar diferencias significativas (en el poder absoluto en la banda alfa) entre las tareas emocionales y las no emocionales en las regiones frontales y temporales de ambos hemisferios y en la zona parietal del hemisferio derecho

2) En un estudio realizado mediante el análisis con bandas estrechas sobre la potencia relativa del EEG, Il'ichevock (1996) encontró que durante las tareas que implican emociones positivas aumentó la presencia de frecuencias de 7 a 7.5 Hz, en tanto que durante las tareas de emociones negativas predominaron las frecuencias de entre 7.5 a 8 Hz, en ambos casos en las regiones fronto-temporal y parietal de los dos hemisferios. Con base en este estudio y en los realizados

con análisis de banda ancha en los que se encontraron cambios en las bandas theta, alfa y beta (Bekkedal et al., 1997; Davidson, 1992; Marosi et al., en prensa) proponemos que durante las tareas emocionales se presentarán diferencias significativas entre las emociones positivas y negativas en la potencia relativa en frecuencias específicas (que no comprenderán todo el rango de la banda) de las bandas theta, alfa y beta, en las regiones fronto-temporales y en la zona parietal bilateral.

3) Diversos estudios (Sackeim et al., 1982, y Lee et al., 1993) apoyan la existencia de una especialización hemisférica para las emociones. Por esta razón durante el presente trabajo se espera encontrar lateralización, esto es que las emociones positivas manifiesten un mayor decremento de la potencia absoluta en la banda alfa en el hemisferio izquierdo que en el derecho, en tanto que las emociones negativas manifiesten un mayor decremento de la potencia absoluta en la banda alfa en el hemisferio derecho que en el izquierdo.

#### 4. Materiales y método.

En la presente investigación participaron 40 jóvenes estudiantes sanos (declararon no padecer ninguna enfermedad del sistema nervioso y mostraron electroencefalograma normal), de sexo masculino, diestros, con escolaridad universitaria, con edades entre 20 y 25 años, con un coeficiente intelectual (CI) entre 95 y 126, medido con la escala de inteligencia WAIS. Los registros electroencefalográficos se llevaron a cabo durante tareas emocionales imaginativas en las 20 derivaciones del sistema 10-20 internacional (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 EEG fueron registrados usando un sistema MEDICID-Mind Tracer. Los amplificadores tuvieron un ancho de banda (ventana) de 0.5 a 30 Hz y se utilizaron filtros pasa baja puestos a 50 Hz.

Los estímulos que se aplicaron fueron tres tipos de enunciados presentados en la pantalla de una computadora. El primer tipo de enunciados correspondía a emociones negativas, en todos los casos las situaciones mostradas fueron de frustración (por ejemplo, "Tú recorres todo la ciudad para tomar el autobús, pero llegas 5 minutos tarde"). El segundo tipo de enunciados tenía contenidos emocionales positivos, las situaciones mostradas fueron de amor (por ejemplo, "La más hermosa joven de la universidad te dice que ella esta muy enamorada de tí"). El tercer tipo de enunciados no tenía contenido emocional e incluyeron escenas cotidianas consideradas neutrales (por ejemplo, "Tú escuchas ladrar a un perro a lo lejos"). Para confirmar la validez de los contenidos de las frases, se pidió opinión verbal de una población de alumnos (externos al experimento) sobre el tipo de emoción que generaban las frases, el resultado fue el siguiente:

TIPO DE FRASE	CONSIDERADAS NEUTRAS (%)	CONSIDERADAS POSITIVAS (%)	CONSIDERADAS NEGATIVAS (%)	(%) BIEN CLASIFICADAS
NEUTRO	-	14	1	85
AMOR	0.6	-	-	99.4
FRUSTRACION	9.2	-	-	90.8

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.

Las palabras de los enunciados se formaron con letras de 3 cm. de alto por 2 cm de ancho, de color negro sobre fondo blanco, de molde y todas en mayúsculas, fueron presentadas en un monitor colocado frente al sujeto.

#### PROCEDIMIENTO:

Con respecto al formato de presentación se debe decir que el sujeto estuvo frente al monitor a 40 cm. de distancia del mismo, la frase completa se mostraba en el monitor inmediatamente después de que se oprimía la barra espaciadora. Todas las frases fueron presentadas dos veces. Durante la primera presentación se pedía a los sujetos que imaginaran e indujeran la emoción que la frase les sugería. En caso de los enunciados neutrales se suponía que no inducirían emociones. Cuando los sujetos sentían la emoción, debían presionar la barra espaciadora para la presentación de la misma frase de nuevo e inducir nuevamente la emoción sugerida por la frase, a partir de este momento se registraron dos segundos para el experimento. Para confirmar la generación de las emociones se monitorearon las respuestas autónomas (alteraciones en la frecuencia respiratoria, frecuencia del pulso y respuesta galvánica de la piel) ya que - como se ha mencionado - durante los estados emocionales se espera que

alteren en comparación con los valores del estado de reposo.

Para cada una de las tres condiciones (emoción positiva, emoción negativa y neutra) se presentaron 70 enunciados diferentes. Todos los enunciados de una misma condición eran presentados en un mismo bloque, al terminar se pasaba a la siguiente condición y así hasta la última condición experimental. Se consideraron 6 secuencias para la presentación de los enunciados (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. La presentación a cada sujeto de una de estas secuencias fue en orden secuencial. De esta forma, al primer sujeto se le presentaron primero los 70 enunciados neutros, luego los 70 de amor y por último los 70 enunciados de frustración; al siguiente sujeto se le presentaron primero los enunciados neutros, después los de frustración y finalmente los de amor; así, al séptimo sujeto se le presentaron los enunciados de acuerdo a la primer secuencia, etc.

Del total de sujetos registrados sólo se aceptaron aquellos que tuvieron un EEG libre de artefactos, y una clara actividad de taquicardia (considerándose que los valores normales son de 60 a 80 pulsaciones por minuto), aceleración de la frecuencia respiratoria y/o respiración arritmica (aceptando como valores normales de 16 a 20 respiraciones por minuto) y cambios en la respuesta galvánica de la piel (los valores normales para esta respuesta varían de acuerdo a la sudoración de la persona, por lo que no se pueden estandarizar, por ello fue necesario tomar una medida basal previa a las condiciones experimentales para después compararla con las mismas) Se consideró que los sujetos indujeron la emoción cuando se presentó, por lo menos en una de las respuestas autónomas ya mencionadas una alteración de al menos 15 %. (Fahrenberg et al., 1987).

El EEG fue inspeccionado de manera visual y los segmentos con artefactos fueron excluidos del análisis. Se obtuvo cuando menos un minuto de trazo

electroencefalográfico libre de artefactos para el análisis. El EEG crudo fue sometido a una transformación rápida de Fourier a fin de calcular el poder espectral para bandas estrechas de un hertz de frecuencia de 1.5 a 20.5 Hz (en total 19 bandas de un Hz). Se aplicó el Test Shapiro-Wilk para valorar la normalidad de las medidas, se obtuvo que algunas derivaciones tuvieron 0.6 de  $W$  (la medida para una normalidad perfecta es 1). Para acercar los datos a la normalidad se aplicó una transformación logarítmica, tras lo cual se obtuvo una  $W$  mayor a 0.8. Para la potencia absoluta se obtuvo el logaritmo natural ( $\ln$ ) de  $x$ , en tanto que para la potencia relativa se aplicó el  $\log \{ \langle 1/x \rangle - \langle x \rangle \}$ .

Se realizaron tres comparaciones entre los datos por medio del ANOVA de medidas repetidas, la primera fue entre la condición neutra, la emocional positiva y la emocional negativa; la segunda fue entre las condiciones emocionales positivas y negativas y la última se realizó entre los hemisferios cerebrales. En las dos primeras se utilizaron los datos por cada banda y por cada derivación y en el análisis entre los hemisferios, se compararon solamente regiones homólogas (por ejemplo, Fp1 vs Fp2) en las que se habían encontrado diferencias significativas entre los estados emocionales (estas diferencias debían presentarse en ambas regiones). En los tres casos el análisis se realizó con la corrección de Greenhouse

Finalmente, las diferencias significativas resultantes de la comparación entre las tres condiciones, se compararon para cada frecuencia y región mediante la prueba estandarizada post-hoc de Tukey, que se aplicó para conocer las diferencias específicas entre las condiciones

## 5. Resultados.

La presentación de los resultados esta dividida en dos partes. Los referentes a la potencia absoluta (PA) y los de la potencia relativa (PR).

Los resultados se presentan mencionando la derivación y la banda en la que se encuentran las diferencias estadísticamente significativas, entre paréntesis se muestra el nivel de significancia y el valor de la F de Fisher [por ejemplo: F4 2.6-3.5 Hz (F=3.71 p<.032)]. Por otra parte, en las gráficas se muestran las derivaciones y las bandas en las que se hallaron las diferencias significativas tanto para la PA, como para la PR se presentan tres tipos de gráficas: en las primeras se comparan las tres condiciones (neutro vs frustración vs amor); en las segundas amor vs frustración; y finalmente, se comparan las diferencias halladas entre las regiones homólogas de los hemisferios cerebrales (por ejemplo, Fp1 vs Fp2)

Para facilitar la visualización de los datos se presentan figuras en las que se esquematiza la superficie craneal y en ella se muestran las regiones y las bandas con las diferencias significativas.

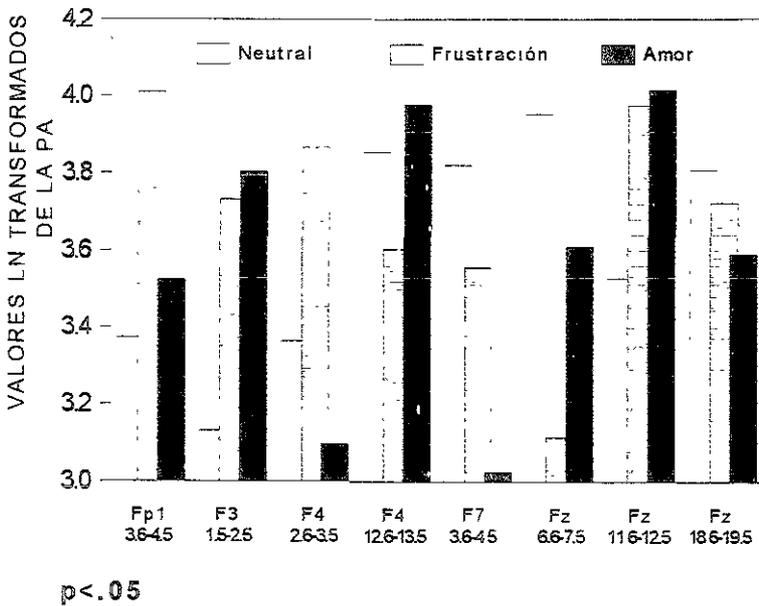
### POTENCIA ABSOLUTA.

#### 1.- DIFERENCIAS ENTRE LAS TRES CONDICIONES

En las gráficas 1 y 2 se muestran las diferencias significativas encontradas entre las 3 condiciones (neutral vs frustración vs amor). Como puede observarse en la gráfica 1 en las regiones frontales se encuentra la mayoría de las diferencias halladas, éstas se dan en regiones y bandas específicas: en la derivación Fp1 la diferencia se encuentra en la banda de 3.6-4.5 Hz con una F de fisher de 4.37 (F=4.37) y una probabilidad menor a .017 (p<.017); en F3 1.5-2.5 Hz (F=3.69 p<.031); en F4 2.6-3.5 Hz (F=3.71 p<.032), 12.6-13.5 Hz (F=3.76 p<.030); en F7 3.6-4.5 Hz (F=4.46 p<.016); en Fz 6.6-7.5 Hz (F=5.47 p<.007), 11.6-12.5

Hz ( $F=4.21$   $p<.021$ ) y 18.6-19.5 Hz ( $F=3.84$   $p<.029$ ). Los valores de la potencia absoluta fueron más altos durante la condición neutral que durante las condiciones emocionales solamente en F7 (3.6-4.5 Hz) y en Fz (6.6-7.5, 18.6-19.5 Hz). Se puede observar que la PA de la condición de amor fue mayor que la de frustración en F3 (1.5-2.5 Hz), F4 (12.6-13.5 Hz) y en Fz (6.6-7.5 y 11.6-12.5 Hz). En tanto que la PA del estado de frustración fue mayor que la de amor en Fp1 (3.6-4.5 Hz), Fz (18.6-19.5 Hz), y en F4 (2.6-3.5 Hz) y F7 (3.6-4.5 Hz) en estas dos últimas derivaciones se dieron las diferencias más grandes entre amor y frustración.

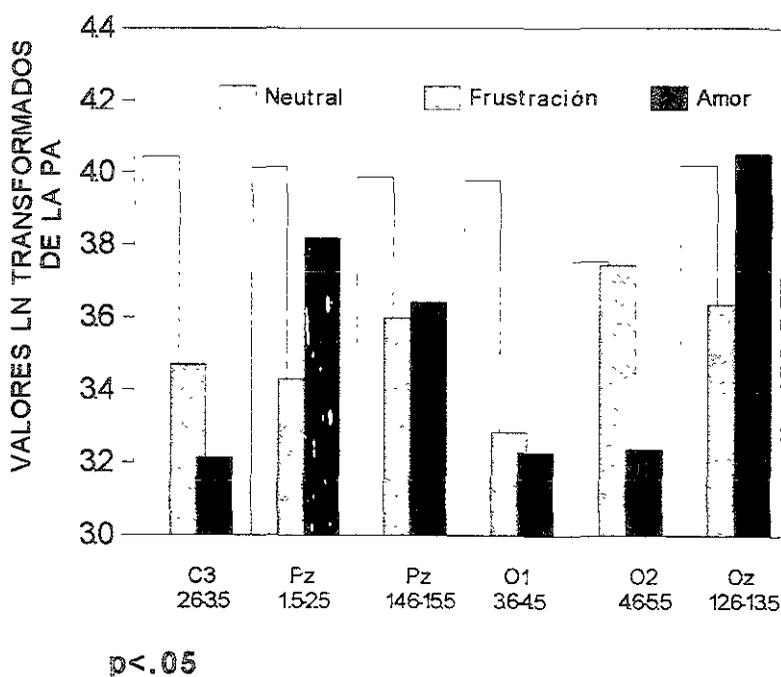
GRÁFICA 1.



Gráfica 1. Diferencias significativas en PA encontradas en las regiones frontales entre las tres condiciones (neutro vs frustración vs amor).

En la gráfica 2 se observan las diferencias significativas entre las condiciones neutral vs frustración vs amor en las regiones central, parietal y occipital. Hubo diferencias en: C3 2.6-3.5 Hz ( $F=4.30$   $p<.019$ ); Pz 1.5-2.6 Hz ( $F=5.29$   $p<.0085$ ) y 14.6-15.5 Hz ( $F= 4.02$   $p<.023$ ); O1 3.6-4.5 Hz ( $F=7.07$   $p<.0019$ ) O2 4.6-5.5 Hz ( $F=3.43$   $p<.041$ ) y en Oz 12.6-13.5 Hz ( $F=3.53$   $p<.038$ ). En estas regiones los valores de la potencia absoluta fueron mayores durante la condición neutral respecto a los emocionales. Es de notar que no se encontraron diferencias significativas entre las tres condiciones en las regiones temporales.

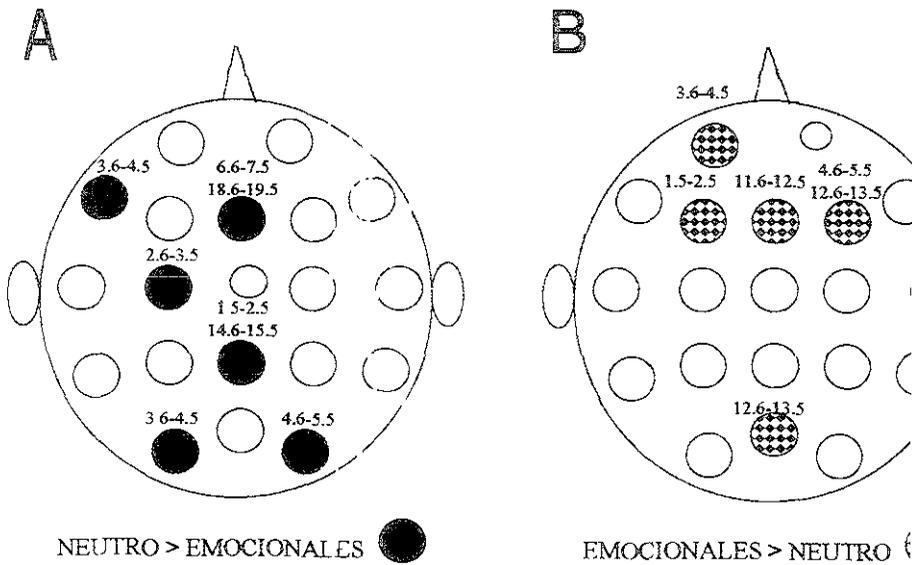
GRÁFICA 2.



Gráfica 2. Diferencias significativas en PA encontradas en las regiones centrales, parietales y occipitales entre las tres condiciones (neutro vs frustración vs amor).

En la figura 8 se muestra un resumen de las regiones y las bandas en las que se encontraron diferencias significativas entre la condición neutra y las emocionales, se puede observar que la PA de la condición emocional es mayor que la neutra principalmente en las regiones frontales; por su parte, la amplitud (PA) de la condición neutra es mayor que la condición emocional en regiones diseminadas por toda la corteza. Con respecto a las bandas de frecuencia no encontramos algún patrón destacable.

FIGURA 8



Regiones y bandas en las que se encontraron diferencias significativas entre los estados emocionales y el neutro. En el panel A se muestra cuando la PA de la condición neutra fue mayor que la emocional, y en el panel B cuando la PA del estado emocional fue mayor que el neutro.

El ANOVA indica si existen diferencias significativas entre las tres condiciones, sin embargo, puede ocurrir que la diferencia sea específica entre dos condiciones solamente. Estas diferencias específicas entre condiciones se obtienen por medio de la prueba post-hoc de Tuckey. Los resultados obtenidos al aplicar esta prueba a la PA se observan en la tabla 2.

La potencia absoluta fue eficiente para distinguir entre la condición neutral y de amor en F3 (1.5-2.5 Hz), C3 (2.6-3.5 Hz.), F7 y O1 (3.6-4.5 Hz) y Fz (11.6-12.5 y 18.6-19.5 Hz), estos datos sugieren que las diferencias se dan en derivaciones del hemisferio izquierdo (F3, C3, F7 y O1) en rangos de frecuencias lentas, en tanto que para Fz se dan en rangos de frecuencia rápidas.

Por otra parte, las diferencias significativas entre la condición neutral y la de frustración se dieron en Pz (1.5-2.5 Hz), Fp1 y O1 (3.6-4.5 Hz), Fz (6.6-7.5 Hz) y en Pz (14.6-15.5 Hz).

Las únicas diferencias encontradas entre las dos condiciones emocionales se localizaron en F4 (2.6-3.5 y 12.6-13.5 Hz)

En O2 (4.6-5.5 Hz) y Oz (12.6-13.5 Hz) no se encontraron diferencias significativas al aplicar la prueba post-hoc de Tuckey, a pesar de que en el ANOVA sí mostraron diferencias significativas. Es muy posible que esto se deba a que la prueba post-hoc de Tuckey es más estricta

TABLA 2. PRUEBA POST-HOC DE TUKEY DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN POTENCIA ABSOLUTA ENTRE LAS TRES CONDICIONES .

BANDAS FR. EN HZ.	DERIV	DIFEREN	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS	
			ESTADO	PROBABILIDAD
1.5-2.5	F3	A>F>N	N vs A	.043
	Pz	N>A>F	N vs F	.0057
2.6-3.5	F4	F>N>A	F vs A	.0255
	C3	N>F>A	N vs A	.0164
3.6-4.5	Fp1	F>A>N	N vs F	.0175
	F7	N>F>A	N vs A	.0134
	O1	N>F>A	N vs F, N vs A	.0079, .0039
4.6-5.5	O2	N>F>A	N vs A	.0648 *
6.6-7.5	Fz	N>A>F	N vs F	.0049
11.6-12.5	Fz	A>F>N	N vs A	.0305
12.6-13.5	F4	A>N>F	F vs A	.0252
	Oz	A>N>F	F vs A	.0524*
14.6-15.5	Pz	N>A>F	N vs F	.0331
18.6-19.5	Fz	N>F>A	N vs A	.0221

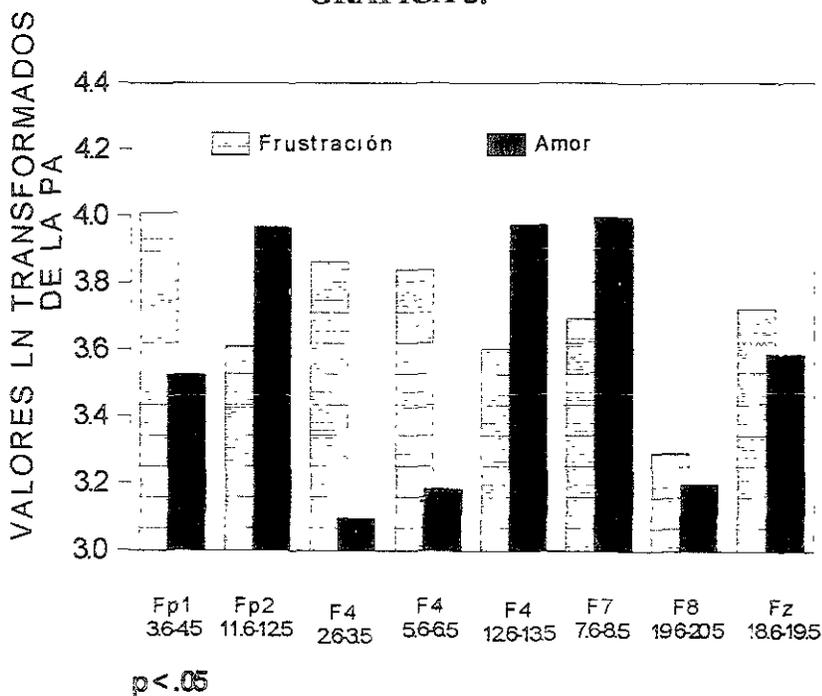
\* no significativas.

## 2.- DIFERENCIAS ENTRE AMOR VS FRUSTRACIÓN.

En la gráfica 3 se muestran las diferencias significativas de la PA encontradas entre las dos condiciones emocionales (amor vs frustración) en las regiones frontales. En Fp1 3.6-4.5 Hz ( $F=5.49$   $p<.0265$ ); en Fp2 11.6-12.5 Hz ( $F=8.96$

$p < .0058$ ); en F4 2.6-3.5 Hz ( $F=11.44$   $p < .0021$ ), 5.6-6.5 Hz ( $F=4.54$   $p < .042$ ) y 12.6-13.5 Hz ( $F=5.36$   $p < .028$ ); en F7 7.6-8.5 Hz ( $F=5.22$   $p < .0302$ ); en F8 19.6-20.5 Hz ( $F=5.07$   $p < .032$ ); y en Fz 18.6-19.5 Hz ( $F=5.30$   $p < .0293$ ). La amplitud fue mayor durante la condición de amor que durante la de frustración en Fp2 (11.6-12.5 Hz), F4 (12.6-13.5 Hz) y F7 (7.6-8.5 Hz), en tanto que lo contrario ocurrió en Fp1 (3.6-4.5 Hz); en F4 (2.6-3.5 y 5.6-6.5 Hz); en F8 (19.6-20.5 Hz); y en Fz (18.6-19.5). Las diferencias más significativas entre las dos condiciones se encontraron en F4 (2.6-3.5, 5.6-6.5 Hz) y en Fp1 (3.6-4.5 Hz).

GRÁFICA 3.

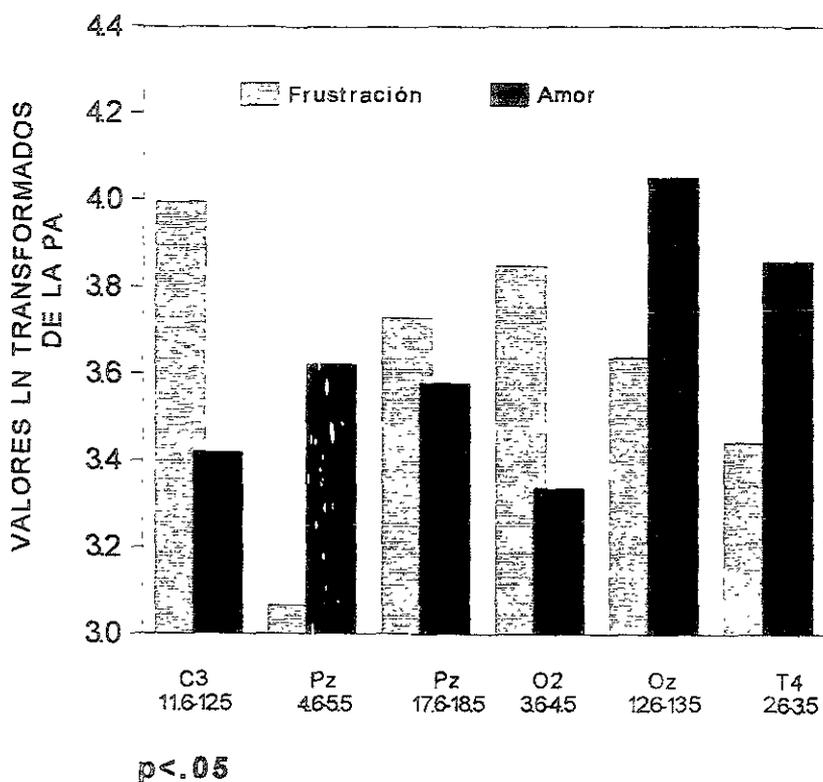


Gráfica 3. Diferencias significativas en PA encontradas en la región frontal entre las condiciones emocionales (amor vs frustración).

En la gráfica 4 se muestran las derivaciones y las bandas en que se encontraron

diferencias significativas entre las situaciones de frustración y de amor en las regiones central, parietal, occipital y temporal. Estas fueron en: C3 11.6-12.5 Hz ( $F=5.01$   $p<.034$ ); Pz 4.6-5.5 Hz ( $F=4.48$   $p<.043$ ), 17.6-18.5 Hz ( $F=6.16$   $p<.019$ ); O2 3.6-4.5 Hz ( $F=5.30$   $p<.029$ ); Oz 12.6-13.5 Hz ( $F=6.33$   $p<.018$ ) y en T4 2.6-3.5 Hz ( $F=4.35$   $p<.046$ ). Los datos encontrados no muestran ninguna tendencia ya que en la mitad de estos la amplitud (PA) fue mayor para la condición de amor y para la otra mitad la PA de la condición de frustración fue mayor.

GRÁFICA 4.



Gráfica 4. Diferencias significativas en PA en las regiones parietal, central, occipital y temporal entre las condiciones emocionales (amor vs frustración).

En la figura 9 se muestra de manera resumida las bandas y las regiones en que se encontraron diferencias significativas entre las condiciones de amor vs frustración. En el panel A se presentan las derivaciones en que la PA de amor fue mayor que la de frustración, como ya se mencionó se observa que se encuentran distribuidas en diferentes bandas y regiones, sin identificarse un patrón consistente de activación. En el panel B se muestran las derivaciones donde la PA de la condición de frustración fue mayor a la de amor. Tampoco hay un patrón consistente.

FIGURA 9.

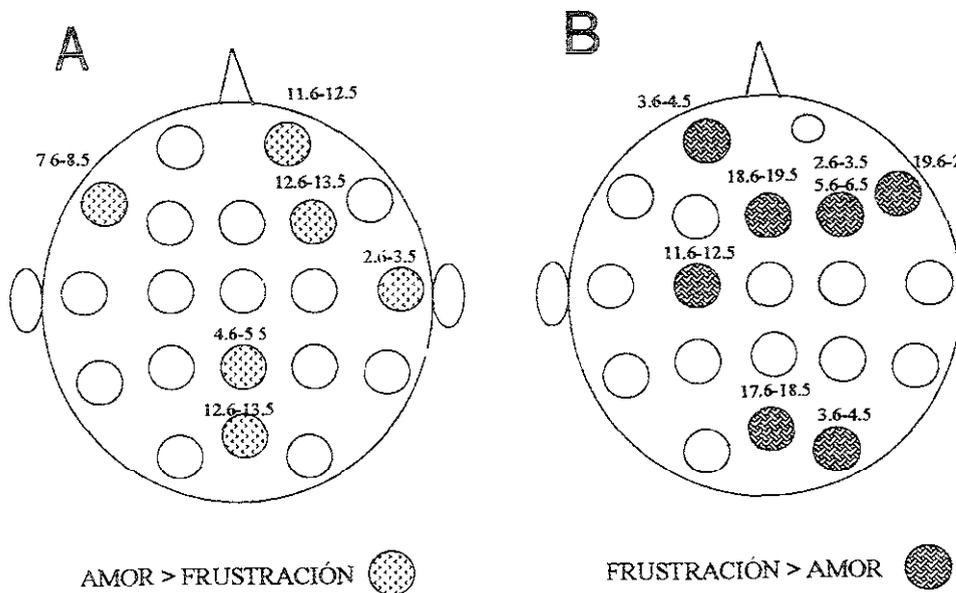


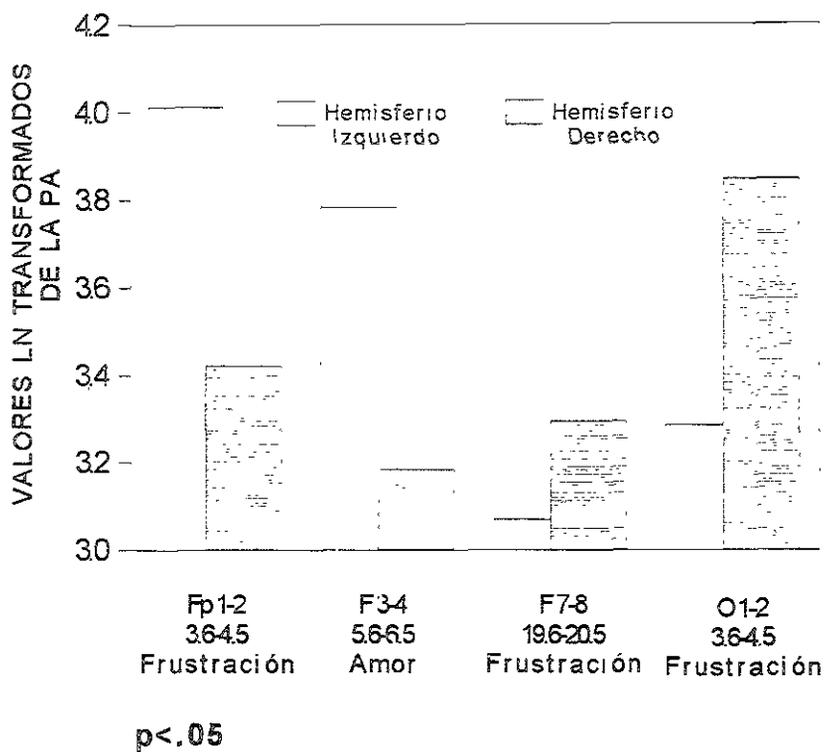
Figura 10. Regiones y bandas en que se encontraron diferencias significativas entre los estados emocionales (amor vs frustración). En el panel A la PA de la condición de amor fue mayor que la de frustración; en el panel B la PA de la condición de frustración fue mayor que la de amor.

### 3.- DIFERENCIAS ENTRE REGIONES HOMÓLOGAS.

En la gráfica 5 y en la figura 10 se pueden observar aquellas regiones donde hubo diferencias significativas entre los hemisferios para cada emoción. Las diferencias encontradas para la frustración se dieron entre: Fp1 vs Fp2 en 3.6-4.5 Hz ( $F=4.81$   $p<.0368$ ); F7 vs F8 19.6-20.5 Hz ( $F=11.35$   $p<.0023$ ) y O1 vs O2 3.6-4.5 Hz ( $F=5.40$   $p<.0276$ ); y durante la condición de amor entre F3 vs F4 en 5.6-6.5 Hz ( $F=5.55$   $p<.0257$ ).

Durante la condición de frustración disminuye la PA en la región frontopolar en el hemisferio derecho, esto concuerda con la teoría de la especialización hemisférica, no así los demás datos. En F3 vs F4 se da un decremento de la PA durante la condición de amor en el hemisferio derecho, mientras que en F7 vs F8 y O1 vs O2 la PA durante la condición de frustración sufre un decremento en el hemisferio izquierdo. O sea, la supresión (disminución de PA) descrita para estímulos emocionales negativos se cumple solamente en la región frontopolar, esto se puede observar en la figura 10.

GRÁFICA 5.



Gráfica 5. Diferencias interhemisféricas en PA encontradas entre las regiones homólogas para las condiciones de amor y frustración

FIGURA 10.

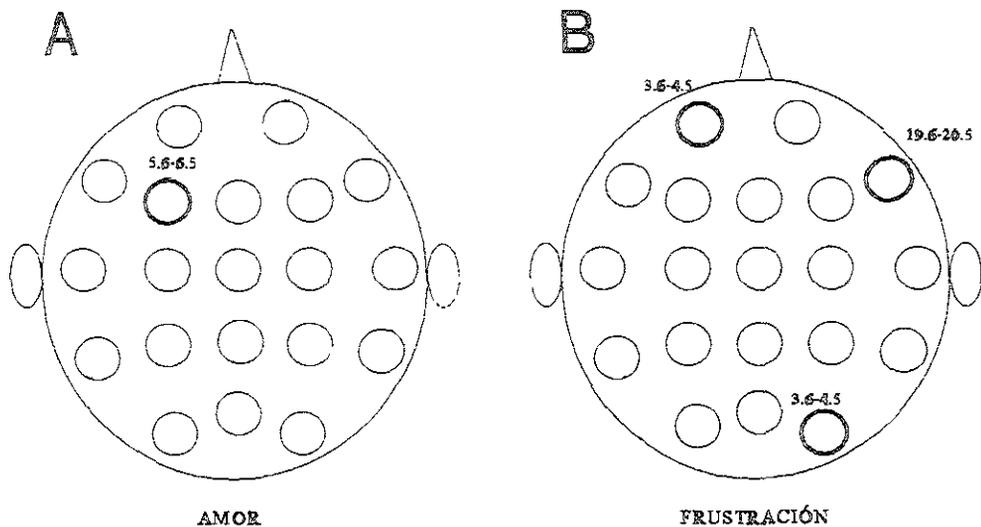


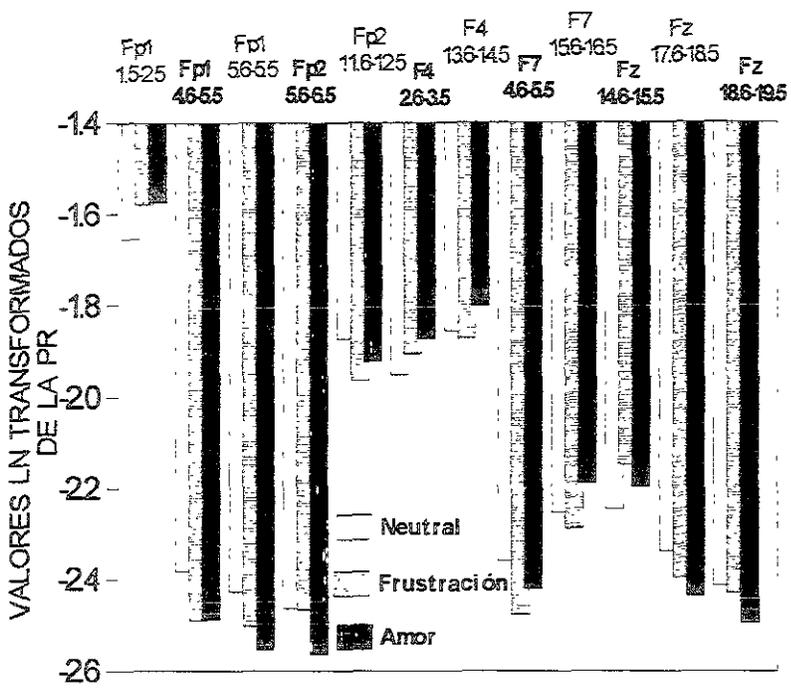
Figura 10. Diferencias interhemisféricas en PA encontradas, por región y banda durante la condición de amor (panel A) y la de frustración (panel B), el círculo remarcado indica en qué hemisferio fue mayor la PA.

## POTENCIA RELATIVA.

### 1.- DIFERENCIAS ENTRE LAS TRES CONDICIONES.

En la gráfica 6 se pueden observar las diferencias significativas encontradas entre las tres condiciones (neutra vs frustración vs amor), en las regiones frontales. Es de notar que las diferencias se dan en todas las regiones frontales excepto F3 y F8. Las bandas en que se dan estas diferencias son: en Fp1 1.5-2.5 Hz (F=11.19 p<.00013), 4.6-5.5 Hz (F=6.86 p<.0023) y 5.6-6.5 Hz (F=5.06 p<.0100); en Fp2 5.6-6.5 Hz (F=3.39 p<.041) y 11.6-12.5 Hz (F=3.68 p<.032); en F4 2.6-3.5 Hz (F=4.68 p<.014) y 13.6-14.5 Hz (F=3.61 p<.034); en F7 4.6-5.5 Hz (F=4.45 p<.016) y 15.6-16.5 Hz (F=3.48 p<.038); en Fz 14.6-15.5 Hz (F=4.15 p<.022), 17.6-18.5 Hz (F=3.58 p<.035) y 18.6-19.5 Hz (F=4.68 p<.014). Dado que los valores promedio de la potencia relativa fueron transformados logarítmicamente ( $\log \{ \langle 1/x \rangle - \langle x \rangle \}$ ) (se obtuvo el logaritmo de la diferencia de la inversa de cada valor menos el valor mismo), se obtuvieron valores negativos y, por lo tanto en las gráficas 6-10, las columnas más pequeñas representan valores más grandes de potencia relativa (PR). En la gráfica 6 se observa que la condición neutra tuvo valores más pequeños que las condiciones emocionales en Fp1 (1.5-2.5 Hz), F4 (2.6-3.5 Hz) y en Fz (14.6-15.5 Hz); por su parte, la PR de la condición de amor fue menor que la de frustración en Fp1 (5.6-6.5 Hz), Fp2 (5.6-6.5 Hz), Fz (14.6-15.5, 17.6-18.5, y en 18.6-19.5 Hz); finalmente, los valores del estado de frustración fueron menores que los de amor en Fp2 (11.6-12.5 Hz), F4 (2.6-3.5, 13.6-14.5Hz) y en F7 (4.6-5.5, 15.6-16.5 Hz).

GRÁFICA 6.



p < .05

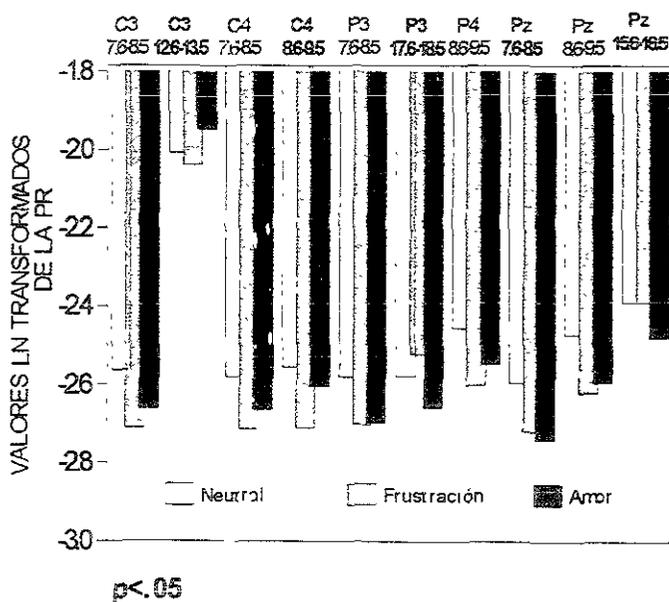
Gráfica 6. Diferencias significativas en la PR entre las tres condiciones experimentales (neutro vs frustración vs amor) encontradas en las regiones frontales

En la gráfica 7 se muestran las diferencias significativas en las regiones centrales y parietales entre las condiciones neutras, de frustración y de amor.

Las regiones y frecuencias en las que se encontraron estas diferencias son: C3 7.6-8.5 Hz (F=4.65 p<.013) y 12.6-13.5 Hz (F=4.61 p<.015); C4 7.6-8.5 Hz

( $F=5.87$   $p<.0049$ ) y 8.6-9.5 Hz ( $F=5.15$   $p<.0089$ ); P3 7.6-8.5 Hz ( $F=3.49$   $p<.037$ ) y 17.6-18.5 Hz ( $F=4.59$   $p<.015$ ); P4 8.6-9.5 Hz ( $F=3.47$   $p<.038$ ); y Pz 7.6-8.5 Hz ( $F=5.03$   $p<.010$ ), 8.6-9.5 Hz ( $F=4.59$   $p<.014$ ) y 15.6-16.5 Hz ( $F=5.30$   $p<.029$ ). En estas regiones se encontró una disminución en los valores de la potencia relativa para las condiciones emocionales en relación con la condición neutral. Es importante mencionar que en C3 12.6-13.5 Hz se registraron los valores más altos de la PR de las zonas central y parietal; el valor promedio de los tres estados en la zona citada fue de -1.9, en comparación con las demás zonas y bandas cuyo promedio fue de -2.5. Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas entre las tres condiciones en Cz, O1, O2 y en Oz

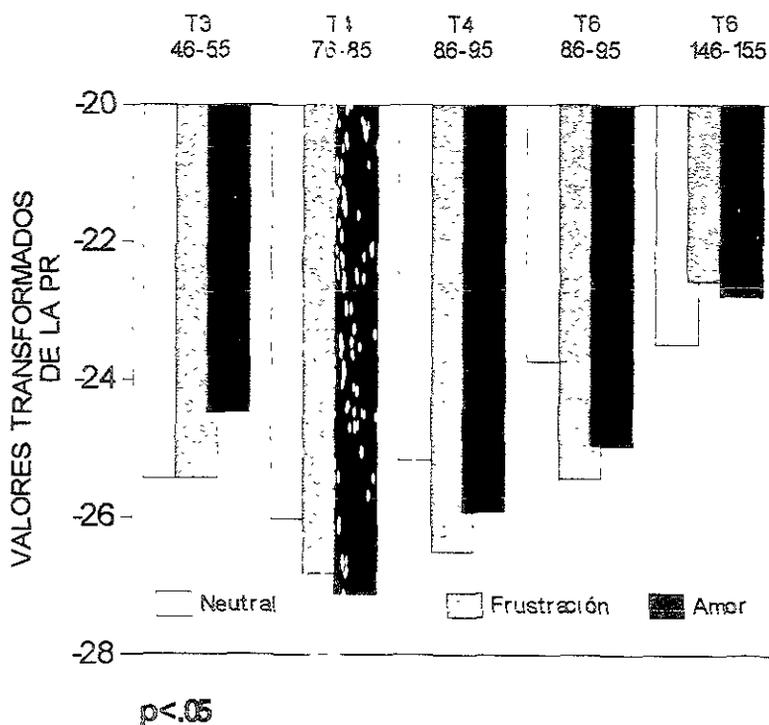
GRÁFICA 7.



Gráfica 7 Diferencias significativas en la PR encontradas en las regiones centrales, parietales y occipitales entre las tres condiciones (neutro vs frustración vs amor).

En la gráfica 8 se presentan las diferencias significativas encontradas entre las tres condiciones experimentales en la región temporal. Estas diferencias fueron encontradas en T3 4.6-5.5 Hz ( $F=3.99$   $p<.025$ ); en T4 7.6-8.5 Hz ( $F=4.16$   $p<.021$ ) y 8.6-9.5 Hz ( $F=3.94$   $p<.025$ ); y T6 8.6-9.5 Hz ( $F=4.66$   $p<.013$ ) y 14.6-15.5 Hz ( $F=4.01$   $p<.023$ ). Se puede observar una ligera tendencia (tres de cinco) hacia una disminución de la actividad durante la condición emocional en comparación con la actividad que se genera durante la condición neutral. No se encontraron diferencias significativas en la región de T5.

GRÁFICA 8.



Gráfica 8. Diferencias significativas en la PR encontradas en las regiones temporales entre las tres condiciones (neutro vs frustración vs amor).

En la figura 11 se muestra de manera gráfica las derivaciones en las que se encontraron diferencias significativas de PR entre las condiciones emocionales y la neutra. Se puede observar que hay 17 datos en los que la condición neutra tuvo mayor PR que la emocional, y 9 datos en los que los estados emocionales mostraron mayor PR que la condición neutra. En esta figura, tampoco es fácil detectar un patrón de actividad.

FIGURA 11.

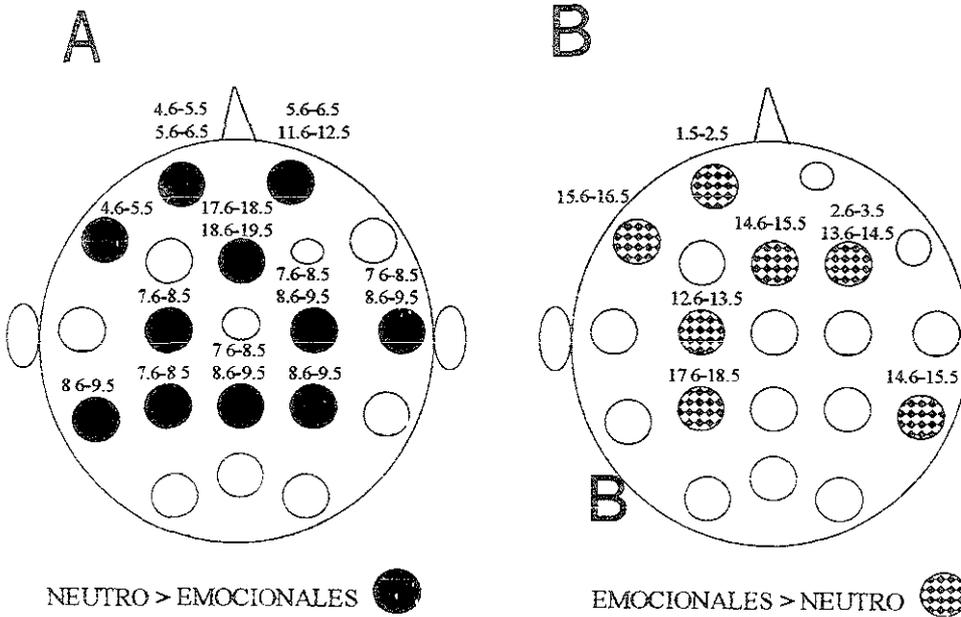


Figura 11. Regiones y bandas en las que se encontraron diferencias significativas en la PR entre los estados emocionales y el neutro. En el panel A se muestra cuando la PR de la condición neutra fue mayor que la emocional, y en el panel B cuando la PR del estado emocional fue mayor que el neutro.

Nuevamente, se aplicó la prueba post hoc de Tuckey para valorar las diferencias específicas entre las condiciones. Los resultados obtenidos al aplicar

esta prueba a la PR se observan en la tabla 3.

En total se encontraron 27 diferencias significativas, 18 de las cuales presentan una PR mayor durante la situación neutral en comparación con los dos estados emocionales. Se puede observar que en la región frontopolar izquierda en el rango de las bandas delta y theta, y en Pz en el rango de la alfa la situación neutral difiere de las emocionales, más no se detectaron diferencias entre las dos condiciones emocionales.

La condición de amor fue significativamente diferente que la neutral en Fp1 (1.5-2.5, 4.6-5.5 y en 5.6-6.5 Hz); Fp2 (5.6-6.5 Hz); F4 (2.6-3.5 Hz); Fz (17.6-18.5 y 18.6-19.5 Hz); T3 (4.6-5.5 Hz), T4 (7.6-8.5 Hz); y Pz (7.6-8.5 Hz).

En tanto que la condición de frustración fue significativamente diferente que la neutral en Fp1 (1.5-2.5, 4.6-5.5 Hz); Fp2 (11.6-12.5 Hz); F7 (4.6-5.5 Hz); Fz (14.6-15.5 Hz), C3 (7.6-8.5 Hz); C4 (7.6-8.5, 8.6-9.5 Hz); P3 (7.6-8.5 Hz); P4 (8.6-9.5 Hz); Pz (7.6-8.5, 8.6-9.5 y 15.6-16.5 Hz); T4 (8.6-9.5 Hz); y T6 (8.6-9.5 y 14.6-15.5 Hz). Diferencias significativas entre los estados emocionales positivos y negativos fueron observados únicamente en F4 (13.6-14.5 Hz); F7 (15.6-16.5 Hz); T3 (4.6-5.5 Hz); C3 (12.6-13.5 Hz); y en P3 (17.6-18.5 Hz).

En Fp2 (5.6-6.5 Hz) y P3 (7.8-8.6 Hz) no se encontraron diferencias significativas por medio de la prueba de Tuckey, a pesar de haberlas demostrado por la prueba de ANOVA repetida (la prueba de Tuckey tal vez es más estricta).

TABLA 3. PRUEBA POST-HOC DE TUCKEY DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN POTENCIA RELATIVA ENTRE LAS TRES CONDICIONES.

FRECUENCIA EN HZ.	DERIV.	DIFEREN.	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS	
			ESTADO	PROBABILIDAD
1.5-2.5	Fp1	A>F>N	N vs F, N vs A	.0007, .0003
2.6-3.5	F4	A>F>N	N vs A	.0097
4.6-5.5	Fp1	N>A>F	N vs F, N vs A	.0055, .0071
	F7	N>A>F	N vs F	0.0116
	T3	A>F=N	N vs A, F vs A	.0451, .0464
5.6-6.5	Fp1	N>F>A	N vs A	.0072
	Fp2	N>F>A	N vs A	.0651 *
7.6-8.5	T4	N>F>A	N vs A	.0194
	C3	N>A>F	N vs F	.0111
	C4	N>A>F	N vs F	.0038
	P3	N>A>F	N vs F	.0592 *
	Pz	N>F>A	N vs F, N vs A	.0389, .0132
8.6-9.5	C4	N>A>F	N vs F	.0076
	P4	N>A>F	N vs F	.0307
	Pz	N>A>F	N vs F	.0174
	T4	N>A>F	N vs F	.019
	T6	N>A>F	N vs F	.0123

## CONTINUACIÓN DE LA TABLA 3.

FRECUENCIA EN HZ.	DERIV.	DIFEREN.	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS.	
			ESTADO	PROBABILIDAD
11.6-12.5	0	N>F>A	N vs F	.0241
12.6-13.5	C3	A>N>F	F vs A	.0119
13.6-14.5	F4	A>N>F	F vs A	.0347
14.6-15.5	Fz	F>A>N	N vs F	.0154
	T6	F>A>N	N vs F	.0245
15.6-16.5	F7	A>N>F	F vs A	.0317
	Pz	N=F>A	N vs F	.0183
17.6-18.5	Fz	N>F>A	N vs A	.0271
	P3	F>N>A	F vs A	.0107
18.6-19.5	Fz	N>F>A	N vs A	.0156

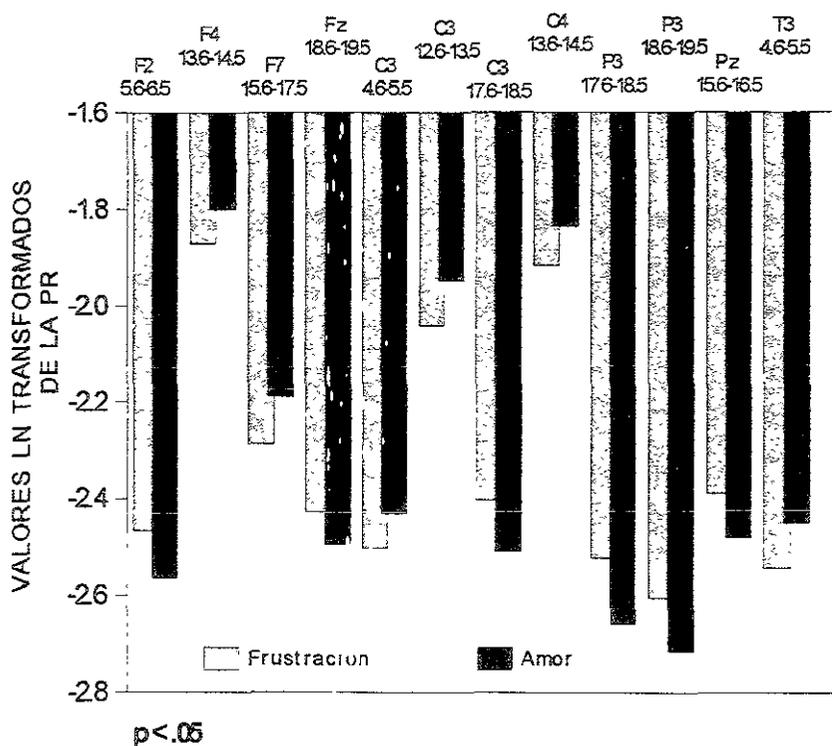
\* no significativo

## 2.- DIFERENCIAS ENTRE AMOR VS FRUSTRACIÓN.

En la gráfica 9 se muestran las diferencias significativas en la potencia relativa encontradas entre las dos situaciones emocionales (frustración vs amor). Se puede observar que la potencia relativa de la condición de frustración fue mayor que la de amor en: Fp2 5.6-6.5 Hz ( $F=6.51$   $p<.0165$ ); Fz 18.6-19.5 Hz ( $F=5.7$   $p<.023$ ); C3 17.6-18.5 Hz ( $F=7.39$   $p<.0113$ ); P3 17.6-18.5 Hz ( $F=10.7$   $p<.0029$ ) y 18.6-19.5 Hz ( $F=6.07$   $p<.020$ ) y Pz 15.6-16.5 Hz ( $F=5.30$   $p<.029$ ). Por su parte, la potencia relativa de la condición de amor fue mayor que la d

frustración en las siguientes derivaciones y frecuencias: F4 13.6-14.5 Hz ( $F=6.40$   $p<.0174$ ); F7 15.6-16.5 Hz ( $F=7.04$   $p<.013$ ); C3 4.6-5.5 Hz ( $F=4.66$   $p<.040$ ) y 12.6-13.5 Hz ( $F=6.74$   $p<.0151$ ); C4 13.6-14.5 Hz ( $F=7.44$   $p<.0111$ ); y T3 4.6-5.5 Hz ( $F=6.44$   $p<.0170$ ).

GRÁFICA 9.



Gráfica 9. Diferencias significativas en PR en las regiones frontal, parietal, central, y temporal entre las condiciones emocionales (amor vs frustración).

En la figura 12 se muestran las regiones y las bandas en las que se localizaron las diferencias estadísticamente significativas en la PR durante los estados emocionales positivos vs negativos

FIGURA 12.

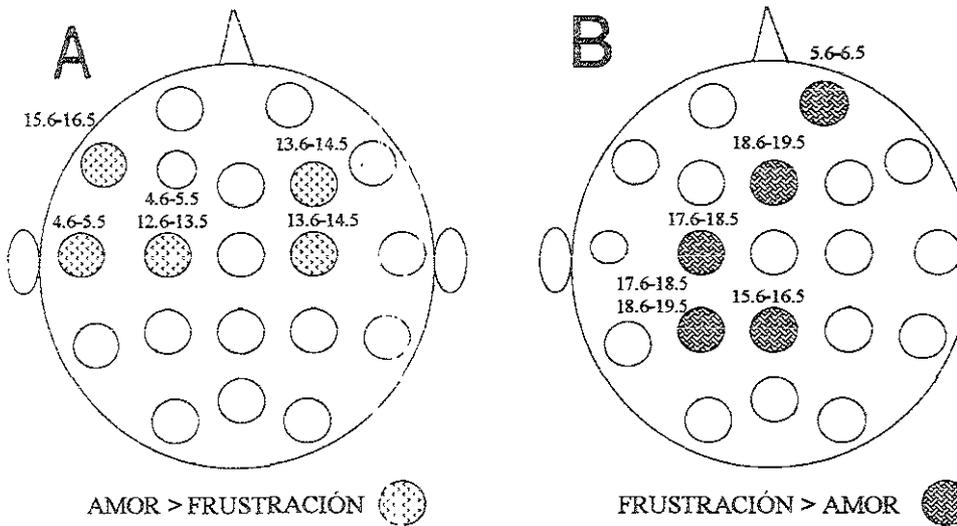


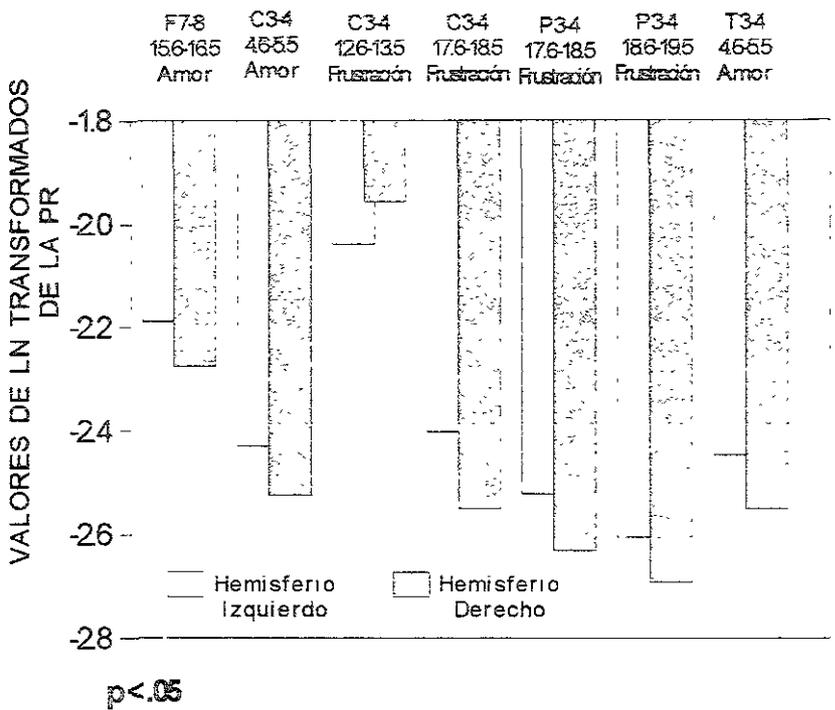
Figura 12. Regiones y bandas en que se encontraron diferencias significativas entre los estados emocionales (amor vs frustración). En el panel A la PR de la condición de amor fue mayor que la de frustración; en el panel B la PR de la condición de frustración fue mayor que la de amor.

### 3.- DIFERENCIAS ENTRE REGIONES HOMÓLOGAS.

Finalmente, se realizó un análisis interhemisférico en aquellas regiones y bandas en las que se encontraron diferencias entre los estados emocionales, para ello se compararon las derivaciones homólogas (por ejemplo, dado que en C3 17.6-18.5 se encontraron diferencias entre los 2 estados emocionales, para el análisis interhemisférico se comparó C3 contra C4 en la banda 17.6-18.5); los resultados de este análisis se muestran en la gráfica 10. Durante la condición de amor se encontraron diferencias significativas en F7-F8 15.6-16.5 Hz ( $F=5.96$

$p < .021$ ); C3-C4 4.6-5.5 Hz ( $F=14.16$   $p < .0008$ ) y T3-T4 4.6-5.5 Hz ( $F=9.01$   $p < .0056$ ). Por su parte durante la frustración tales diferencias se encontraron entre C3-C4 12.6-13.5 Hz ( $F=5.25$   $p < .030$ ), 17.6-18.5 Hz ( $F=10.45$   $p < .0032$ ) y P3-P4 17.6-18.5 Hz ( $F=9.24$   $p < .0052$ ) y 18.6-19.5 Hz ( $F=9.49$   $p < .0047$ ). Para ambos tipos de emociones, se observaron valores mayores de la potencia relativa en el hemisferio izquierdo respecto al derecho con la única excepción de C3-C4 12.6-13.5 Hz, en el cual la potencia relativa del hemisferio izquierdo fue menor

GRÁFICA 10.



Gráfica 10. Diferencias interhemisféricas en PR encontradas entre las regiones homólogas para las condiciones de amor vs frustración.

En la figura 13 se muestran las zonas y bandas en las que se encontraron las diferencias entre los hemisferios durante los estados de amor y de frustración. Para ambos estados el hemisferio izquierdo mostró PR más alta. Sólo para C

(12.6-13.5 Hz) durante la frustración se encontró una PR más alta en el hemisferio derecho.

FIGURA 13.

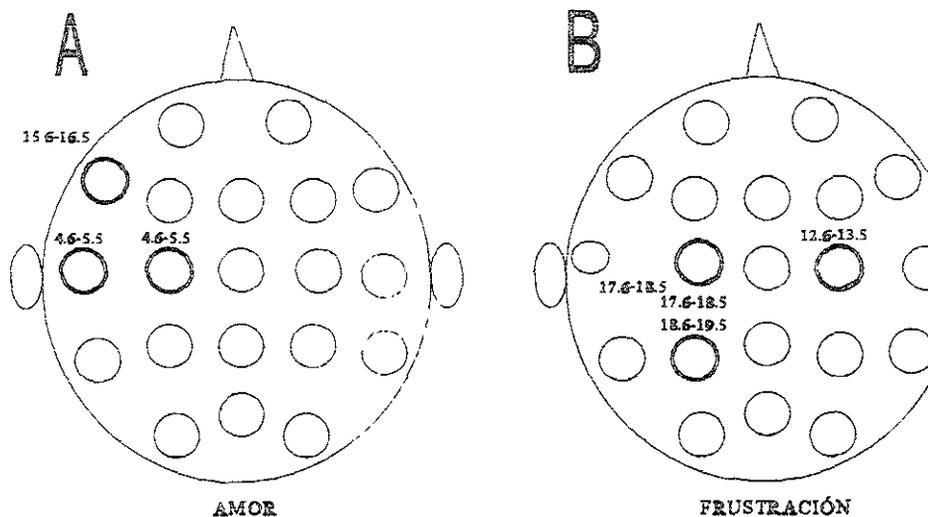


Figura 13. Diferencias interhemisféricas encontradas, por región y banda durante la condición de amor (panel A) y la de frustración (panel B), el círculo remarcado indica en qué hemisferio fue mayor la PR

## 6. DISCUSIÓN.

En las últimas décadas la investigación sobre la conducta emocional muestra una tendencia continuamente creciente. Surgen estudios de diferentes áreas de la biología, psicología y antropología que abarcan los temas más variados, como las expresiones faciales, la relación de las emociones con enfermedades psicosomáticas, o la educación para la inteligencia emocional. Obviamente, los estudios que se ocupan de las manifestaciones electroencefalográficas de las emociones también aumentan en número. Desgraciadamente, los resultados producidos en parte son complejos y a veces contradictorios, y en parte no presentan datos completos de medidas paramétricas del EEG. Así tenemos que algunos estudios solamente se ocupan del comportamiento del lóbulo frontal durante la conducta emocional. Lo anterior hace muy difícil la interpretación de datos tan complejos como los que el EEG suele producir. Adicionalmente, cada investigador usa diferentes técnicas y tiene objetivos muy variados, sin hablar de que el análisis con medidas de banda ancha es el tradicional en los estudios electroencefalográficos. En la presente investigación consideramos que el análisis con bandas anchas es inadecuado por las razones que en seguida se explican.

El antecedente directo de este estudio con análisis de banda estrecha fue un trabajo realizado en nuestro laboratorio, en el cual se evidenció que las medidas de frecuencia media reflejan con mayor eficacia los cambios producidos por las emociones (Marosi et al. en prensa). Dicho estudio reveló que durante las emociones ocurren cambios sutiles en las frecuencias, los cuales no se dan a lo largo de todo el rango de las bandas y se presentan en forma sinérgica entre las bandas delta, theta y beta, resultando en aumento o disminución selectiva de dichas frecuencias. Dados estos datos, era lógico suponer que las medidas de

banda estrecha serían más adecuadas para trabajar con emociones, ya que los cambios sutiles en las frecuencias se enmascararían al promediar varias frecuencias en una banda. Por consecuencia, decidimos trabajar con el análisis de bandas estrechas, sin embargo, por la falta de estudios previos con este análisis, nos vemos forzados a referirnos en la discusión a los resultados obtenidos con el de banda ancha.

En el presente estudio se aplicó la técnica de inducción afectiva que es ampliamente aceptada aunque - como todas las otras técnicas - tiene ciertas limitaciones. Una de éstas limitaciones que se relaciona con estudios de la conducta emocional es la variabilidad intersujeto, que hace que las respuestas sean difíciles de estudiar objetivamente (Drevert y Raichle, 1995). Por ejemplo, en nuestro estudio utilizamos frases que considerábamos generaban emociones positivas, negativas o neutras, para corroborarlo pedimos a un grupo de estudiantes que evaluaran estas frases. La interpretación de los sujetos mostró que las frases no eran tan adecuadas como esperábamos, especialmente en el caso de las frases neutras, donde solamente el 85% fueron consideradas realmente neutras, pues por ejemplo la frase "a lo lejos un perro ladra" que consideramos neutra, fue marcada como negativa por algunos sujetos. El 15 % restante de frases neutras fue considerado como frases positivas, aunque se admitió que la intensidad de emoción positiva era menor que en el caso de las frases de amor. Los estímulos de frustración (91%) y alegría de amor (99.4%) fueron más adecuados.

La variabilidad intersujeto en la conducta emocional podría tener una base neurofisiológica. Así, de acuerdo con la teoría de Ledoux, hay dos vías en el procesamiento de las emociones: la cortical y la subcortical. Este autor propone que el procesamiento subcortical es equivalente entre los sujetos y la gran variabilidad que se presenta se debe al procesamiento en la vía cortical (LeDoux,

1989, 1995, cit. en Teasdale, 1999). Como nuestro estudio fue realizado con EEG y éste instrumento refleja cambios corticales, debemos tener presente la variabilidad mencionada en el procesamiento cortical durante la interpretación de nuestros resultados.

### POTENCIA ABSOLUTA (PA):

Se considera que la conducta emocional se procesa en el sistema límbico. Estudios previos con TEP (Schneider et al., 1995; Lane et al., 1997) y con EEG (Wheeler et al., 1993; Tomarken et al., 1990) sugieren que los lóbulos frontal y temporal juegan un importante papel durante los estados emocionales fásicos con predominio del hemisferio derecho (Spence et al., 1996). Nuestro estudio (gráfica 1) revela abundante participación de las regiones frontales en el procesamiento de la conducta emocional en todas las derivaciones frontales excepto F8 y Fp2. Exactamente en la forma esperada, las frecuencias involucradas nunca cubren el rango total de frecuencias de las bandas anchas. Se observaron más cambios dentro de la banda delta (1.5-2.6 en F3; 2.6-3.5 en F4; y 3.6-4.5 en Fp1 y F7), aunque las bandas theta (6.6-7.5), alfa (11.6-12.5) y beta (18.6-19.5) también están involucradas en estos cambios en Fz.

Dados estos resultados no podemos estar de acuerdo con Spence et al. (1996) en cuanto a que en el hemisferio derecho se reflejan más los estados emocionales.

Es de notar que en el estudio con análisis de banda ancha de Marosi et al. (en prensa) no se encontraron diferencias entre las condiciones emocionales y las neutras en las regiones frontales, que este estudio con análisis de banda estrecha sí mostró. Ambos estudios son similares salvo por el método de análisis por lo cual podemos atribuir las diferencias en los resultados al tipo de análisis

utilizado.

Otro hallazgo que ha tenido mucha aceptación en la investigación de la conducta emocional es que hay supresión de alfa en la región frontal derecha durante las emociones negativas y en el izquierdo durante las emociones positivas (Davidson, 1992, 1994, 1998). Estos estudios se realizaron con análisis de banda ancha, así que no se espera que coincidiera con nuestros resultados que revelaron más bien alternancia hemisférica al comparar frustración con amor (gráfica 3). Valores de PA menores durante la condición de amor vs la de frustración se observan en Fp1 (en frecuencia de 3.6-4.5 Hz), en F4 (2.6-3.5 y 5.6-6.5Hz), en F8 (19.6-20.5 Hz) y en Fz (18.6-19.5 Hz). Valores de PA menores durante la condición de frustración vs la de amor se obtuvieron en Fp2 (11.6-12.5Hz), F4 (12.6-13.5 Hz) y F7 (7.6-8.5 Hz.). Como muestran los datos, coincidimos con la suposición de Davidson (de que las emociones negativas las refleja la supresión de la banda alfa del lado derecho y viceversa) solamente en Fp2. Con respecto a las demás derivaciones el único cambio que se observa dentro de la banda alfa se da en F7. En este estudio se observaron cambios relacionados con las emociones en F4, pero en sentido opuesto a la teoría de Davidson. Debemos recalcar otra vez que, al comparar frustración vs amor no obtuvimos evidencias que muestren cambios en todas las frecuencias de una banda, sino que dichos cambios son específicos a ciertas frecuencias muy delimitadas.

A fin de no dejar dudas sobre la participación diferencial de los hemisferios en el procesamiento de las emociones positivas y negativas, se calcularon también las diferencias entre las áreas homólogas. Se observó que en la región frontopolar en la frecuencia de 3.6-4.5 Hz., la condición de frustración mostró menor PA en el lado derecho que en el izquierdo (dato que coincide con los hallazgos de Davidson) y en el lado izquierdo en F7<F8 pero en frecuencias que

corresponden a la banda beta (19.6-20.5 Hz.) y en la región occipital ( $O1 < O2$ ) en frecuencia delta 3.5-4.5 Hz. El amor mostró diferencias hemisféricas solamente en la región frontal ( $F3 < F4$ ) en el rango de frecuencia theta (5.6-6.5). Al obtener estos resultados con las medidas de banda estrecha, se hace evidente que el análisis de banda ancha no refleja que los cambios ocurren en frecuencias muy delimitadas.

Hasta este momento hemos hablado de la región frontal, pero no es la única que presenta cambios en el EEG durante las emociones. Un estudio con TEP realizado por Reiman et al. (1993) reportó aumento de flujo sanguíneo en la región bitemporal durante tareas emocionales generadas visualmente. En nuestro estudio sólo encontramos un dato significativo en la región temporal derecha al comparar frustración contra amor en la banda delta (2.6-3.5 Hz) observándose que la condición de amor tuvo mayor potencia absoluta que la de frustración. Este dato apoya parcialmente los hallazgos de Reiman, pues se esperaba mayor participación del lóbulo temporal, como parte del sistema límbico.

Smith et al. (1987) en un estudio con TEP hallaron activación parietal durante tareas emotivas. Nuestros resultados mostraron participación del lóbulo parietal solamente en Pz (gráficas 2 y 4), con mayor PA para la condición de amor vs la de frustración en la banda theta (4.6-5.5 Hz) y menor PA en la banda beta (17.6-18.5 Hz).

No se han reportado datos previos sobre participación del lóbulo occipital en la conducta afectiva. Nuestros resultados revelan que O1 (en 3.6-4.5 Hz), O2 (en 4.6-5.5 Hz) y Oz (en 12.6-13.5 Hz) reflejaron también cambios durante las tareas emotivas. Dado que nuestros estímulos fueron dados en forma visual, puede explicarse la participación del lóbulo occipital.

Finalmente, Bekkedal et al (1997) propusieron que el poder absoluto es

menor durante las tareas emotivas que durante la condición neutra en las bandas alfa y theta en las regiones frontales. Nuestros resultados coinciden con esta observación, pero solamente en las regiones posteriores (véase gráfica 2). En la región frontal esta observación se cumple solamente para Fz (6.6-7.5 Hz.) y F7 (3.6-4.5 Hz) (véase gráfica 1).

Con base en estos resultados podemos concluir que no es aconsejable estudiar la relación del EEG con la conducta emotiva utilizando solamente medidas de banda ancha, ni esperando únicamente supresión de la banda alfa en región frontal, pues como se ha mostrado, los cambios ocurren en frecuencias específicas que nunca cubren el rango completo de las bandas tradicionales. Y la participación de los lóbulos frontales es muy importante, pero no se puede dejar de lado la actividad de los temporales y parietales e incluso de la zona occipital. También podemos concluir que el procesamiento de las emociones es producto de un entrelazamiento de frecuencias y regiones específicas, que no se localizan solamente en el hemisferio izquierdo o en el derecho según el tipo de emoción.

### **POTENCIA RELATIVA (PR):**

La medida de poder relativo refleja la participación de cada frecuencia de EEG en la tarea ejecutada. Suponemos que un aumento de los valores de potencia relativa significa una mayor participación funcional de una frecuencia en particular. Desgraciadamente, no hay reportes ni siquiera de estudios de análisis de banda ancha para comparar nuestros resultados con los previos. Por esta razón nos referiremos tanto a estudios de potencia absoluta como a estudios anatómicos para discutir los resultados.

Al igual que en el caso de potencia absoluta lo más abundante es la

participación del lóbulo frontal (gráfica 6) con frecuencias que corresponden a las bandas theta y beta y del lóbulo parietal con frecuencias de las bandas alfa y beta (gráfica 7). Estos hallazgos se relacionan con los estudios de TEP de Schneider et al. (1995), Lane et al. (1997) y Smith et al. (1987) quienes encontraron activación frontal y parietal durante tareas emotivas. Los resultados también muestran cambios en frecuencias de la banda alfa tan preferidas en estudios de EEG y emoción hechos por Davidson (1992, 1994 y 1998). Se observó más actividad en frecuencias dentro de la banda alfa durante la condición neutra, hecho que apoya a los hallazgos con medidas de PA encontrados por Bekkedal et al. (1997).

Fue notable que la potencia relativa reveló abundante participación de los lóbulos temporales que no se observó al calcular la PA. Se evidenció un aumento en la cantidad de ondas theta, alfa baja y beta en las derivaciones temporales (gráfica 8), lo que muestra la participación de los lóbulos temporales en las emociones. Esto también concuerda con los hallazgos con TEP de Reiman et al. (1993) y Patriots et al. (1987).

Las medidas de PR revelan la intervención de frecuencias correspondientes a las bandas theta, beta y alfa y la participación de las regiones frontales y parietotemporales. Al igual que con la PA los resultados con la PR muestran un complejo entrelazamiento de bandas y regiones específicas.

Ahora bien, al comparar solamente las dos condiciones emocionales (frustración vs amor) (gráfica 9) llama la atención que frecuencias pertenecientes a la banda beta aumentan en cantidad durante la frustración en regiones parietales y durante el amor en regiones centrales, aunque existe una excepción a ésta observación.

Al calcular las diferencias hemisféricas entre áreas homólogas se observó que las regiones centrales y parietales en las bandas theta, alfa alta y beta reflejaron

una mayor actividad en el hemisferio izquierdo que en el derecho tanto durante la condición de amor como la de frustración. Estos hallazgos no concuerdan con la teoría del hemisferio derecho como encargado de coordinar las emociones postulada por Gainotti (1983), Silberman y Weingarten (1986) y Spence et al. (1996) con las medidas de PA.

Los resultados de este experimento muestran que ocurre una compleja interacción entre los estados emotivos y las medidas de PA y de PR, cuyo papel funcional necesita muchos estudios más. Los resultados también cuestionan fuertemente la práctica - común en los estudios electroencefalográficos en relación con las emociones - de calcular solamente las medidas de potencia absoluta e ignorar otras medidas posibles como las de potencia relativa.

Queremos recalcar que en el estudio de las emociones las medidas de banda ancha ocultan información, ya que los cambios encontrados en este estudio fueron específicos de ciertas frecuencias y nunca involucraron todo el rango de frecuencias de alguna banda ancha, lo que además apoya fuertemente la teoría de Steriade (1993) de que las oscilaciones de ciertas frecuencias marcan diferentes estados psicológicos en el cerebro, la funcionalidad de este hecho es completamente desconocida hasta la fecha.

Por otra parte, nuestro experimento así como otros dan clara evidencia de la vulnerabilidad de estos estudios a las diferencias metodológicas, por lo que es necesario determinar algún tipo de estandarización en este aspecto. De otra forma el cúmulo de datos desordenados no ayuda mucho al entendimiento de la forma en qué actúa el cerebro durante las emociones y otras funciones cognoscitivas superiores.

## 7. CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos concuerdan parcialmente con las hipótesis planteadas en este trabajo, ya que las regiones en que se encontraron los resultados significativos de la PA y de la PR concuerdan con lo esperado, no así las frecuencias. Los hallazgos para cada medida se pueden resumir de la siguiente manera:

### a) Para la potencia absoluta:

- Se encontraron diferencias entre las condiciones emocionales y no emocionales sobre todo en regiones frontales y en frecuencias de la banda delta, si bien hubo cambios en menor cantidad en ésta región en frecuencias de las bandas theta, alfa y beta. Otras regiones involucradas en éstas diferencias fueron la parietal (Pz) en frecuencias de la banda delta y beta, y la occipital (en frecuencias de las bandas delta, theta y beta).

- Las diferencias encontradas entre condiciones emocionales positivas y negativas fueron de dos tipos: a) la PA de las emociones positivas fue mayor que la de las negativas en las regiones frontales en frecuencias de las bandas alfa y beta, en temporal (T4) en delta y en parietal (Pz) en theta; y b) la PA de las emociones negativas fue mayor que la de las positivas en regiones frontales en las bandas delta, theta y beta, y en parietal (Pz) en beta.

### b) Para la potencia relativa:

- Se encontraron diferencias entre las condiciones emocionales y las no emocionales sobre todo en la región frontal en frecuencias de las bandas beta y theta y en menor cantidad en las de delta y alfa. Otras regiones involucradas en estas diferencias fueron la parieto-central en frecuencias de la banda alfa y beta.

y la temporal en frecuencias de alfa, theta y beta.

- Las diferencias encontradas entre condiciones emocionales positivas y negativas fueron de dos tipos: a) la PR de las emociones positivas fue mayor que la de las negativas en las regiones frontales, parietales y centrales en frecuencias de la banda beta y theta, y en T3 en theta; y b) la PR de las emociones negativas fue mayor que la de las positivas en las regiones frontales, centrales y parietales en frecuencias de la banda beta y theta.

Con respecto a las diferencias hemisféricas encontradas entre las condiciones emocionales se puede decir que:

c) Tanto para la PA como para la PR, las diferencias encontradas son producto de un entrecruce de regiones y frecuencias entre los hemisferios. Esto es, nuestros datos no concuerdan con la teoría de la especialización hemisférica, ni con la hipótesis de que las emociones se generan principalmente en el hemisferio derecho.

d) Finalmente, estos datos permiten considerar que el análisis con bandas anchas es inadecuado - o por lo menos incompleto - ya que oculta información de frecuencias específicas que están activas durante la condición emocional. Por ello se recomienda el uso del análisis de bandas estrechas y de las medidas de PA así como las de PR. De igual forma, los resultados apoyan la importancia de analizar todas las regiones cerebrales y todas las frecuencias de las bandas, ya que solo así se tendrá un panorama más completo de la actividad electroencefalográfica durante la conducta emocional.

## BIBLIOGRAFIA.

- Ahern, G. L. y Schwartz, G. E. (1985) Differential lateralization for positive and negative emotion in the human brain: EEG spectral analysis. Neuropsychologia. 23:6; 745-755.
- Bekkedal, M. Y. V., Punskepp, J., Rossi, J. (1997) Changes in frontal EEG activity in response to auditory stimuli. Society for Neuroscience. 33: 519.17.
- Brown, T. (1986) Psicología fisiológica. México: Interamericana. Cap. 10.
- Bryden, M. y Ley, R. (1983) Right-hemispheric involvement in the perception and expression of emotion in normal humans. En: Neuropsychology of human emotion. New York: Guilford. Editores: Heilman, K. y Satz, P.
- Carlson, N. (1996) Fundamentos de psicología fisiológica México: PHH Prentice Hall. Cap. 11.
- Carpenter, M (1985) Neuroanatomía humana. Argentina: El Ateneo. p 29, 507-509.
- Carpenter, R. (1998) Neurofisiología. México: El Manual Moderno. p. 295-303
- Damasio, A. R. (1994) Descartes'Error Emotion, reason and the human

brain. New York: Plenum.

Damasio, A. R. (1995) On some functions of the human prefrontal cortex.

Ann-N-Y-Acad-Sci 15:746:241-251.

Dantzer, R. (1989) Las emociones. México: Paidós. Cap. 2, 3 y 4.

Davidson, R. J. (1992) Anterior cerebral asymmetry 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 early experience and plasticity.

Development and psychopathology, 6: 741-758.

Davidson, R. J. (1998) Anterior electrophysiological asymmetries, emotion and depression: conceptual and methodological conundrums.

Psychophysiology, 35: 607-614.

Drevert W. C. y Raichle, M. E. (1995) Positron Emission Tomographic

Imaging studies of human emotional disorders. En Cognitive neurosciences. Inglaterra: The Bradford Book. Editor: Gazzaniga.

Duffy, F., Iyer, V. y Surwillo, W. (1989) Clinical electroencephalographic and topographic brain mapping. EEUU Springer Verlag. Cap. 1

Ekman, P. (1992) An argument for the basic emotions. Cognition and emotion. 6, p. 175

- Enriquez, E. (1985) Texto de anatomía del sistema nervioso central. México: Francisco Mendez Oteo. p.562-582.
- Fahrenberg, J., Schneider, H. J., Safian, P. (1987) Psychophysiological assessment in a one/year interval: Trends and stability. Biological Psychology, 24: 49/66.
- Fox, N. (1991) If it's not left, it's right. Electroencephalographic asymmetry and the development of emotion. Am. Psycho. 46:8; 863-872.
- Fisch, B. (1991) Spehlmann's EEG primer. Londres: Elsevier. Cap. 7 y 9
- Gainotti, G (1983) Laterality of affect: The emotional behavior of right - and left - brain damaged patients. New York: Academic Press.
- Ganong, W. (1996) Fisiología médica. México: Manual Moderno. Cap. 15
- Garoutte, B. (1983) Neuroanatomía funcional. México: Manual Moderno. Cap. 17.
- Goleman, D (1995) La inteligencia emocional. México: Javier Vergara.
- Guyton, A. (1978) Anatomía y fisiología del sistema nervioso. México: Nueva Editorial Interamericana. Cap. 14.
- Harmony, T., Marosi, E., Díaz, E., Becker, J., Fernández, T. (1991) Maduración del EEG. En Ontogenia Neural. México: Soc. Mex. de

Ciencias Fisiológicas - UNAM - Coordinación de la investigación científica. Editor Salas, M.

House, L.; Pansky, B.; y Siegel, A. (1982) Neurociencias: enfoque sistemático. México: Mc Graw-Hill. pag. 408-430.

Iliuchenok, I. R. (1996) Differences in the EEG frequency characteristics during the perception of positive-emotional, negative-emotional and neutral words. Zhurnal' Nervoi Deiat-Im I. Pavlova. 46 (3): 457-468.

Isaacson, R. (1982) The limbic system. USA: Plenum Press.

Jones, N. y Fox, N. (1992) Electroencephalogram asymmetry during emotionally evocative films and it's relation to positive and negative affectivity. Brain and Cognition. 20; 280-299.

Junque y Barroso (1995) Neuropsicología. España: Síntesis psicológica.

Kandel, E.; Schwartz, J.; y Jessell, T (2000) Principles of neural science. EEUU: Mc Graw-Hill Cap. 50.

Kawahara, H., Yshida, M., Yokoo, H., Nishi, M. y Tanaka, M. (1993) Psychological stress increases serotonin release in the rat amygdala and prefrontal cortex assessed by in vivo microdialysis. Neuroscience Letters 162, 81-84.

Klimesch, W.; Doppelmayr, D.; Röhme, D; Pöllhuber, W. y Stadler, W.

(2000) Simultaneous desynchronization and synchronization of different alpha responses in the human electroencephalograph: a neglected paradox? *Neuroscience Letters*. 284, 97-100

Kolb, B. y Whishaw, I. (1986) Fundamentos de neuropsicología humana. España: Labor. Cap. 22

Kolb, B., Wilson, B. y Taylor, L. (1992) Developmental changes in the recognition and comprehension of facial expression: implications for frontal lobe function. *Brain and Cognition*. 20, 74-84.

Lane, R.D., Reiman, E.M., Bradley, M.M., Lang, P.J., Ahern, G.L., Davidson, R.J., Schwartz, G.E. (1997) Neuroanatomical correlate of pleasant and unpleasant emotion. *Neuropsychologia*. 35 (11): 1437-1444.

Ledoux, J. (1994) Emotion, memory and the brain. *Scientific American*. p. 32-39

Lee, G. P., Loring, D.W., Dahl, J.L., Meador, K.J. (1993) Hemispheric specialization for emotional expression. *Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Behavior Neurology*. 6 (3): 143-148.

López, A. (1983) Anatomía funcional del sistema nervioso. México: Limusa.

Marosi, E. (1993) Manual de electrofisiología. México: UNAM.

- Marosi, E., Rodríguez, H., Rodríguez, M., Silva, J., Bernal, J., Fernández, T., Yañez, G., Guerrero, V., Reyes, A. (en prensa) Are broad band spectral measurements useful to reflect changes in EEG during emotional tasks. Internaional Journal of Psychophysiology.
- Mesquita, B. y Frijda, N.H. (1992) Cultural variations in emotions: a review. Psychological Bulletin 112 (2), 179-204.
- Morgan, M.A., Romanski, L.M., LeDoux, J.E. (1993) Extinction of emotional learning: contribution of medial prefrontal cortex. Neuroscience Letters 163. 109-113.
- Morin, G. (1979) Fisiología del sistema nervioso central. España: Toray-Masson, S.A. Cap. 6 y 7.
- Naranjo, R. (1977) Introducción a la psicología fisiológica. México: Harla.
- Nass, R. y Koch, D. (1991) Innate specialization for emotion: temperament differences in children with early left versus right brain damage. Behavior and Cognition of the Child with Brain Dysfunction. 1. 1-17.
- Nolte, J. (1994) El cerebro humano. España: Mosby/Doyma Libros.p. 401-403
- Pascual, L.A., Catalá M.D. y Pascual, L.P. (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. y Hallet, M. (1995) Brain activation during the generation of non-emotional and emotional plans. Neuroreport 6 (10): 1397-1400.
- Pietrowsky, R., Braun, D., Fehm, H.L., Pauschinger, P. y Born, J. (1990) Vasopressin and oxytocin do not influence early sensory processing but affect mood and activation in man. Peptides. 12, 1385-1391.
- Reiman, E.M., Lane, R.D., Abern, G.L., Schwartz, G.E., Davidson, R.J. y Yun, L.S. (1993) Neuroanatomical correlates of normal human emotion. Society of Neurosciences, 1993. 155.1
- Rosenzweig, M. y Leiman, A. (1993) Psicología fisiológica. España: Mc Graw-Hill. Cap. 15.
- Russell, J. (1991) Culture and the categorization of emotions. Psychological Bulletin. 110 (3), 426- 450.
- Safer, M (1981) Sex and hemisphere differences in access to codes for processing emotional expressions and faces Journal of Experimental Psychology: General, 110, 86-100
- Sakeim, H.A., Greenberg, M.A., Weiman, A.L., Gur, R.C., Hungerbuhler, J.P y Geschwind, N. (1982) Hemispheric asymmetry in the expression of positive and negative emotions. Arch. Neurol., 39. 210-218

- Schneider, F., Gur, R., Mozley, L., Smith, R., Mozley, P., Censiti, D., Alavi, A. y Gur, R. (1995) Mood effects on limbic blood flow correlate with emotional self-rating: a PET study with oxygen-15 labeled water. Psychiatry Res. 61:4; 265-283.
- Silberman, E. K. y Weingartner, H. (1986) Hemispheric lateralization of functions related to emotion. Brain and Cognition, 9: 322-353.
- Smith, B.D., Meyers, M., Kline, R. y Bozman, A. (1987) Hemispheric asymmetry and emotion: lateralized parietal processing of affect and cognition. Biological Psychology, 25 (3) 247-260.
- Sobotka, S., Davidson, R. y Senulis, J. (1992) Anterior brain asymmetries in response to reward and punishment. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 83: 4; 236-237
- Spence, S.; Shapiro, D.; y 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 substrate of brain rhythms. En EEG: Basic principles, clinical applications and related fields. Baltimore: Williams and Wilkins. Editores: Niedermeyer y Lopes da Silva.
- Stern, C.E. y Passingham, R.E. (1996) The nucleus accumbens in monkey (Macaca fascicularis): II emotion and motivation. Behav-Brain-Res 75 (1-2): 179-93.

- Sven-Ake, Ch. (1992) Emotional stress and eyewitness memory: a critical review. Psychological Bulletin. 112, 2 p. 284-309.
- Teasdale, J. (1999) Multi-level theories of cognition-emotion relations. En: Handbook of cognition an emotional. Inglaterra: Jhon Wiley and Sons. Editores: Dalglish, T. y Power, M.
- Thompson, R. (1984) Introducción a la psicología fisiológica. México: Harla.
- Tomarken, A., Davidson, R., y Henriques, J. (1990) Frontal brain assymetry predicts affective response to films. Journal of Personality and Social Psychology, 62, 676-687.
- Tucker, D. y Dawson, S. (1984) Asymmetric EEG changes as method actors generated emotions. Biol Psychol. 19: 1; 63-75.
- Wexler, B., Warrenburg, S., Schwartz, G. y Jamner, L. (1992) EEG and EMG responses to emotion evoking stimuli processed without conscious awareness. Neurpsychologia. 30 (12); 1065-1079.
- Wheeler, R., Davidson, R. y Tomarken, A. (1993) Frontal brain asymmetry and emotional reactivity: a biological substrate on affective style. Psychophysiology. 30; 82-89.