

2006 A - 2011 B

206200834

Universidad de Guadalajara

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias



“Cambios Electroencefalográficos Asociados al llanto y  
sonrisa de un bebé en Madres Biológicas y Adoptivas”

TRABAJOS DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA

ROSA MARÍA HIDALGO AGUIRRE

Guadalajara, Jalisco, Diciembre de 2011.



**Universidad de Guadalajara**  
**Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias**  
*Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología*

**COORD-BIO-100/2011**

**C. ROSA MARÍA HIDALGO AGUIRRE**  
**PRESENTE**

Manifiestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **TESIS E INFORMES** opción: **TESIS** con el título: **“Cambios Electroencefalográficos Asociados al llanto y sonrisa de un bebé en Madres Biológicas y Adoptivas”**, para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos, que ha sido aceptado como director de dicho trabajo a la **Dra. Claudia Amezcua Gutiérrez**.

Sin más por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

2

**ATENTAMENTE**  
**"PIENSA Y TRABAJA"**

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 06 de junio de 2011.

**DRA. TERESA DE JESÚS ACEVES ESQUIVIAS**  
**PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**

**M.C. GLORIA PARADA BARRERA**  
**SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN**

Dra. Teresa de Jesús Aceves Esquivias.  
 Presidente del Comité de Titulación.  
 Licenciatura en Biología.  
 CUCBA.  
 Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad TESIS E INFORMES, opción TESIS con el título: "Cambios Electroencefalográficos Asociados al llanto y sonrisa de un bebé en Madres Biológicas y Adoptivas" que realizó el/la pasante ROSA MARÍA HIDALGO AGUIRRE con número de código 206200834 consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.


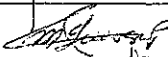
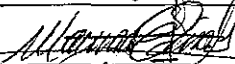
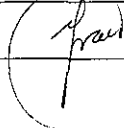
Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

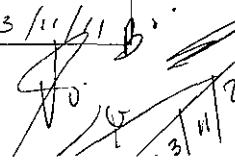
Atentamente  
 Comité tutorial  
 Guadalajara, Jal. 16 de Noviembre de 2011



16 - NOVIEMBRE - 2011

Dra. Claudia del Carmen Amezcua Gutiérrez  
 Profesora Investigadora Asociada  
 Directora de tesis

Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación	Firma de aprobado	Fecha de aprobación
Dra. Marisela Hernández González		16 Nov 2011
Dr. Miguel Ángel Guevara Pérez		16 Nov 2011
Dra. Mónica Elisa Ureña		23/11/11
Supl. Dra. Graciela Gudiño		23/11/11



## Agradecimientos

Primero que nada quiero agradecer a Dios, por ponerme en el lugar adecuado en el momento indicado, y presentarme la oportunidad de trabajar en el laboratorio.

Al Dr. Miguel Ángel Guevara, por invitarme a participar en el laboratorio, así como las clases de estadística, las pláticas, e historias para motivarme a terminar, y lo hice. A la Dra. Marisela Hernández por darme la confianza y abrirme las puertas de su laboratorio, tenerme paciencia y permitirme aprender cada día algo nuevo, en especial por el apoyo a este proyecto descabellado que salió adelante.

A la Dra. Claudia Amezcua, por enseñarme las bases de la electroencefalografía, la colocación de electrodos, y por brindarme grandes oportunidades de trabajar con ella en varios proyectos, pero más que nada agradecerle su atención y paciencia ante mi proyecto.

A mi compañera Marai Pérez Hernández, por su apoyo total en el proyecto, que a pesar de que al principio nos costó trabajo, aprendimos a trabajar en equipo, aprendimos muchas cosas de ambas y de este proyecto. A Diego Chapa García Abascal, quien me ayudo y apoyo con la grabación de los videos utilizados en este proyecto.

A la Dra. Marina Ruiz Díaz por sus consejos al definir mi diseño experimental, al escribir y redactar mi discusión, a cada uno de mis compañeros de laboratorio que a su manera apporto un poco a mi trabajo, a la Mtra. Koral Rivera Sánchez, por los ánimos brindados, a Lety Blanco, Ricardo Romero, Yuritzé Aguilar, Lucy Rizo, quienes hacen más ameno el tiempo y ayudan a disminuir el estrés.

A mis padres, por el apoyo, tanto económico como emocional, y con su manera de mostrar interés (presión) para que terminara esta etapa de mi vida. A Alan Lomeli Cibrían, a quien agradezco todo su apoyo, comprensión, desveladas, ánimos, trabajo en diseño y no dejarme sola en ningún momento del proceso.

A Renata Espinoza Hidalgo, por ser ingenuamente la participante más importante de este estudio, a su mamá, Elizabeth Hidalgo Varela, por confiar plenamente en

mí y en el uso de los videos de su hija. A María Fernanda Padilla, al ayudarme con los pilotos para la realización de este proyecto, y su apoyo incondicional.

A mis sinodales, la Dra. Mónica Ureña, quien fue muy acertada con sus correcciones y comentarios, y a la Dra. Graciela Gudiño, por su atención y comprensión.

A todas y cada una de las mujeres que participaron en este proyecto, sin ellas, nada de esto hubiera sido posible.

## **Dedicatorias**

La dedicatoria más importante de este trabajo es a Dios, por la vida, fuerza, paciencia y voluntad para realizar este proyecto.

A mi papá, por todo el apoyo que me ha dado a lo largo de mi vida, tanto personal como profesionalmente, la educación que me brindó y por ser el modelo a seguir más grande de mi vida. A mi mamá, por cada uno de los días en que me presionó y alentó para terminar este proyecto, por ellos, la realización del trabajo más importante de mi vida.

A Alan Lomeli Cibrián, quien sin darse cuenta me impulsó cada día a seguir adelante y no darme por vencida, por alentarme a seguir mis sueños y alimentarlos, por el apoyo brindado, experiencias y motivación.

A mis hermanos, Fernando y Rafael, que aunque no lo crean fueron parte importante en mi formación y crecimiento profesional, en especial a Isabella Hidalgo González, quien también me ayudó muchas veces a librarme del estrés provocado por la redacción y me recordó que una sonrisa puede ponerme los pies en la tierra de nuevo.

A mi familia, primas, tías y amigos, porque aunque no entendían muy bien que era lo que hacía me apoyaron incondicionalmente, creyeron en mí y me impulsaron a seguir adelante, y terminar esta etapa de mi vida.

A Fany Jiménez Aguirre, por ser una gran mujer, profesionista y una persona invencible, sin duda, mi segundo modelo a seguir.

## Resumen

La conducta maternal implica aquellas conductas de cuidado desplegadas por la hembra, dirigidas hacia seres inmaduros con la finalidad de contribuir a su desarrollo y aumentar sus posibilidades de supervivencia. Se ha reportado que los estímulos sensoriales provenientes de los recién nacidos son capaces de regular y mantener la conducta maternal. En dichos estudios se ha observado que madres biológicas presentan diferentes grados de activación cerebral en relación a la estimulación visual y auditiva proveniente de los bebés, lo que podría reflejar el procesamiento sensorial y/o estado afectivo de las madres. Mujeres que adoptan bebés manifiestan conductas de cuidado y respuestas a los estímulos del bebé similares a las desplegadas por una madre biológica. El objetivo del presente trabajo fue investigar si la estimulación visual relacionada con el bebé, sonrisa y llanto, se relaciona con cambios particulares en la actividad electroencefalográfica de madres biológicas y madres adoptivas. Participaron 30 mujeres de 25 a 45 años, sanas, diestras, con características socioeconómicas similares; de las cuales 10 fueron madres biológicas y 10 adoptivas, todas primerizas, con un tiempo de 6 meses a 2 años y medio de la llegada de su bebé; así como 10 mujeres nulíparas (no madres). Se registró la actividad electroencefalográfica (EEG) de zonas frontales, parietales y temporales en reposo con ojos abiertos y durante la observación de videos a color sin sonido de un bebé en dos condiciones: llorando y sonriendo, además de un video neutro (ondas de color en movimiento correspondientes a ecualizaciones de una melodía). En el grupo de madres biológicas se encontró una menor potencia absoluta en la banda  $\alpha 1$  durante el video de sonrisa, con respecto a la condición de reposo con ojos abiertos (LB) en áreas frontales, temporales y parietales, además de un incremento general en bandas rápidas en áreas temporales y de gamma en parietales. De manera similar ante el video de sonrisa con respecto a línea base, en el grupo madres adoptivas se encontró esta menor potencia absoluta en  $\alpha 1$  pero solo en zonas frontales y parietal derecha, además del incremento en bandas rápidas en temporales y en parietales. En el grupo de no madres se observó una menor potencia absoluta también en la banda  $\alpha 1$  en todas las derivaciones ante la observación del video de llanto. Estos datos muestran que tanto las madres biológicas como adoptivas presentan una actividad EEG similar ante la observación de sonrisa de un bebé, diferente a aquellas mostrada por las no madres. Este estudio aporta datos electroencefalográficos objetivos que aportan una aproximación a las bases neurofisiológicas de la respuesta maternal, apoyando la sugerencia de que la funcionalidad cortical asociada a los estímulos emocionales de un bebé es similar en madres biológicas y madres adoptivas.

### Lista de abreviaturas

Acc	Núcleo Accumbens
Ame	Amígdala
ATV	Área Tegmental Ventral
BO	Bulbos Olfatorios
BOA	Bulbos Olfatorios Accesorios
CM	Conducta Materna
CPF	Corteza Prefrontal
CPFdl	Corteza Prefrontal dorsolateral
CPFm	Corteza prefrontal medial
CPFo	Corteza Prefrontal Orbital
DA	Dopamina
EEG	Electroencefalograma
Hz	Hertz
ICV	Intracerebroventricular
LB	Línea Base
LL	Llanto
MA	Madres Adoptivas
MB	Madres Biológicas
NAH	Núcleo anterior del Hipotálamo
NBST	Núcleo de la base de la estria terminalis
NE	Neuro
NM	No Madres
OT	Oxitocina
PA	Potencia Absoluta
Pg	Progesterona
PRE's	Potenciales Relacionados a Eventos
PRL	Prolactina
RMF	Resonancia Magnética Funcional



SAM

Self Assesment Manikin

SO

Sonrisa

TRF

Transformada Rápida de Fourier

## Índice

Introducción .....	10
Antecedentes .....	13
Motivación.....	13
Conducta Parental .....	13
Conducta Maternal.....	14
Regulación Hormonal de la Conducta Maternal .....	15
Regulación Sensorial de la Conducta Maternal.....	17
Bases neurofisiológicas de la Conducta Maternal .....	19
Participación de la Corteza Prefrontal en la Conducta Maternal.....	22
Participación de la Corteza Temporal en la Conducta Maternal .....	24
Participación de la Corteza Parietal en la Conducta Maternal .....	25
Regulación emocional de la Conducta Maternal .....	26
Planteamiento del Problema.....	28
Objetivos .....	30
Hipótesis .....	31
Materiales y Métodos .....	32
Participantes .....	32
Criterios de Inclusión .....	32
Estímulos Visuales.....	33
Escala SAM (Self-Assesment Manikin) .....	34
Registro Electroencefalográfico .....	34
Análisis del EEG.....	37
VARIABLES .....	37
Análisis Estadístico .....	39
Escala de Evaluación de los estímulos visuales (SAM).....	39
EEG.....	39
Resultados .....	40
Escala de depresión, ansiedad y subpruebas de atención Neuropsi .....	40

Evaluación escala SAM .....	41
Resultados Electroencefalográficos .....	41
Comparación por grupos .....	41
Comparación por condiciones .....	45
Discusión .....	49
Conclusiones .....	58
Apéndice I .....	59
Electroencefalograma .....	59
Apéndice II .....	63
Madres Biológicas .....	63
Madres Adoptivas .....	65
No Madres .....	67
Anexo I .....	69
Formato informativo y solicitud de consentimiento .....	69
Anexo II .....	70
Autoevaluación de Manikin .....	70
Anexo III .....	71
Inventario de depresión de Beck .....	71
Referencias .....	75

## Introducción

La conducta maternal se define como el conjunto de conductas de cuidado que despliega una hembra de una especie con el objetivo de asegurar la supervivencia de un organismo inmaduro, hasta su madurez (Numan, 1994). Dada su relevancia, la conducta materna ha sido motivo de estudio y diversas investigaciones han dado pie a los conocimientos que tenemos ahora sobre el tema.

De manera general, se han descrito tres sistemas orgánicos esenciales, que regulan el despliegue de dicha conducta (Melo Salazar, 2002); el primero de ellos es el sistema endócrino, encargado de producir y liberar las hormonas necesarias para iniciar y mantener el embarazo, además de facilitar el inicio de la conducta de cuidado maternal, como la progesterona, oxitocina, prolactina, esteroides, entre otras.

El segundo es el sistema nervioso, que involucra diversas áreas corticales y subcorticales implicadas en la regulación de las conductas de cuidado desplegadas por la madre hacia el crío [núcleo *accumbens* (Acc), corteza prefrontal (CPF) y área preóptica medial (APOm)], así como en la detección, procesamiento y asignación de valor incentivo a los estímulos emitidos por el crío [amígdala (Ame), CPF, corteza parietal] (Strathearn y cols., 2009). El tercero, es el sistema somatosensorial, en particular la estimulación sensorial emitida por los crios para la manifestación de la conducta materna. Es evidente la importancia de este sistema, en el proceso de Sensibilización descrito por Rosenblatt (1967), en el cual se dio evidencia de que ante la simple exposición crónica a crios recién nacidos, ratas vírgenes son capaces de desplegar y mantener la conducta materna (echado, acarreo, construcción del nido y lamido ano-genital) por largos periodos de tiempo. La relevancia de la información sensorial en la inducción y mantenimiento de la conducta materna también se ha mostrado en humanos. Ejemplo de ello es la rápida respuesta de atención y cuidado que presentan la mayoría de las mujeres (e incluso hombres y niños) ante la

presencia de un bebé, así como la capacidad de cuidado maternal que presentan mujeres que adoptan un bebé.

En la literatura científica existen varios estudios en mujeres madres y no madres tratando de dilucidar las bases neurales, hormonales y sensoriales que sustentan la conducta materna. En este contexto, se han empleado estímulos auditivos (Swain y cols., 2003), visuales (Lorberbaum y cols., 2002; Nitschke y cols., 2004; Noriuchi y cols., 2008; Grasso y cols., 2009) y olfatorios (Fleming y cols., 1993) provenientes de sus propios bebés, bebés familiares o desconocidos. A partir de estos trabajos efectuados sobre todo con técnicas de imagenología, se ha demostrado que las áreas prefrontales, temporales y parietales son de las principales áreas corticales activadas (junto con otras estructuras subcorticales como la Amé y APOm, entre otras) en relación a la detección y procesamiento de estos estímulos relacionados con el bebé.

Si bien mediante estudios de imagenología se ha descrito la participación de diferentes estructuras cerebrales relacionadas con la respuesta materna en madres biológicas, a la fecha no se han encontrado estudios del funcionamiento cerebral en madres adoptivas, quienes no han atravesado por los cambios hormonales del embarazo o lactancia pero que sin embargo, despliegan una adecuada conducta de cuidado, protección y respuesta hacia los estímulos sensoriales emitidos por el bebé. A la fecha con lo único que se cuenta son estudios epidemiológicos, algunos pocos estudios neuropsicológicos de apego maternal y contados trabajos de imagenología cerebral, la cual, aun cuando posee una excelente resolución espacial, carece de una resolución temporal eficiente.

Por otro lado se ha descrito que la conducta maternal es una conducta motivada multisensorial, es decir, depende de todas las modalidades sensoriales para su manifestación. En el humano, los principales sistemas sensoriales que modulan la respuesta maternal son el visual, el somatosensorial y el auditivo. Sin embargo, principalmente la información visual obtenida de los rasgos característicos de los rostros parece ser especialmente importante en la diada madre-hijo (Zebrowitz, 2006), facilitando la rápida percepción de la información facial que incluye el significado emocional o motivacional (Adolphs, 2002; Vuilleumier y Pourtois,

2007). Desde esta perspectiva, el presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la actividad eléctrica cortical de madres biológicas y madres adoptivas ante la observación de videos de un bebé con diferente contenido emocional, llanto y sonrisa.

## **Antecedentes**

### **Motivación**

Se ha sugerido que el concepto de motivación se relaciona con la causa del movimiento, definiéndose, como el conjunto de estados internos que dirigen al organismo, hacia metas determinadas y le brindan intensidad a la conducta (Escobar-Briones y Aguilar-Roblero, 2002a).

Por su parte Pfaff (1982), se refiere a la motivación como la regulación de los cambios internos dirigidos en respuesta hacia un estímulo constante. Es así que, la motivación está determinada por estímulos tanto internos como externos, la condición interna influye como el estímulo o situación que permite que un estímulo externo sea relevante a un organismo y por tanto, responda a él; también se encuentra establecida por diversos procesos fisiológicos que, de forma jerárquica, determinan la fuerza, dirección y prioridades de la conducta (Escobar-Briones y Hernández-González, 2002b). Podemos dividir a las conductas motivadas en primarias y secundarias. Las primarias son aquellas de las cuales depende la sobrevivencia del individuo, entre ellas, la ingesta, la bebida, la autoprotección, la termorregulación, etc., en tanto que las secundarias son de las cuales depende la supervivencia de la especie, tales como la conducta sexual y la conducta parental (Martínez-Gómez y cols., 2002).

### **Conducta Parental**

La conducta parental se define como el conjunto de cuidados proporcionados por un miembro de una especie hacia un organismo inmaduro, para aumentar las probabilidades de que el individuo inmaduro sobreviva hasta alcanzar la madurez

(Numan, 1994). Dichos cuidados son expresados en función de los requerimientos según la especie. Por ejemplo, tenemos las especies precociales, donde las crías nacen funcionalmente maduras, con los ojos abiertos, caminan casi de inmediato y son dependientes sólo por un periodo corto de tiempo; por otro lado tenemos a las altriciales, que son organismos funcionalmente inmaduros, ciegos, con canales auditivos externos cerrados, sin pelo, por lo que no son capaces de regular su temperatura corporal y dependen totalmente del cuidado materno o paterno. Dicha conducta se puede manifestar en hembras y machos, conociéndose en las hembras como Conducta Maternal, mientras que en los machos como Conducta Paternal (Melo-Salazar, 2002).

### **Conducta Maternal**

La conducta maternal implica aquellas conductas de cuidado desplegadas por la hembra, dirigidas hacia seres inmaduros con la finalidad de contribuir a su desarrollo y aumentar sus posibilidades de supervivencia. En el caso de los mamíferos no humanos, se caracteriza por patrones estereotipados específicos de la especie, mientras que en humanos se presenta una gran variabilidad. Sin embargo, el objetivo es el mismo, proveer calor, protección y nutrición a la progenie (Martínez-Gómez y cols., 2002).

En la rata, las conductas maternas desplegadas se han dividido en dos: conductas activas, donde se incluye el acarreo, el lamido ano-genital de crías y la formación del nido; mientras que en las conductas inactivas o consumatorias, se incluye el echado y la sífosis (arqueamiento de la espalda que permite la lactancia) (Hansen, 1994). La conducta maternal en humanos, a diferencia de las especies inferiores, es más compleja en su organización, control y expresión ya que, además de proveer los cuidados necesarios, también debe aportar un adecuado contexto ambiental (afectivo, emocional, social). En el intento de comprender los mecanismos que conllevan a esta conducta, se han realizado numerosos estudios en los que utilizan diferentes técnicas, entre las cuales destacan las conductuales, de estimulación, lesión, farmacológicas bioquímicas, de imagenología y



electroencefalográficas. Resultado de estos numerosos estudios efectuados en su mayoría en animales, es el conocimiento de los mecanismos implicados en la adecuada expresión de la conducta materna: hormonal, sensorial y neural (Melo Salazar, 2002).

### **Regulación Hormonal de la Conducta Maternal**

El inicio del despliegue de la conducta materna ha sido principalmente relacionado con la gestación y el parto, condiciones que se creían necesarias para que una hembra presentara los patrones motores característicos de dicha conducta. Por lo que se han realizado una gran cantidad de estudios donde se ha demostrado que los eventos hormonales asociados tanto a la gestación, como el parto y el post-parto, participan en la respuesta materna de la mayoría de los mamíferos.

Uno de los primeros en investigar la regulación hormonal de la conducta materna en la rata, fue Stone (1925); quien sugirió que existían ciertas “sustancias” o factores internos en el sistema circulatorio de la hembra gestante, que eran responsables de potencializar la expresión de la conducta materna. Observó que el comportamiento materno se activa, en parte, por estas sustancias o factores internos, los cuales no se presentan, ni pueden ser transmitidos a una rata hembra virgen.

Wiesner y Sheard en 1933, en un estudio experimental notaron que la conducta materna se desplegaba tanto en ratas hembra a las que se les practicó cesárea, como en aquellas a las que les removieron los pezones (telectomía). Con lo que concluyeron que ni la experiencia del parto, ni la estimulación de succión, podían ser el factor que sincroniza el inicio de la conducta materna con el nacimiento de las crías. Y sugirieron que algunos cambios internos se producían en la rata cerca del parto o justo después del parto, que despiertan estos “impulsos” maternos.

Actualmente, sabemos que existen varias hormonas que desempeñan papeles importantes durante el embarazo, entre ellas podemos encontrar a la progesterona (Pg), que debido a su acción inhibitoria de las contracciones uterinas, se considera

necesaria para el mantenimiento del embarazo (Grazzini y cols., 1998). La oxitocina (OT), que es un neuropéptido de 9 aminoácidos, principalmente sintetizado y secretado en el hipotálamo, específicamente en la hipófisis posterior, o mejor conocida como neurohipófisis (Netter, 1993), ha sido asociada a diferentes aspectos de la reproducción, entre ellas a la conducta sexual, inducción del parto, expulsión de leche y también con el despliegue de la conducta materna.

Se ha observado que en ratas vírgenes al inyectarles OT vía intracerebroventricular (ICV), y colocarles crios recién nacidos, comienzan a desplegar todas las conductas maternas rápidamente (48 horas antes, en comparación con las que se les inyectó solución salina), como construcción de nido, acarreo y echado (Pedersen y Prange, 1979). Esta facilitación de la conducta maternal inducida por la OT pudiera resaltar su efecto sobre el procesamiento olfatorio, estimulación que se ha mostrado es responsable del rechazo hacia los crios de ratas vírgenes (Yu y cols., 1996a). De la misma manera, Shahrokh y cols. (2010), encontraron una facilitación en el despliegue de la conducta maternal como resultado de la aplicación de microinyecciones de OT en el área tegmental ventral (ATV), produciendo liberación de Dopamina (DA) (neurotransmisor relacionado con el aprendizaje de la obtención de una recompensa) en el *Acc*.

De manera contraria, cuando a ratas gestantes se le aplican antagonistas de oxitocina también vía ICV en el embarazo tardío, se interrumpe el desarrollo de dichas conductas (Yu y cols., 1996b). Cabe destacar que una vez que la conducta materna ya está establecida, los antagonistas de OT no producen ningún efecto alguno sobre ésta (Young y cols., 1997). También se sabe que durante la estimulación vagino-cervical producida al momento del parto, se ocasiona una liberación que oxitocina (Kendrick, 2000), sin embargo, en ratas hembras a las que se les practicó cesárea, logran desplegar conducta materna, por lo que se puede concluir que ésta hormona no es esencial para el despliegue de la misma, solo un facilitador (Young y cols., 1997).

Existe otra hormona cuya función principal es la producción, así como la eyección de leche durante la lactancia, la prolactina (PRL), la cual también es secretada en la hipófisis anterior o neurohipófisis (Netter, 1993). La liberación de

rechazo a los críos (Fleming y Rosenblatt, 1974; Lonstein y cols., 1998; Winslow y cols., 2000).

Los trabajos clásicos sobre la relevancia de la estimulación sensorial proveniente del erio para el despliegue de la conducta maternal son los trabajos de Rosenblatt, quien en 1967, describió el proceso de sensibilización. Utilizó a ratas hembras vírgenes, ovariectomizadas e hipofisectomizadas, así como a machos íntactos y castrados (todo esto, para evaluar los parámetros en el desempeño de la conducta materna con la menor influencia de las hormonas), y los sometió a la exposición continua de erios frescos, menores a los 10 días de edad, por 15 días; y evaluó la conducta maternal. Observó que todos los grupos desplegaron conducta maternal y a este proceso de inducción de la conducta maternal lo denominó como sensibilización.

De manera específica, inicialmente la hembra virgen o nulípara, rechaza a los críos (Numan e Insel, 2003), pero después de un periodo de 3-4 días comienza a tolerar su proximidad aunque, sin mostrar comportamiento maternal; si la estimulación de las crías continúa a los 7-8 días, el comportamiento materno comienza a aparecer (Rosenblatt y Mayer, 1995). Estos hallazgos sugieren que existe una respuesta maternal básica en las ratas, que no es dependiente de las hormonas, ni del sexo.

Esta propuesta fue confirmada y aunque, pudiera ser que en su inicio, la conducta materna en ratas primíparas está regulada por los acontecimientos endócrinos que son generados durante el embarazo y el momento del parto, su continuación o mantenimiento posparto ya no está ligado a la regulación hormonal (Numan e Insel, 2003; Numan y cols., 2006).

Actualmente se sabe que los estímulos sensoriales emitidos por los críos son suficientes para inducir y mantener la conducta maternal en ratas, describiéndose que los estímulos sensoriales más eficientes son los olfatorios, somatosensoriales y auditivos. En el caso de los humanos, los estímulos más eficientes para inducir conducta maternal (o al menos los más relevantes para llamar la atención de la madre) son el visual, el auditivo y el somatosensorial.

## Bases neurofisiológicas de la Conducta Maternal

Con el objetivo de entender la funcionalidad cerebral ante la conducta maternal se han realizado diversos estudios tomando como modelo a la rata. Numan (1994), describe dos principales vías neurales, una excitatoria y otra inhibitoria, cuyo balance determina la expresión o inhibición de la conducta maternal. Entre las áreas involucradas en la vía excitatoria o facilitadora de la conducta maternal, se encuentran: el APOM, el núcleo de la base de la estria *terminalis* (NBST) y sus proyecciones eferentes hacia la corteza motora, además de otras áreas como el área tegmental ventral (ATV) y el *Ace*, así como la CPF (Figura 1). Y en la vía inhibitoria se encuentran implicadas estructuras principalmente del sistema límbico, entre las que destacan los bulbos olfatorios y la Ame (Figura 1) (Numan, 1994).

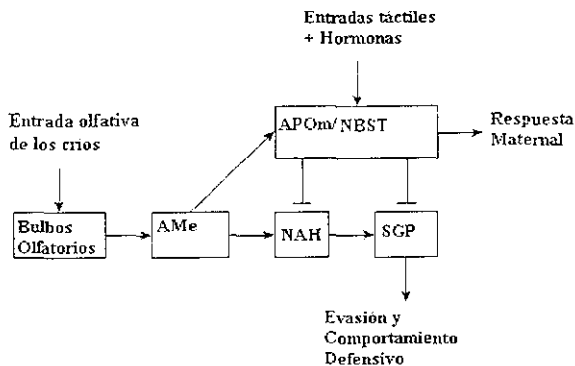


Figura 1. La información olfatoria viaja por el bulbo olfatorio accesorio (BOA) y el bulbo olfativo (BO) y proyecta hacia la amígdala medial (AME), donde alcanza tanto el área preóptica medial/núcleo de la base de la estria terminalis (APOM/NBST), la región el núcleo anterior del hipotálamo (NAH) y sustancia gris periacueductal (SGP) (Tomado y modificado de Numan, 2006).

Investigaciones previas sugerían que el cerebro era el centro de control de esta conducta. Al respecto Beach (1937) y Stone (1938), analizaron los efectos que tenían ciertas lesiones sobre el manto cortical, en los patrones de la conducta materna en la rata. Las lesiones se practicaron en el área cortical, de las cuales se cortó desde el 1% hasta el 57% de la corteza cerebral. Observaron que conforme aumentaba el porcentaje de corte de la corteza, la conducta materna se veía disminuida o incluso inhibida por completo.

Años más tarde, Mogenson y Yim (1980) propusieron que el estriado ventral, concretamente el *Acc*, era una estructura clave en el enlace funcional de la motivación a la acción en la rata. Con respecto a la conducta materna se conoce que participa directamente en el control del despliegue de las conductas maternas activas (construcción de nido, acarreo). El *Acc* se divide anatómicamente en dos partes: el núcleo y la corteza; se han estudiado éstas subdivisiones para definir su funcionamiento específico y sus implicaciones en diferentes conductas (Li y Fleming, 2003; Keer y Stern, 1999). Con respecto a la conducta materna, se ha encontrado que la corteza tiene mayor implicación en el procesamiento motor (Li y Fleming, 2003). De manera específica, se ha encontrado que el núcleo juega un papel crítico en la experiencia materna y lesiones en esta zona interrumpen por completo tal proceso. Tales lesiones producen un efecto en la conducta de acarreo en la rata, más no afecta a otras conductas de la respuesta materna.

Se ha encontrado por medio de la técnica de inmunocitoquímica, en la rata, que algunas zonas límbicas y del hipotálamo, entre ellas *Ame*, *NBST*, *septum ventrolateral* e *hipotálamo medial*, se activan en hembras vírgenes por la exposición a las crías, en comparación con hembras lactantes, lo que sugiere que estas áreas pueden participar activamente en las respuestas de defensa y evasión de las crías (Sheehan y cols., 2000). Estudios realizados al respecto en ratas han reportado que lesiones particularmente en la *AME*, parecen facilitar la aparición de la conducta materna (Fleming y cols., 1980). Probablemente, la amígdala es importante para el aprendizaje sensorial que se produce durante la conducta materna, y parece ocupar un lugar central en la producción de las reacciones de miedo inicial de las nuevas madres a las crías.

En humanos, mediante la técnica de Resonancia magnética funcional (RMF), se encontró que al exponer a padres y a no padres, a estimulación auditiva consistente en llanto y risa de bebé, la Ame se activó ante la estimulación de risa de bebé en ambos grupos, pero ante el estímulo de llanto de bebé sólo en no padres, más no en padres, lo que da pie a pensar que la amígdala es una interfase de la percepción de los estímulos, ya sea positiva o negativa (Seifritz y cols., 2003).

También se ha propuesto que la Ame de manera conjunta con otras áreas, pudiera estar implicada en la motivación derivada de la maternidad y la respuesta a las señales del bebé, con base en un estudio realizado por Kim y col. (2010), quienes evaluaron a un grupo de madres en diferentes etapas posteriores al parto (2-4 semanas y 3-4 meses) observando que con el paso de los meses y de interacción con el bebé se presentaba un aumento del volumen de materia gris en el hipotálamo, en la sustancia *nigra*, el globo pálido y la Ame.

Otra área subcortical relacionada con la conducta maternal es la parte ventral del NBST. Se ha observado que si se producen lesiones excitotóxicas en esta región, se interrumpe el acarreo de las crías en ratas hembra en etapa postparto (Numan y Numan, 1996), por lo que se cree que tiene conexiones con ATV, a quien se le ha relacionado con el control de las respuestas motoras orales, es decir, con el acarreo (Jones y Mogenson, 1979).

Por su parte, Morgan y cols. (1999) describieron que el APOm, tiene un papel relevante en el despliegue de la conducta maternal en la rata, ya que lesionando esta área se bloqueaban ciertas respuestas de la conducta, como acarreo, construcción de nido y echado (Numan, 1974); en contraste cuando se estimulaba eléctricamente podía facilitar el inicio de la respuesta materna (Numan, Corodimas, Numan, Factor & Piers, 1988). Evidencia actual indica que las proyecciones eferentes del APOm pueden activar el sistema dopaminérgico mesolímbico (DA), esencial para la aparición de respuestas maternas apetitivas hacia los críos (acarreo, acicalamiento genital, formación de nido) (Numan y Stolzenberg, 2009); en las hembras después del parto, estas interacciones promueven respuestas maternas voluntarias, no sólo regulando el inicio de la conducta materna, sino también el control de su continuidad en el período posparto (Stack y cols., 2002).

## Participación de la Corteza Prefrontal en la Conducta Maternal

La CPF ha sido definida como la región cortical con mayor número de conexiones con áreas asociativas temporales, parietales y occipitales (Portellano, 2005), además con la corteza de asociación posterior, la corteza premotora, los ganglios basales, el cerebelo, el hipocampo, la corteza del cíngulo, la amígdala, el hipotálamo y los núcleos del tallo cerebral; estos últimos encargados de llevar la información de las estructuras subcorticales a la corteza prefrontal (Goldberg, 2002).

La CPF, en el humano, se divide en tres áreas principales: CPF dorsolateral (CPFdl), implicada en tareas cognitivas, CPF orbital (CPFo), la cual se cree que es la encargada del procesamiento emocional; y la CPF medial (CPFm), es de carácter visceral-motor; estas dos últimas se han visto implicadas en el procesamiento de los aspectos sociales y emocionales, por lo que se les ha asociado a la conducta materna (Amodio y Frith, 2006). La CPFm incluye además la corteza del cíngulo anterior, quien es la que dirige la reacción interna ante los demás y mantiene la motivación y el interés de convivir con otros. (Tekin y Cummings, 2002; Roney, 2002). La CPF corresponde a las áreas 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 24, 32, 46 y 47 de Brodmann (Figura 2) (Fuster, 2002).

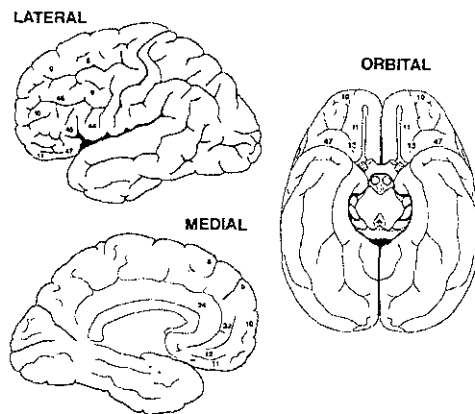


Figura 2. Divisiones de la Corteza Prefrontal (Fuster, 2002).

Como hemos visto, la conducta materna es una conducta motivada y socialmente relevante, por tal motivo la CPF representa una región de gran importancia para la conducta materna. En un estudio de caso, se analizó la importancia de esta área en el desarrollo de la conducta materna, donde tras daño temprano en CPF ventromedial, en edad adulta se observó una marcada insensibilidad a las necesidades del bebé (Anderson y cols., 1999), lo que se manifestó como una inadecuada conducta materna.

En humanos, en específico en mujeres, también hay reportes con diferentes técnicas de imagenología, donde ante la estimulación visual o auditiva, se han encontrado incrementos de la activación prefrontal. Lorberbaum y cols. (1999) fueron de los primeros en estudiar el cerebro materno humano: en un primer estudio con cuatro madres en periodo de postparto tardío (hasta 3.5 años), mediante la técnica de resonancia magnética funcional (RMF) observó un incremento de la activación de CPFm derecha al ser expuestas a llanto de bebé; en un segundo estudio utilizando el mismo tipo de estimulación, pero con mujeres en postparto temprano (4 a 8 semanas postparto) además observó, activación de la corteza orbitofrontal (Lorberbaum y cols., 2002).

Otros estudios con esta misma técnica realizados también en madres, han reportado que diferentes regiones del cerebro incluyendo la sustancia *nigra*, la Ame, el tálamo, la corteza parietal y la CPF se activan en respuesta a los estímulos relacionados con los bebés, respaldando la función de estas áreas del cerebro en el desarrollo y la expresión del comportamiento parental (Lenzi y cols., 2008; Lorberbaum y cols., 2002; Strathearn y cols., 2008; Strathearn y cols., 2009).

Así mismo, la CPF pudiera estar involucrada en la integración de la información somatosensorial que es recibida en el cerebro y se ve reflejada en el seguimiento de respuestas parentales (Afonso y cols., 2007).

En cuanto a estimulación visual, Nitschke y cols. (2004), observaron cómo se activaba el cerebro de madres de entre 2 y 4 meses postparto, ante imágenes de sus propios hijos contra imágenes de niños desconocidos, de la misma edad. Por medio



de RMF reportaron una activación bilateral de la CPFo, la cual se correlacionó subjetivamente con niveles agradables de estado de ánimo.

En un estudio más reciente realizado con madres, utilizaron videos a color, sin sonido, bajo dos situaciones diferentes, sonriendo hacia la madre o llorando por ella, de su propio hijo, así como videos de niños desconocidos bajo las mismas condiciones, de edades similares, mediante RMF, se observó una gran activación en zonas encargadas del reconocimiento de rostros, también se encontró mayor activación bilateral de la CPFo y CPF dorsomedial derecha ante los videos de llanto de su propio hijo, lo que muestra un mecanismo neuronal quizá enfocado en los comportamientos maternos y de alertamiento para la protección del infante (Noriuchi y cols., 2008).

### **Participación de la Corteza Temporal en la Conducta Maternal**

El lóbulo temporal se encuentra por debajo de la cisura lateral y por delante de la proyección de la cisura parieto-occipital. Las áreas funcionales que se describen en este lóbulo son el área auditiva primaria (41 de Brodmann) el área auditiva secundaria (42 de Brodmann), una área olfativa primaria en el uncus y áreas asociativas superiores. A esta corteza también se le ha llamado como corteza psíquica, ya que al estimularla experimentalmente se evocan recuerdos relacionados con experiencias vividas anteriormente. Esta área cerebral es considerada parte de la cama paralímbica, conformada además por la CPFo posterior y la ínsula; dichas áreas están involucradas en la vinculación cognitiva con estados emocionales y viscerales.

Particularmente se ha observado la activación del lóbulo temporal en trabajos de imagenología ante estimulación auditiva (llanto de bebé) en madres primíparas, lactantes. Donde se observó que la corteza del cíngulo, tálamo medial, corteza prefrontal medial, así como orbital derecha, se activaron ante el estímulo del llanto de bebé; con lo que se relaciona al tálamo medial con la corteza temporal, que tiene fuertes conexiones tanto con la CPFdl y medial, así como con el surco temporal (Lorberbaum y cols., 2002).

En relación a la estimulación visual, Ranote y cols. (2004) utilizaron videos de bebé propio, bebé desconocido y un video neutro de automóviles en movimiento; todo esto, para provocar activación en madres. Por medio de RMF, se encontró mayor activación ante el video del propio hijo, sugiriendo que la Ame y la corteza temporal anterior, podrían ser sitios claves en la mediación de respuesta materna hacia su hijo, por otro lado confirma la importancia del procesamiento de reconocimiento facial de emociones, así como las respuestas en el comportamiento social ante éstas expresiones.

### **Participación de la Corteza Parietal en la Conducta Maternal**

El lóbulo parietal se localiza por detrás de la cisura central y sobre la cisura lateral. Su límite es la proyección de la cisura parieto-occipital. Contiene a las áreas sensitivas primarias y secundarias. La corteza parietal posterior se divide en dos lobulillos: superior e inferior. El superior localizado dentro de las áreas 5 y 7 de Brodmann, mientras la parte inferior corresponde a las áreas 39 y 40 de Brodmann; se ha involucrado a estas dos regiones en el procesamiento de información visual principalmente. La corteza parietal anterior está relacionada con la modalidad somatosensitiva en el lóbulo parietal superior y, con la integración de información somatosensorial y visual en el lóbulo parietal inferior (Leiguarda, 2003); además de generarse la integración de información auditiva y verbal (Binkofski y cols., 1999). El área 7 tiene conexiones con zonas visuales asociativas, lo que indica que tiene algunas funciones visuales, sus abundantes conexiones con corteza prefrontal y el cíngulo, sugieren su participación en procesos emocionales y atencionales.

Se sabe que la corteza parietal posterior (área de asociación) tiene funciones sensoriales (visual, somatoestéticas, vestibulares y auditivas), motoras (movimientos de los ojos y somáticos) y conductuales (interacción sensoriomotora, esquema espacial) (Hyvärinen, 1982). Por lo que se cree que existe un circuito llamado prefronto-parietal que forma conexiones destinadas a transformaciones sensoriales y motoras específicas. Su función principal es transformar esta información sensorial en acción (Leiguarda, 2003). El tálamo, la corteza parietal y el tallo cerebral cumplen

importantes funciones para el procesamiento somatosensorial infantil relacionados con la información recibida, como el olfato, el tacto, y las vocalizaciones (Xerri y cols., 1994). En este sentido, se han realizado estudios donde se observan cambios plásticos dramáticos en la corteza parietal en los primeros meses de presentarse la conducta materna, relacionados con áreas de la corteza somatosensorial, responsable de detectar sensaciones de rápida expansión en el área ventral en contacto con las crías (Xerri y cols., 1994). Por otra parte, estos cambios plásticos en la corteza parietal sólo se producen cuando las ratas madre interactúan con sus crías, pero no cuando se les expuso a estimulación olfatoria o auditiva (Fleming y Korsmit, 1996).

### **Regulación emocional de la Conducta Maternal**

Se ha descrito que la carga emocional contenida en la estimulación visual, influye en la respuesta cerebral conductual y en el procesamiento cognitivo ante los mismos. En el contexto de la conducta materna, se sabe que las respuestas o conductas maternas hacia el bebé cambian en relación al estado emocional del bebé; son distintas las conductas desplegadas cuando el bebé llora, o cuando está alegre. Asimismo, se ha reportado que el grado de activación cerebral en madres biológicas es diferente cuando observa a su bebé llorando o sonriendo. Por ejemplo, en un estudio realizado por Strathearn y cols. (2008) en el que participaron 28 madres primerizas, a quienes se les mostraron videos de su propio hijo y de niños desconocidos bajo 3 estados, feliz (sonriendo), neutro (sin expresión emocional) y triste (llorando), por medio de la técnica RMF, observaron que se activaron áreas asociadas con el sistema recompensante (ATV, sustancia *nigra*, estriado y CPF) particularmente en respuesta al video del hijo propio sonriendo, mas no en el video de su hijo llorando.

Finalmente, es importante destacar que existe un único estudio en el que se analiza la respuesta cerebral de madres biológicas y madres adoptivas ante rostros de propio infante y bebé desconocido (Grasso y cols., 2009). Por medio de la técnica de Potenciales relacionados a eventos (PREs), los autores describen en todas las madres, independientemente de ser madres biológicas o adoptivas, un componente

relativamente temprano en forma de onda (N1, P2 y N2) en áreas frontocentrales, que inicia entre los 100 a 150 milisegundos y que dura algunas milésimas de segundos. Dicho componente es relacionado con el valor y significado emocional e incremento de atención de las madres ante las imágenes de sus propios hijos.

Este componente también fue descrito por Eimer y Holmes, 2007, en relación con una activación generada por rostros afectivos positivos en comparación con rostros neutrales.

## **Planteamiento del Problema**

La conducta maternal ha sido definida como aquellas conductas de cuidado que son desplegadas por una hembra hacia un organismo inmaduro, aumentando la probabilidad de sobrevivencia de ese organismo. Existen tres sistemas interrelacionados que participan en la regulación de la conducta maternal, éstos son el sistema endocrino, el nervioso y el sensorial. Cada uno de estos sistemas influyen de manera importante: el sistema endocrino estimula la liberación de hormonas que se encargarán del mantenimiento del embarazo y facilitarán el inicio de la conducta materna; el sistema nervioso al procesar los estímulos externos provenientes de la progenie, generan una respuesta, que se traduce en una conducta de cuidado efectuada por la madre; y finalmente el sistema sensorial, encargado de percibir todos estos estímulos relacionados con el bebé que vendrán a retroalimentar el circuito maternal.

Estudios previos han descrito que en mujeres madres se presentan diferentes grados de activación cerebral en relación a la estimulación visual y auditiva provenientes de bebés, resultados que se ha sugerido reflejan el procesamiento sensorial y/o estado afectivo de las madres. Mujeres que adoptan bebés manifiestan conductas de cuidado y establecen vínculos afectivos que parecen ser similares a los desplegados por una madre biológica, sin embargo, hasta donde se conoce son pocos los estudios que han evaluado el funcionamiento cerebral relacionado con dicha manifestación maternal.

La información visual es uno de los estímulos más eficientes para inducir o promover la conducta maternal, y varios trabajos experimentales, en los cuales han utilizado este tipo de estímulos, muestran una activación de diferentes áreas corticales y subcorticales. En este contexto, se ha descrito una activación importante de las cortezas prefrontal y parietal, en madres biológicas, en respuesta a estímulos visuales de sus propios hijos respecto a bebés desconocidos.

Desde esta perspectiva, la presente investigación pretende determinar los cambios electroencefalográficos de áreas frontales, temporales y parietales en madres biológicas y madres adoptivas, ante estímulos visuales, con diferente contenido emocional, relacionados con un bebé. Dichos cambios, podrían reflejar el procesamiento neurofisiológico y/o estado afectivo de las madres, aspectos que a su vez estarían implicados con las conductas de cuidado que despliegan hacia sus hijos.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Caracterizar la actividad eléctrica cortical de madres biológicas y adoptivas ante la presentación de videos de un bebé con diferente contenido emocional, llanto y sonrisa.

### **Objetivos Particulares**

Caracterizar la actividad eléctrica cortical (potencia absoluta) de las áreas frontales, parietales y temporales en madres biológicas y adoptivas ante la presentación de videos de un bebé con diferente contenido emocional (llanto y sonrisa).

Determinar si la valencia (agradable/desagradable) y activación general provocada por los videos de llanto y sonrisa de un bebé, se relacionan con cambios electroencefalográficos característicos en las madres biológicas y adoptivas.

## **Hipótesis**

### **Hipótesis General**

La actividad eléctrica cortical (potencia absoluta) ante la presentación de videos de un bebé con diferente contenido emocional, llanto y sonrisa, presentará patrones electroencefalográficos similares en madres biológicas y adoptivas.

### **Hipótesis Específicas**

La actividad será similar en madres biológicas y madres adoptivas ante la observación de un video de un bebé sonriendo, pero será diferente ante la observación de un video de un bebé llorando.

Las madres, tanto biológicas como adoptivas, evaluarán el video de sonrisa como agradable, mientras que el video de llanto será evaluado como desagradable y provocará una mayor activación. Las calificaciones de valencia y activación se asociarán con patrones electroencefalográficos característicos.



## **Materiales y Métodos**

### **Participantes**

Participaron 30 mujeres de 25 a 45 años, sanas, diestras, con características económicas, educativas y sociales similares y al menos con un año de casadas o con pareja estable, las cuales se dividieron en tres grupos; diez de las participantes fueron madres biológicas (MB) y diez madres adoptivas (MA), en ambos grupos todas primerizas, con un tiempo de 6 meses a 2 años y medio de haber tenido a su bebé, las madres biológicas no se encontraban lactando; las diez mujeres restantes fueron no madres (NM).

### **Criterios de Inclusión**

Todas las voluntarias fueron mujeres de nacionalidad mexicana, de entre 25 y 45 años de edad, sanas, diestras, con características educativas y sociales similares, con pareja estable, sin ningún tipo de enfermedad psiquiátrica o psicológica, no farmacodependientes y al momento del experimento no estaban consumiendo medicamentos.

Como criterio de inclusión también fueron considerados los puntajes normalizados en México de 3 escalas:

Escala de Depresión de Beck (Jurado y cols., 1998), aplicada con la finalidad de descartar síntomas característicos de este trastorno psicológico. Dicha prueba consiste en 21 aseveraciones y el evaluado tiene que indicar los síntomas que sintió la última semana, en una escala de 4 puntos, tomando el 0 como "poco o nada", al valor 3 como "severamente". Los puntos resultantes son sumados para obtener el

valor, siendo el puntaje de 0 a 63 el rango, sólo las participantes que obtuvieron un puntaje menor de 21 puntos entra dentro de los valores normalizados (Anexo III).

Escala de Ansiedad de Beck (Robles y cols., 2001), la cual permitió excluir aquellas mujeres que presenten un grado de ansiedad que interfiera con las características de los registros. Compuesta por 21 reactivos, cada uno de los cuales se califican en una escala de 4 puntos, donde 0 significa "poco o nada" y 3 "severamente" de la indicación en cuestión, de las cuales el evaluado tiene que indicar que tan frecuente ha sentido los síntomas en los últimos 7 días.

Escala de Atención Neuropsi (Ostrosky-Solis y cols., 2003) (en sus áreas de detección visual, dígitos y series sucesivas) aplicada con el fin de filtrar aquellas participantes con problemas para atender a los estímulos, donde los valores menores a 7.9 y 1 puntos normalizados respectivamente, indican un bajo rendimiento atencional.

### **Estímulos Visuales**

Los estímulos visuales fueron grabados con una video cámara digital Sony Handycam de 1.0 megapíxeles. Las imágenes se recortaron a 640 x 480 píxeles, de manera que se enfoca sólo la cara, el cuello y los hombros del bebé. El espacio que rodea la cabeza, el cuello y los hombros se encontraba con fondo beige. Se grabaron 2 videos a color, sin sonido, de un infante desconocido, de sexo femenino de 4 meses de edad, quien participó en ambos videos con la misma ropa: uno de ellos durante llanto (inducido por separación de la madre) y el segundo mientras sonríe. El tercer video se incluyó como video control, con la finalidad de corroborar si los cambios EEG resultan de la simple estimulación visual o del procesamiento emocional de cada video; éste consistió en la observación de ondas en movimiento, a color, sin sonido, en batería de calma relativa del Reproductor Windows Media Player generadas al reproducir la canción "Love Comes" del grupo The Posies (sin sonido). Todos los estímulos fueron presentados a las participantes por medio de una computadora tipo lap-top; el orden de las condiciones fue contrabalanceando en cada registro dependiendo de los grupos de madres.

### **Escala SAM (Self-Assesment Manikin)**

Con el objeto de que las participantes calificaran los estímulos visuales respecto a valencia (agradable-desagradable) y nivel de activación (alta activación-baja activación), se aplicó la escala de autoevaluación de Manikin (SAM) (Bradley y Lang, 1994). Dicha escala consiste en una serie de 5 dibujos en escala gradual de +2 a -2 en el caso de la valencia y de 5 a 1 en el caso del nivel de activación (ver anexo II).

### **Registro Electroencefalográfico**

#### **Fase I**

Todas las participantes firmaron un formato de consentimiento para participar en este experimento (Anexo I). Se les pidió que asistieran al laboratorio sin haberse desvelado la noche anterior, o haber dormido las horas acostumbradas, cabello limpio, sin tratamiento alguno; además de estar en el rango entre el día 4 a 8 postmenstrual, con el fin de que todas las participantes tuvieran niveles hormonales semejantes. Se registraron bajo cuatro condiciones: un registro basal con ojos abiertos (LB), durante el video de llanto (LL), de sonrisa (SO) y el estímulo neutro (NE).

La señal se registró en un polígrafo Grass modelo P7; se colocaron los electrodos de forma bilateral de acuerdo al sistema internacional 10-20 (Figura 3), en zonas frontales (F3-F4), temporales (T3-T4) y parietales (P3-P4), con filtros de 1 a 60 Hz. Se tomaron muestras de 1,024 puntos a una frecuencia de 512 Hz. Se utilizaron electrodos de tipo platillo con recubrimiento de chapa de oro. La impedancia de los electrodos fue menor de 10 Kohms. También se registró el electrooculograma en el canto superior derecho e inferior izquierdo, para el control de movimientos oculares, y el electrocardiograma.

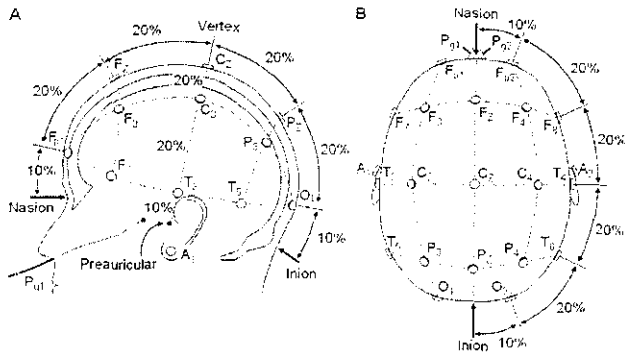


Figura 3. Representación esquemática de la colocación de electrodos mediante el sistema internacional 10-20 (Jasper, 1958) y su nomenclatura (A. vista lateral, B. vista superior).

El EEG fue capturado en una computadora tipo PC, a través de un convertidor analógico digital de 12 bits de resolución, por medio del programa de captura de señales electroencefalográficas (Captusen; Guevara, Ramos-Loyo, Hernández-González, Madera-Carrillo & Corsi-Cabrera, 2000) especializado en este tipo de análisis.

Se recibió a la participante el día del registro y se le pidió que firmara una carta de consentimiento en donde se le informó del procedimiento y objetivos del estudio.

Se le aplicaron los cuestionarios:

- Escala de Depresión de Beck.
- Escala de Ansiedad de Beck.
- Escala de Atención de Neuropsi.

Terminado esto, se procedió a prepararla para el registro Electroencefalográfico.

## Fase II

Se colocaron los electrodos en las áreas indicadas y se registró una línea basal por 3 minutos, para lo que se le pidió que mirara un punto fijo y evitara parpadear. Enseguida se le dieron 3 minutos de descanso y, posteriormente se registró la actividad eléctrica cerebral (EEG) ante los tres estímulos visuales, descansando 3 minutos entre estímulos. De la misma manera se le pidió que en la mayor medida posible evitara parpadear (Figura 4).

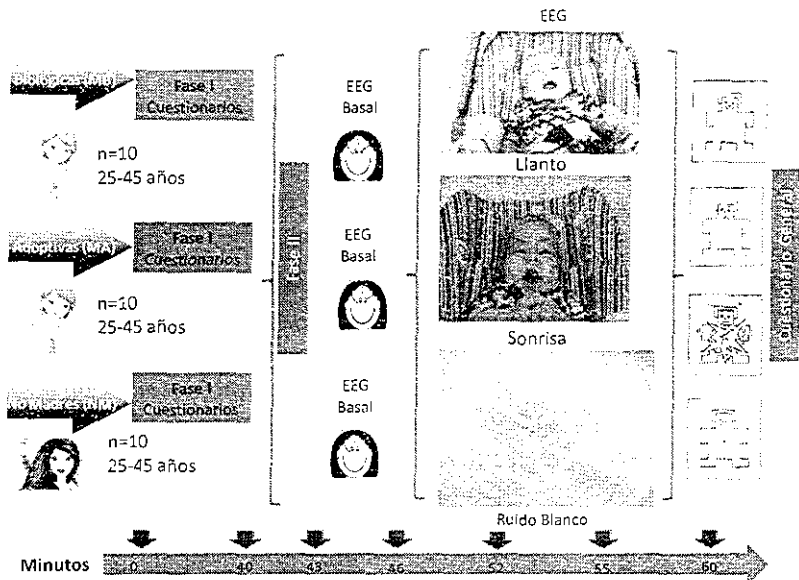


Figura 4. Diagrama del diseño experimental. 30 participantes (10 por grupo), a quienes se les aplicaron las escalas para los criterios de inclusión (Depresión y Ansiedad de Beck y Atención de Neuropsi). Registro de la actividad eléctrica cerebral (EEG) en reposo con ojos abiertos (EEG Basal) y ante la presentación de los 3 estímulos visuales (Llanto, Sonrisa, Ruido Blanco) presentados de manera contrabalanceada. Evaluación de cada video de acuerdo a su valencia (agradable o desagradable) y la activación provocada por el mismo (Escala SAM). Finalmente aplicación de un cuestionario de datos generales.

Después de cada estímulo se les pidió que calificaran los mismos con la Escala de Manikin antes mencionada; también, al finalizar el registro en todas las condiciones, se les pidió que completaran un cuestionario de datos generales; al terminar se desconectó del polígrafo y se retiraron los electrodos, agradeciéndoles su participación.

### **Análisis del EEG**

Se revisó el EEG fuera de línea para eliminar segmentos contaminados por movimientos oculares, así como por frecuencia cardíaca. Posteriormente, mediante un análisis de Transformada Rápida de Fourier (TRF), se obtuvieron los valores transformados a logaritmo de la potencia absoluta (PA) para las bandas tradicionales del EEG ( $\delta$  de 1.5 -3.5 Hz;  $\theta_1$  de 4 -5.5;  $\theta_2$  de 6-7.5 Hz;  $\alpha_1$  de 8- 9.5 Hz;  $\alpha_2$  de 10-12.5 Hz;  $\beta_1$  de 13-17.5 Hz;  $\beta_2$  de 18-25 Hz y  $\gamma$  de 30-60 Hz). Esto con las diferentes condiciones, línea base (LB) y la observación de los videos de llanto (LL), video de sonrisa (SO) y video neutro (NE).

## **Variables**

### **Variables Independientes**

Condición de las mujeres: no madres, madres biológicas y madres adoptivas.

Registro en cuatro condiciones: línea basal: ante la observación de video a color, sin sonido, de llanto de un bebé; ante la presentación de video a color, sin sonido, de risa de un bebé; y ante la observación de un video neutro, que consiste en la observación de ondas en movimiento, a color, sin sonido, en batería de calma relativa del Reproductor Windows Media Player con la reproducción, de la canción "Love Comes" del grupo The Posies.

## **Variables Dependientes**

Potencia Absoluta (PA) de las diferentes bandas EEG de las áreas frontales, temporales y parietales en todas las condiciones.

Valencia

Activación general

## **Análisis Estadístico**

### **Escalas de Evaluación de los estímulos visuales (SAM)**

Con la finalidad de encontrar si existían diferencias entre grupos en cuanto a la evaluación de los estímulos visuales en relación a su valencia y grado de activación que generaron, se realizó un análisis de varianza completamente aleatorizado de un factor.

### **EEG**

Con los valores normalizados de la actividad eléctrica (EEG) se realizaron análisis de varianza (ANDEVAS) de parcelas divididas de 2 factores (axb) para las bandas tradicionales del EEG.

En donde:

Factor A = Grupos [No madres (NM), Madres Biológicas (MB) y Madres Adoptivas (MA)].

Factor B = Condiciones (LB, LL, SO, NE).

Posteriormente, con las interacciones significativas se realizaron pruebas Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .



## Resultados

### Escalas de depresión, ansiedad y subpruebas de atención Neuropsi

Como puede observarse en la Tabla 1, tanto en la escala de ansiedad como en la de depresión, ninguna de las participantes sobrepasó el puntaje medio que indica la presencia de estos padecimientos. Por otro lado, en la Escala de Atención Neuropsi (en las subpruebas de detección visual, dígitos y series sucesivas) los valores obtenidos en los tres grupos presentaron una puntuación dentro del rango normal.

Tabla 1. Media  $\pm$  error estándar de los puntajes obtenidos en las escalas de depresión, ansiedad y subpruebas de atención del Neuropsi en los 3 grupos.

Grupos	Depresión	Ansiedad	Detección Visual	Detección de dígitos	Series Sucesivas
	Media $\pm$ ES	Media $\pm$ ES	Media $\pm$ ES	Media $\pm$ ES	Media $\pm$ ES
Ng Madres (NM)	5.30 $\pm$ 1.58	6.60 $\pm$ 2.00	17.60 $\pm$ 0.45	13.70 $\pm$ 0.61	13.20 $\pm$ 1.07
Madres Biológicas (MB)	10.10 $\pm$ 1.88	9.40 $\pm$ 1.79	16.90 $\pm$ 0.56	13.70 $\pm$ 0.21	11.30 $\pm$ 1.45
Madres Adoptivas (MA)	4.30 $\pm$ 1.28	5.70 $\pm$ 1.04	17.30 $\pm$ 0.33	14.00 $\pm$ 0.00	12.30 $\pm$ 4.99

## Evaluación escala SAM

Los estímulos visuales presentados no generaron diferencias significativas entre grupos en cuanto a la valencia de agrado/desagrado o en el nivel de activación que generaron. De manera general, se encontró una tendencia en los tres grupos (NM, MB, MA) a evaluar el video LL como desagradable, ya que la mayoría (7/10, 6/10, 5/10, respectivamente) lo valoró con puntajes entre -2 y -1; mientras que en la evaluación de SO, se encontró que las madres, tanto biológicas como adoptivas (10/10), la evaluaron con puntajes altos pertenecientes al valor de muy agradable (+2), mientras que las no madres (6/10) la calificaron como agradable (+1); por otro lado, se observó que con respecto al NE los tres grupos (4/10, 5/10, 6/10) lo evaluaron como neutro, ya que la mayoría lo calificó con puntajes entre 0 y +1.

De igual manera, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la activación provocada por los estímulos. Haciendo una descripción de lo reportado por los grupos, respecto al LL, el grupo de no madres (4/10) lo categorizó como poco activador (2); las madres, tanto biológicas como adoptivas (4/10) lo evaluaron como activador, ya que la mayoría lo calificó con puntajes de 4 y 3; mientras que con SO, las NM lo evaluaron como un estímulo medio o tranquilo (7/10), y las MB y MA lo calificaron como altamente activador (puntajes de entre 3 a 5); por otro lado, con respecto al NE, se observó que los tres grupos lo evaluaron entre nada o poco activador, ya que la mayoría (3/10, 7/10, 4/10) lo calificó con puntajes entre 0 y 1.

## Resultados Electroencefalográficos

### Comparación por grupos

#### EEG Basal

Durante el registro basal, las MB se caracterizaron por presentar una mayor PA en la banda theta en áreas frontales en relación con las MA [ $F_3 F_{(2,27)}=3.48$ ;  $F_4 F_{(2,27)}=2.49$ ]. En zonas parietales, presentaron también una mayor PA de delta [ $P_3 F_{(2,27)}=2.71$ ;  $P_4 F_{(2,27)}=4.59$ ] con respecto a MA y NM (Figura 5).

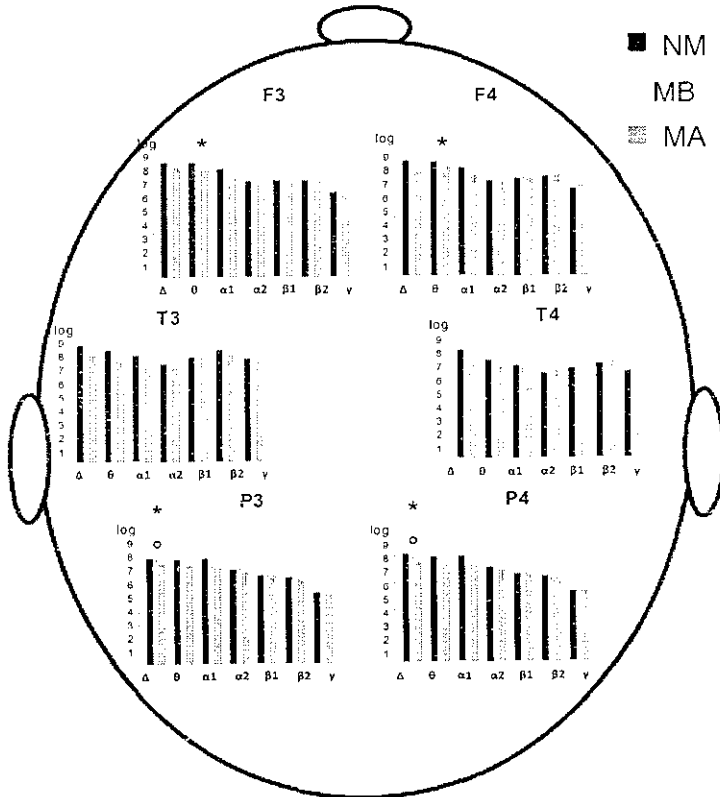


Figura 5. Media  $\pm$  error estándar de PA (log) en la condición de LB de los tres grupos: no madres (NM), madres biológicas (MB) y madres adoptivas (MA).

\* $p < 0.01$  MB respecto a MA      ° $p < 0.01$  MB respecto a NM

### EEG durante Llanto

Ante este estímulo emocional, de igual manera las MB se caracterizaron por presentar una mayor PA de theta en frontales [F3  $F_{(2,27)}=3.48$ ; F4  $F_{(2,27)}=2.49$ ], respecto a las MA. También en la banda delta, las MB presentaron una mayor PA en áreas parietales [P3  $F_{(2,27)}=2.71$ ; P4  $F_{(2,27)}=4.59$ ] con respecto a MA y NM (Figura 6).

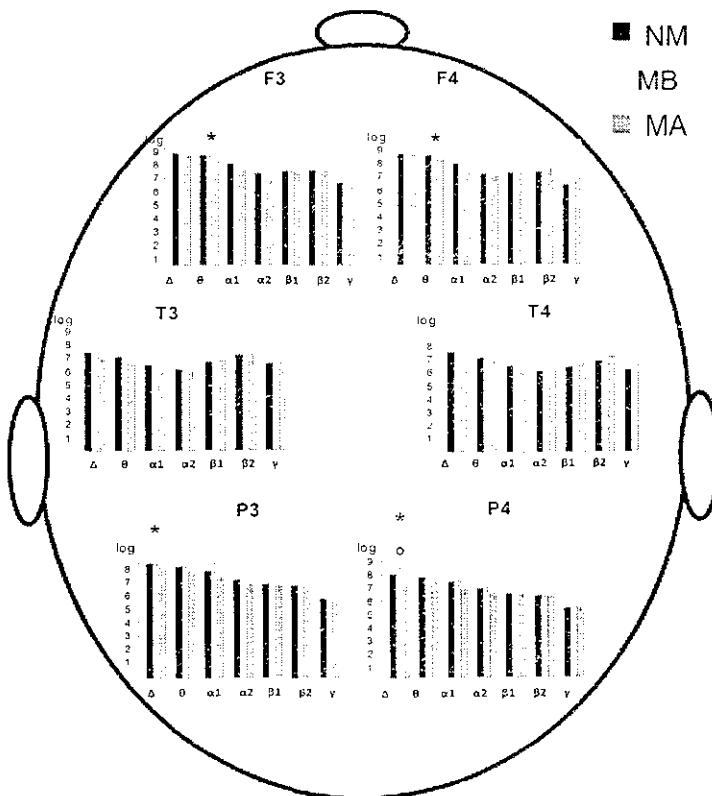


Figura 6. Media  $\pm$  error estándar de PA (log) en la condición de I.L. de los tres grupos: no madres (NM), madres biológicas (MB) y madres adoptivas (MA).

\* $p < 0.01$  MB respecto a MA      ° $p < 0.01$  MB respecto a NM

### EEG durante Sonrisa

Durante la observación del video de sonrisa, las MB presentaron una mayor PA sólo en la banda theta en áreas frontales [F3  $F_{(2,27)}=3.48$ ; F4  $F_{(2,27)}=2.49$ ] con respecto a MA (Figura 7).

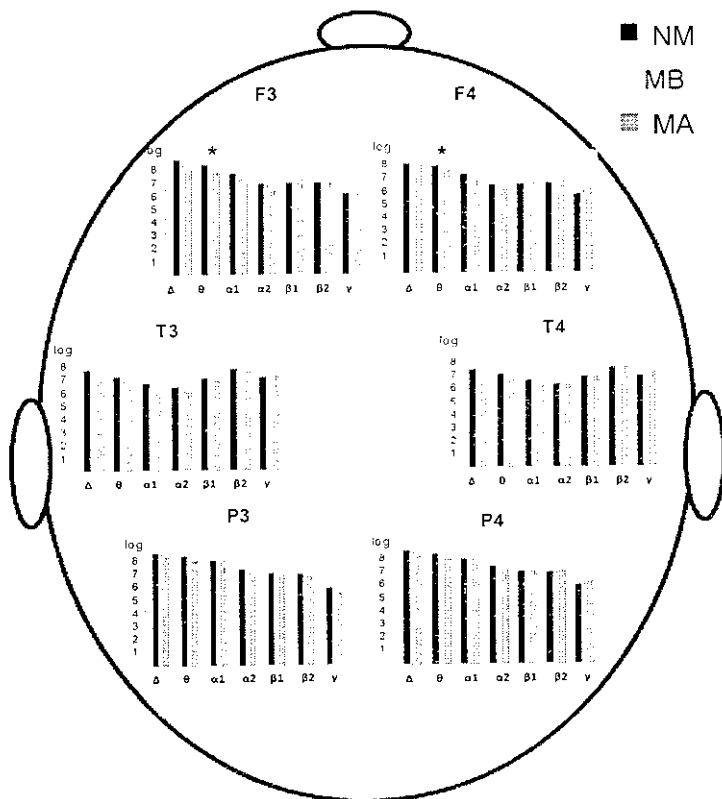


Figura 7. Media  $\pm$  error estándar de PA (log) en la condición de SO de los tres grupos: no madres (NM), madres biológicas (MB) y madres adoptivas (MA).

\* $p < 0.01$  MB respecto a MA      ° $p < 0.01$  MB respecto a NM

### EEG durante video Neutro

Durante la observación del estímulo neutro se encontró también que las MB mostraron una mayor PA de theta en zonas frontales [F3  $F_{(2,27)}=3.48$ ; F4  $F_{(2,27)}=2.49$ ] así como en la banda delta, en áreas parietales [P3  $F_{(2,27)}=2.71$ ; P4  $F_{(2,27)}=4.59$ ], con respecto a MA y NM (Figura 8).

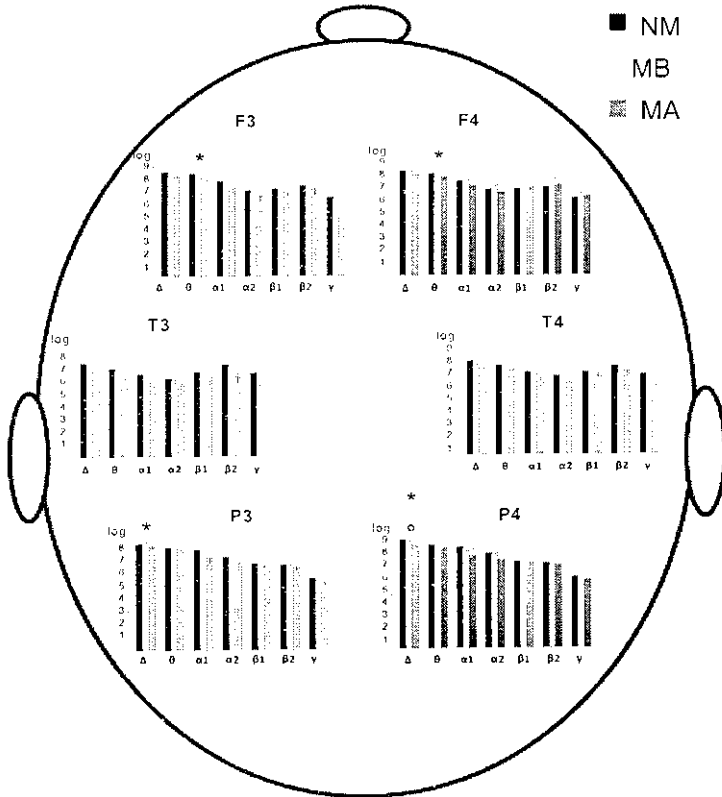


Figura 8. Media  $\pm$  error estándar de PA (log) en la condición de NE de los tres grupos: no madres (NM), madres biológicas (MB) y madres adoptivas (MA). \* $p < 0.01$  MB respecto a MA  $^{\circ}p < 0.01$  MB respecto a NM

### Comparación por condiciones

En la comparación por condiciones se encontraron importantes diferencias en cada grupo con respecto a la activación producida por cada estímulo. Para facilitar la interpretación de resultados, se optó por realizar tablas donde se resume la actividad característica ante los estímulos emocionalmente relevantes, sin embargo, en el apéndice II se encuentran las gráficas de cada grupo por banda y su descripción.

## Madres Biológicas

Como se puede observar en la Figura 9, las MB se caracterizaron por presentar, específicamente ante el video de SO, una menor PA de la banda  $\alpha_1$ , prácticamente en todas las derivaciones, además de un aumento de PA en bandas rápidas sobre todo en regiones temporales y en menor grado en parietales.

Bandas	F3	F4	T3	T4	P3	P4
Delta						
Theta						
Alfa 1	↓ ↓	↓ ↓		↓ ↓	↓ ↓	↓ ↓
Alfa 2			↑	↑ ↓		↓ ↓
Beta 1			↑ ↑	↑ ↑ ↑	↑ ↑	
Beta 2			↑ ↑ ↑	↑ ↑ ↑ ↑	↑ ↑	
Gamma			↑ ↑ ↑	↑ ↑ ↑	↑	↑ ↑




Figura 9. Representación de las diferencias significativas de activación en la PA de las diferentes bandas EEG que presentaron las MB ante los estímulos emocionalmente relevantes. SO= Video Sonrisa, NE= Video Neutro, LB= Línea basal, LL= Video llanto. En todas las condiciones, las diferencias tuvieron una significancia de  $*p < 0.005$ .

## Madres Adoptivas

De manera similar al grupo de MB, las MA presentaron ante el estímulo de SO una menor PA de  $\alpha 1$  principalmente en las derivaciones frontales, así como en parietales (P4), asimismo, presentaron también un incremento de PA en bandas rápidas en temporales y parietales.

Algo que diferenció al grupo de MA es que de manera contraria al grupo de MB, las MA presentaron una mayor PA en bandas rápidas también ante el estímulo LL en regiones temporales y parietales (Figura 10).

Bandas	F3	F4	T3	T4	P3	P4
Delta						
Theta						
Alfa 1	↓	↓			↓	↓
Alfa 2			↑	↑ ↑		
Beta 1	↑ ↑		↑ ↑	↑ ↑	↑ ↑ ↑	↑ ↑
Beta 2			↑ ↑ ↑	↑ ↑		↑ ↑
Gamma			↑ ↑ ↑	↑ ↑	↑ ↑	↑ ↑




Figura 10. Representación de las diferencias significativas de activación en la PA de las diferentes bandas EEG que presentaron las MB ante los estímulos emocionalmente relevantes. SO= Video Sonrisa, NE= Video Neutro, LB= Línea basal, LL= Video llanto. En todas las condiciones, las diferencias tuvieron una significancia de  $*p<0.005$ .



## No Madres

El grupo de no madres presentó una menor PA de  $\alpha$  en todas las derivaciones, que, a diferencia de los grupos de madres, se asoció a la observación del video LL. En relación al video de sonrisa, solo unas cuantas diferencias fueron detectadas (mayor PA en temporal izquierdo y menor PA en parietal derecho) (Figura 11).

Bandas	F3	F4	T3	T4	P3	P4
Delta						
Theta						
Alfa 1						
Alfa 2						
Beta 1						
Beta 2						
Gamma						

SO vs. NE   
 SO vs. LI   
 SO vs. LB   
 LL vs. NE   
 LL vs. LB

Figura 11. Representación de las diferencias significativas de activación en la PA de las diferentes bandas EEG que presentaron las MB ante los estímulos emocionalmente relevantes. SO= Video Sonrisa, NE= Video Neutro. LB= Línea basal, LI= Video llanto. En todas las condiciones, las diferencias tuvieron una significancia de  $*p<0.005$ .

## Discusión

La conducta maternal es una conducta motivada polisensorial que, en el caso de los humanos, es principalmente inducida y modulada por los estímulos visuales y auditivos que son emitidos por el bebé. Se han descrito dos etapas de procesamiento de los estímulos: percepción y reconocimiento. La percepción se refiere a los procesos que ocurren inmediatamente después de la presentación del estímulo que dependen principalmente de cortezas sensoriales primarias. Mientras que el reconocimiento, requiere información adicional a las características físicas del estímulo, y requiere además un procesamiento funcional más avanzado involucrando a la Corteza Prefrontal (Starthearn, 2008) y el funcionamiento coordinado con otras áreas corticales de asociación como las áreas temporales y parietales.

El reconocimiento de una emoción en una expresión facial necesita información proveniente del conocimiento, tal como la asociación de la expresión con otros estímulos que ha experimentado el sujeto, por lo que involucra algún tipo de memoria (Haxby y cols., 2000). Los estímulos visuales, auditivos y olfatorios tales como llanto de bebé por hambre/separación o una cara sonriente son motivadores poderosos para una madre para responder a través de los cuidados, caricias, palabras o juego.

Este es uno de los pocos trabajos en los que se pudo constatar, mediante la técnica electroencefalográfica, que existe una diferencia sustancial en la actividad eléctrica cortical que presentan las madres y no madres, y que incluso, aún cuando el grupo de madres presenta algunas similitudes, también hay diferencias características entre las madres biológicas y las madres adoptivas ante la presentación de videos de bebé con diferente contenido emocional, llanto y sonrisa. Es importante señalar que los cambios en la actividad eléctrica cerebral cortical que se presentaron fueron en todas las áreas registradas: prefrontales (F3-F4), temporales (T3-T4) y parietales (P3-P4); regiones corticales que han sido asociadas con la modulación sensorial y

motivo-emocional de la conducta maternal (Amodio y Frith, 2006; Afonso y cols., 2007; Ranote y cols., 2004; Leiguarda, 2003).

### **Comparación por grupos**

Se encontró que el grupo de madres biológicas (MB) con respecto a las madres adoptivas (MA), se caracterizaron por presentar, en todas las condiciones, una mayor PA de theta en las derivaciones frontales. A la corteza frontal se le ha relacionado de manera general con el procesamiento motivo-emocional de las conductas motivadas, en este caso específicamente con la conducta maternal (Amodio y Frith, 2006; Nitschke y cols., 2004), así como con la asignación de valor incentivo de estímulos relevantes (Srathearn y cols., 2009). Por otro lado, la predominancia de frecuencias EEG lentas (principalmente theta) ha sido asociada con estados placenteros (Sammler y cols., 2007), de relajación (Cervantes y cols., 1992), de procesamiento interno (Inanaga, 1998), de atención interna y experiencias emocionales positivas (Aftanas y Golocheikine, 2001), así como con el procesamiento cognoscitivo y concentración meditativa (Raghavachari y cols., 2001).

El tratar de explicar este interesante resultado, así como los que mencionaremos más adelante resulta un poco difícil dada la carencia de estudios electroencefalográficos sobre todo en madres adoptivas, sin embargo, trataremos de establecer algunas interpretaciones. Se ha demostrado, por ejemplo, que las madres biológicas presentan prevalencia de ondas delta y theta mientras dan de lactar a su bebé (Cervantes y cols., 1992) así como durante la fase de sueño de ondas lentas (SOL), efecto que no ha sido observado en mujeres no madres (Nishihara y cols., 2004). El aumento de theta durante el sueño de ondas lentas en madres biológicas se ha asociado con los altos niveles de PRL característicos de la fase de lactancia. Estos mayores niveles de prolactina han sido detectados durante el sueño de ondas lentas incluso en madres biológicas que no están amamantando a su bebé y que lo alimentan con biberón (aunque durante el día sus niveles basales fueron similares a los de las mujeres no madres) (Liu y Park, 1988). Por otro lado, ha sido ampliamente fundamentado que la prolactina y la oxitocina juegan un papel muy importante en la

formación y mantenimiento de los lazos afectivo-emocionales, y que incluso sus niveles se incrementan en relación al amor maternal y de pareja (Pedersen y cols., 1994; Bartels, 2004; Storey y cols., 2000; Wynne-Edwards y Reburn, 2000). Con base en los datos anteriormente mencionados, es posible sugerir que la predominancia de frecuencias lentas que presentaron las madres biológicas en este estudio pudieran asociarse con los altos niveles de prolactina responsables del estado afectivo-emocional que presentan las madres biológicas. Si bien en este trabajo no hicimos una medición de los niveles de prolactina, es probable que como parte de los cambios plásticos que se presentan en el cerebro materno, esta predominancia de bandas lentas prevalezca en las madres biológicas a pesar de no estar lactando durante el estudio.

De manera similar, las MB presentaron también prácticamente en todas las condiciones, una mayor PA de la banda delta en áreas parietales (P3, P4). Como vimos anteriormente, tanto la banda delta como theta son consideradas bandas lentas y su presencia se han asociado con el procesamiento interno (Inanaga, 1998) y atención interna (Aftanas y Golocheikine, 2001). Está bien fundamentado que existe una estrecha conexión anatómica y funcional entre la corteza parietal y la corteza prefrontal, interacción funcional que sustenta la integración de información somatosensorial (Leiguarda, 2003), así como de los procesos emocionales y atencionales (Noriuchi y cols., 2008). Así, ya que el incremento de la banda delta ha sido asociada con el procesamiento interno o concentración para eliminar factores distractores (Inanaga, 1998), podríamos sugerir que este incremento de la PA de delta y theta en MB constituye un patrón funcional electroencefalográfico característico asociado a los procesos emocionales y atencionales de las MB. Existen numerosas evidencias de que, a consecuencia de la influencia hormonal durante el embarazo y lactancia ocurren importantes cambios estructurales y funcionales a nivel cerebral (Xerri y cols., 1994; Fleming y Korsmit, 1996), por lo que no es extraño entonces que la funcionalidad cortical de las MB sea diferente a aquella manifestada por las no madres y madres adoptivas ante todas las condiciones experimentales de línea base, llanto, sonrisa y video neutro.

## Comparación por condiciones

Uno de los resultados más interesantes de este estudio, es que, al analizar la actividad eléctrica cortical entre las diferentes condiciones se encontró que las MB, MA y NM presentaron una diferente funcionalidad cortical ante la observación de los diferentes estímulos visuales de un bebé. Si bien en los tres grupos de mujeres se observó una menor PA de  $\alpha 1$  prácticamente en todas las derivaciones, en el caso de las MB y MA tal decremento se presentó sólo mientras observaron el video de Sonrisa (SO), en tanto que en las NM este decremento se presentó en relación al video de Llanto (LL), hecho que marca una importante diferencia en la funcionalidad cortical de las mujeres madres y no madres.

La disminución de la actividad  $\alpha 1$ , ha sido reportada ampliamente en la literatura como un incremento en el nivel de activación cerebral, asociado con funciones cognoscitivas, como la atención para procesar estímulos relevantes, así como la respuesta emocional ante tales estímulos (Aftanas y Golocheikine: 2001; Kolev y cols., 2001; Jausovec y Jausovec, 2000; Klimesch y cols., 2000). El hecho de que este decremento de alfa se haya presentado sólo durante el video de sonrisa, sugiere que para las MB y MA este estímulo emocional positivo les resultó más relevante. Asimismo, se ha sugerido que quizá esta activación se basa en el recuerdo de experiencias previas para adaptarlas a situaciones nuevas y responder a ellas de manera adecuada (Klimesch y col., 2005; Klimesch y cols., 1997).

Ya que tanto en MB como en MA la menor PA de  $\alpha 1$  ocurrió sólo en respuesta al video de SO, es probable que este patrón EEG esté relacionado por una parte, con la activación generada en las madres para atender y responder a la sonrisa de un bebé, y, por otra, con el procesamiento y estado emocional que es inducido en las madres ante este estímulo, el cual fue calificado en la escala SAM por la mayoría de ellas como altamente agradable y activador. Cabe señalar que en nuestros resultados encontramos en particular una similitud en la activación de áreas frontales tanto en madres biológicas como en adoptivas ante los videos de bebé sonriendo, lo cual se relaciona con lo reportado en diferentes estudios realizados con imagenología en madres biológicas, las cuales, ante imágenes de sus propios hijos sonriendo

presentaron una mayor activación de la corteza prefrontal orbital, la cual también se correlacionó con la evaluación subjetiva de estado de ánimo agradable (Nitschke y cols., 2004; Strathearn y cols., 2008).

Existen en la literatura numerosas evidencias que apoyan la participación de la CPF en la conducta maternal. El funcionamiento de la CPF izquierda se ha involucrado en la construcción de estrategias de revalorización que pueden modular la actividad de múltiples emociones relacionadas con el sistema límbico (Ochsner y cols., 2002), además, como parte importante del circuito del sistema recompensante, la CPF juega un papel fundamental en el procesamiento emocional y de recompensa de la toma de decisiones (Morrison y Salzman, 2009; Rolls, 2004); en el caso particular de la maternidad, se ha observado su activación en madres biológicas al reportar fuertes emociones placenteras durante la interacción con sus hijos o simplemente al pensar en ellos (Nitschke y cols., 2004). Se cuenta también con varios reportes que sustentan la participación de la corteza parietal (Kim y cols., 2010) y temporal (Ranote y cols., 2004) en la modulación maternal, así, estos datos EEG muestran que el estado afectivo-emocional placentero que es generado por la sonrisa de un bebé en MB y MA se asoció con un decremento de  $\alpha 1$  en regiones frontales, parietales y temporales.

Esta sugerencia es también apoyada por los datos EEG obtenidos en NM, las cuales se caracterizaron por presentar un decremento de  $\alpha 1$  ante el video de LL, el cual en la evaluación SAM fue evaluado por este grupo como desagradable y poco activador. Es probable que este decremento de  $\alpha 1$  en las NM esté asociado con la activación generalizada que experimentan las mujeres al tratar de definir la emoción que les provoca dicho estímulo y/o con el reconocimiento de expresiones faciales en el rostro del bebé (Hasselmo y cols., 1989) (tal vez por su inexperiencia).

Las MB mostraron patrones electroencefalográficos diferentes ante los dos tipos de estimulación. En relación al video de SO, además de la característica menor PA de  $\alpha 1$  en todas las derivaciones referido anteriormente, presentaron una mayor PA muy evidente de todas las frecuencias rápidas en temporales ( $\alpha 2$ ,  $\beta 1$ ,  $\beta 2$  y  $\gamma$ ), lo que pudiera estar relacionado con lo encontrado en Gur y col. (1994) donde la activación del lóbulo temporal derecho se observó ante el procesamiento de

expresiones faciales emocionales. Por otro lado se sugiere que el lóbulo temporal derecho y en particular la amígdala izquierda, son sitios claves en la mediación de la conducta materna (Ranote y cols., 2004). También se observó una mayor PA de algunas frecuencias rápidas en parietales ( $\alpha 2$ ,  $\beta 2$  y  $\gamma$ ). En relación al LL sólo se encontraron algunos incrementos de  $\beta 1$  en P3 y  $\beta 2$  en T4, área en particular que se ha relacionado con el reconocimiento de expresiones faciales así como con el reconocimiento de rostros conocidos (Haasefmo y cols., 1989; Sergent y cols., 1992), así mismo, tal activación se ha relacionado con el reconocimiento y respuestas afectivas inducidas por estimulación visual (Ranote y cols., 2004; Lane y cols., 1997). Estos datos EEG en conjunto, confirman que las MB fueron más reactivas al estímulo visual de sonrisa, el cual, en base a la escala subjetiva de SAM, resultó ser más activador y placentero. Tal estímulo positivo se asoció con el decremento de  $\alpha 1$  en todas las derivaciones y el aumento de frecuencias rápidas predominantemente en temporales y un poco menos en parietales, lo cual apoya datos de otros estudios (Ranote y cols., 2004; Strathearn y cols., 2008) donde se muestra la participación de estas áreas corticales en el procesamiento motivo-emocional del rostro del bebé.

En los resultados obtenidos en este estudio observamos que las MB y MA presentaron una activación cortical similar provocada por el video SO en áreas temporales en bandas rápidas. Esta similitud en la funcionalidad cortical ante el estímulo de sonrisa concuerda con los resultados del único estudio que hasta la fecha ha comparado la actividad eléctrica cerebral, mediante el registro de potenciales relacionados a eventos (PRE's) entre MB y MA. En tal estudio, efectuado por Grasso y col. (2009), se encontró un aumento de la positividad de los componentes de los PRE's en las madres, independientemente de ser madres biológicas o adoptivas, sobre todo ante las imágenes de bebés propios en comparación con las imágenes de rostros de bebés o adultos desconocidos, resultados que los autores interpretaron como indicadores del procesamiento emocional provocado por el estímulo visual, relacionado con el reconocimiento de expresiones emotivas faciales. Nuestros datos EEG también sustentan la propuesta de que el afecto infantil modula la respuesta cerebral de la madre hacia rostros de infantes sonrientes, específicamente activando regiones asociadas al sistema dopaminérgico, principalmente relacionado con el procesamiento de una recompensa y el comportamiento. En este contexto, por

ejemplo Strathearn y col. (2008), mostraron mediante RMF que en madres primerizas se activaron predominantemente estructuras del sistema dopaminérgico recompensante sólo ante los rostros de sonrisa de su propio bebé, pero no ante los rostros de tristeza o neutrales. Es bien sabido que los estímulos placenteros se asocian con una activación de las estructuras del sistema dopaminérgico como resultado del incremento en los niveles de dopamina. La corteza prefrontal forma parte del sistema recompensante y recibe una amplia inervación dopaminérgica desde el área tegmental ventral, además de poseer extensas conexiones anatómicas y funcionales con la corteza temporal, por lo que es posible sugerir que los cambios EEG obtenidos ante el video de sonrisa puedan estimular la liberación de dopamina en el estriado y por ende, activar a las áreas corticales involucradas en la respuesta maternal, como ha sido sugerido en otros estudios (Strathearn y cols., 2008).

El hecho de que las madres tanto biológicas como adoptivas muestren una funcionalidad cortical similar ante el estímulo de sonrisa, sugieren que los indicadores electrofisiológicos de cognición y emoción son similarmente modulados en madres mientras ven tal estímulo de valencia positiva, independientemente de que hayan experimentado los procesos de gestación y lactancia o no, sustentado de manera importante las bases neurofisiológicas de los procesos afectivo emocionales que se establecen en la diada madre-crío, ya sea resultante de cambios neurales y hormonales (como en el caso de las MB) o de la continua estimulación sensorial que reciben las MA a través de la constante convivencia con el bebé a través del tiempo.

Si bien las MA presentaron un patrón EEG muy similar al de las MB en relación al video de SO en temporales, en relación al video de LL presentaron un mayor número de diferencias significativas en frecuencias rápidas (sobre todo en  $\beta 1$  y  $\beta 2$ ) tanto en frontal izquierdo, temporales, y también en parietales a comparación con las MB.

Se ha reportado que la convivencia con el bebé induce cambios anatómicos y estructurales a nivel cerebral de las madres biológicas, por ejemplo, Kim y col. (2010) observaron que el volumen de la materia gris en madres biológicas es mayor



en madres que fueron evaluadas a los 4 meses respecto a aquellas que apenas tenían 2 semanas de haber dado a luz, incremento de sustancia gris en el hipotálamo, en la sustancia *nigra*, globo pálido y Ame, que los investigadores interpretaron como resultado de la continua interacción y convivencia con el bebé a través del tiempo. Así, es probable que en este estudio las madres adoptivas, dado que ya tenían un tiempo razonable de convivir con su bebé (de 6 meses a 2 años y medio), hayan manifestado esos cambios estructurales a nivel cerebral que se verían reflejados en la diferente funcionalidad cerebral. Si bien se ha descrito que los cambios hormonales y neurofisiológicos asociados a la gestación, parto y lactancia, modulan de manera importante el inicio y mantenimiento de la respuesta maternal, se sabe también que las hormonas sólo facilitan el despliegue de estas conductas de cuidado pero que no son fundamentales para su manifestación (Numan e Insel, 2003; Numan y cols., 2006), así, el hecho de que las MA presenten mayor PA de las frecuencias rápidas en temporales y parietales tanto en relación a la sonrisa como al llanto de un bebé, pudiera asociarse con el requerimiento de procesamientos más específicos y tal vez más demandantes para poder reconocer la información visual recibida, su contenido emocional y la posible interpretación o causa de esos estímulos emocionales. Estos resultados concuerdan con el modelo de procesamiento en paralelo que supone la participación de diversas regiones cerebrales para codificar simultáneamente las características estructurales de los rostros así como su significado personal y emocional (Bruce y Young, 1986).

Generalmente, cuando se observa a un infante angustiado, se evocan respuestas emocionales empáticas, así como procesamientos cognitivos para determinar, en base a experiencias pasadas y conocimiento al respecto, las posibles causas y las estrategias para calmar la angustia del bebé (Strathearn y cols., 2008). Los datos EEG de este estudio muestran que para las MA ambos estímulos, tanto el de SO como el de LL fueron relevantes y provocaron cambios EEG importantes, lo cual coincide con lo reportado en el estudio realizado por Noriuchi y col. (2008), quienes observaron mayor activación ante el video de situación de estrés (llanto) en áreas frontales y temporales. En este sentido, es probable que las MA en respuesta a las señales infantiles, tal vez tratan de integrar información afectiva y cognitiva sobre el infante con el fin de evaluar la respuesta emocional y conductual más apropiada.

Así, es probable que las MA requieran de un procesamiento emocional, afectivo y/o cognoscitivo más complejo para reconocer y discriminar rápidamente las señales infantiles, identificarlas y codificarlas para generar una respuesta apropiada, implicando por ende mayores recursos cognoscitivos de atención y memoria de trabajo que garanticen el uso de la información almacenada de manera rápida, eficiente y adecuada a las circunstancias (Adolphs, 2002; Nakamura y cols., 1999; Strathearn y cols., 2008).

A diferencia de las MB y MA, las NM presentaron un incremento de las frecuencias rápidas sólo restringido al temporal derecho. Este resultado indica que si bien las NM no fueron indiferentes al video de sonrisa, su procesamiento a nivel cortical fue diferente y probablemente asociado al procesamiento emocional que implica la observación del video, identificando la expresión del infante (Hasselmo y cols., 1989).

En conjunto, estos resultados muestran que ante la observación de estímulos visuales de un bebé con diferente contenido emocional las madres, tanto biológicas como adoptivas, presentan una funcionalidad cortical diferente a aquella de mujeres no madres. Si bien las madres biológicas y madres adoptivas presentan una funcionalidad cortical similar ante los estímulos de sonrisa de un bebé, tal actividad es muy diferente ante los estímulos de llanto, resultados que ponen de manifiesto los diferentes requerimientos cognoscitivos y de reconocimiento emocional que probablemente necesitan llevar a cabo las MA y MB para responder de manera adecuada a tales estímulos.

Estos resultados muestran que la medición de la actividad electroencefalográfica, es un parámetro sensible y útil para estudiar la respuesta cerebral de madres biológicas y adoptivas ante estímulos visuales de un bebé con diferente contenido emocional. El entender cómo una madre responde a las distintas señales emocionales de un bebé, puede ser el primer paso para entender las bases neurales que sustentan los lazos de unión madre-infante.

## Conclusiones

La observación de estímulos visuales de sonrisa de un bebé indujo en las madres biológicas y adoptivas un nivel moderado de activación generalizada de valencia positiva, a diferencia del estímulo visual de llanto, que indujo un estado de activación de valencia negativa o desagradable a comparación del estímulo neutro que no generó ningún tipo de activación en ninguno de los tres grupos.

Tanto en las madres biológicas como adoptivas, la observación del video de sonrisa se asoció con una menor PA de alfa1 en prácticamente todas las derivaciones, así como un incremento de la PA de frecuencias rápidas sobre todo en regiones temporales y parietales.

Sólo en madres adoptivas la observación de video de llanto se asoció con una mayor PA de las frecuencias rápidas en temporales y parietales, efecto que no se observó en las madres biológicas.

Las mujeres no madres, a diferencia de las MB y MA sólo se caracterizaron por presentar una menor PA de alfa1 ante el video de llanto a comparación de la línea base.

Estos datos muestran que si bien el procesamiento de los estímulos agradables, como la sonrisa del bebé, indujeron cambios EEG similares tanto en MB como en MA, el estímulo de llanto fue procesado de manera diferente entre ambos grupos de madres.

Este estudio aporta datos electroencefalográficos objetivos que sustentan una aproximación a las bases neurofisiológicas de la respuesta maternal, apoyando la sugerencia de que la funcionalidad cortical asociada a los estímulos emocionales de un bebé es similar en madres biológicas y madres adoptivas.

## Apéndice I

### Electroencefalograma

El electroencefalograma (EEG), como lo llamó Hans Berger en 1929, consiste en el registro de la actividad eléctrica continua y espontánea emitida por las neuronas de la corteza cerebral con un determinado voltaje y amplitud (Jonh y cols., 1977).

Desde los iniciales estudios de Berger (1902), el EEG se ha dividido en cuatro bandas principales, de acuerdo a su morfología, frecuencia reactividad y topografía, para así facilitar su estudio: delta ( $\Delta$ ), theta ( $\theta$ ), alfa ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ) (Andreassi, 2000). Una vez caracterizadas las bandas del EEG, se describieron los ritmos electroencefalográficos, donde se reconoce a una actividad sincrónica con un rango de frecuencias específico, encontrados en zonas encefálicas localizadas y predominantes en ciertas condiciones fisiológicas (Harmony y cols., 1991).

Ritmo  $\alpha$ : fue el primer ritmo electroencefalográfico descrito, fue llamado como "ritmo de Berger" por Adrian y Matthews, en 1934 (Harmony y cols., 1991). Éste tipo de ondas rítmicas ocurren en una frecuencia de 8 a 13 ciclos por segundo (Hz) y se observan en el EEG de adultos normales despiertos en condición de reposo; se favorece la aparición de alfa cuando el sujeto tiene los ojos cerrados. Estas ondas tienen mayor amplitud o voltaje en regiones occipitales pero también pueden ser encontradas en las regiones parietales y frontales. Su voltaje es usualmente de 50  $\mu$ V. Durante el sueño, el ritmo alfa comienza a reducirse, paulatinamente, en amplitud y frecuencia de aparición, llegando a desaparecer por completo en las últimas fases de sueño de ondas lentas. Este ritmo también se reduce o bloquea cuando el sujeto enfoca su atención a una actividad mental específica o cuando abre los ojos en condición de reposo (Fernández, 1996).

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

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

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

Ritmo  $\Delta$ : su frecuencia es de 1 a 3 Hz. No es normal observarse en adultos en vigilia, pero es el ritmo que predomina en la última fase del sueño de ondas lentas. También es común observarla en los dos primeros años de vida o en daños cerebrales serios (tumores, cisticercos, isquemia, etc.) focalizado en el área de la lesión. Este ritmo fue descrito por Grey Walter en 1936 (Guyton, 1987). También se ha descrito en condición de meditación yoga y durante actividad mental que requiere de concentración, inhibiendo los estímulos externos que no son relevantes para la realización de la tarea. La caracterización que se ha hecho de los ritmos electroencefalográficos, indica que tienen características funcionales diferentes y subyacen procesos conductuales diferentes.

El registro y análisis de la actividad electroencefalográfica se ha utilizado por muchos años como una de las herramientas más sensibles y no invasiva que nos permiten examinar la funcionalidad cerebral en relación a diferentes estados fisiológicos, conductuales, manipulaciones hormonales y farmacológicas. La relevancia de su uso radica básicamente en dos principios: su alta resolución temporal, que nos permite obtener registros desde milisegundos, hasta horas o días, y por su flexibilidad, que puede permitir el registro de sujetos en libre movimiento (Niedermeyer, 1999).

La primer descripción realizada que contemplaba normas en cuanto al sitio de registro, es el Sistema Internacional 10-20 (Figura 3), fue diseñado en 1958 por

Jasper, que incorporó la designación de 21 sitios de registros del EEG que guardaban entre sí una relación proporcional al tamaño y forma de la cabeza del individuo (Fernández y González, 2001).

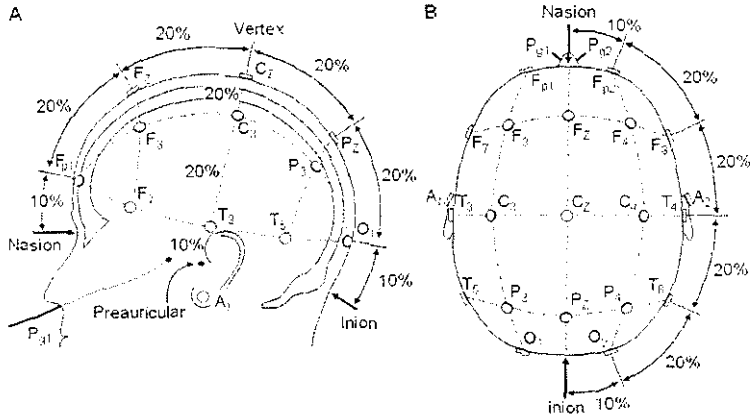


Figura 1.1. Representación esquemática de la colocación de electrodos mediante el sistema internacional 10-20 (Jasper, 1958) y su nomenclatura (A. vista lateral, B. vista superior).

El análisis cuantitativo del EEG constituye una herramienta útil que permite relacionar cambios de la actividad eléctrica cerebral con funciones cognitivas y conductuales ante diversas condiciones experimentales. Este análisis se ha basado en dos tipos de técnicas: basada en el dominio de la frecuencia, donde encontramos la transformada rápida de Fourier (TRF) y la coherencia; y por otro lado, las basadas en el dominio del tiempo, la correlación. Definida como una medida de semejanza de morfología y polaridad entre los puntos que conforman dos señales simultáneas de diferentes zonas cerebrales, sin tomar en cuenta la amplitud. Esta medida indica el nivel de sincronía de la actividad eléctrica que pudiese existir en dos áreas cerebrales, por lo que se puede inferir un estado funcional semejante como resultado de una organización neural parecida que actúan simultáneamente (Guevara y Hernández-González, 2006).

Otro aspecto importante al analizar las señales bioeléctricas, es la amplitud; al elevarla al cuadrado nos da como resultado la potencia absoluta; y a la suma de todos

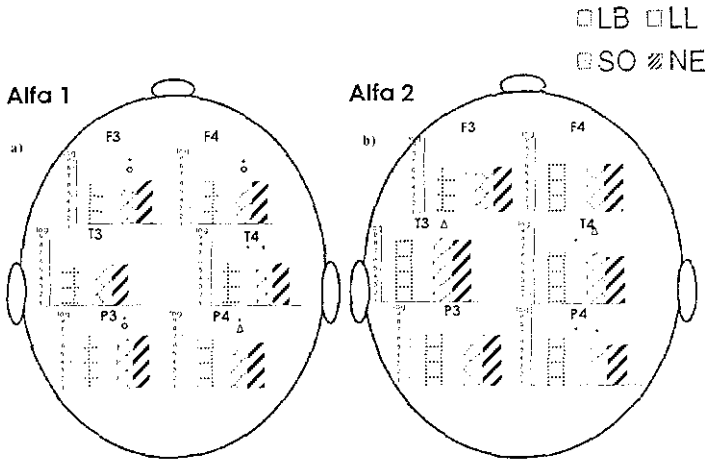
los valores de la potencia absoluta que forman el espectro de la señal, se llama potencia absoluta total (Guevara y Hernández-González, 2006).

## Apéndice II

### Madres Biológicas

En términos generales, el grupo MB presentó una menor PA ante el video SO respecto a LB y NE, en la banda alfa 1, en derivaciones frontales [F3  $F_{(3,81)}=6.74$ , F4  $F_{(3,81)}=8.98$ ], en temporales ante SO y LL con respecto a LB [T4  $F_{(3,81)}=6.33$ ] y en parietales ante SO respecto a LB, LL y NE [P3  $F_{(3,81)}=9.55$ , P4  $F_{(3,81)}=10.51$ ] (Figura 12a).

En la banda alfa2, se encontró un incremento en áreas temporales ante SO respecto a LL [T3  $F_{(3,81)}=3.76$ ; T4  $F_{(3,81)}=5.83$ ] y un decremento en LL con respecto a LB en T4 [ $F_{(3,81)}=5.83$ ] (Figura 12b). En la banda  $\beta 1$  (Figura 12c) se encontró un incremento en áreas temporales ante SO con respecto a LL y NE [T3  $F_{(3,81)}=8.06$ ; T4  $F_{(3,81)}=13.02$ ], así como un decremento ante NE con respecto a LL en parietales [P3  $F_{(3,81)}=7.53$ ]. En cuanto a la banda  $\beta 2$  (Figura 12d) se observó un incremento en áreas temporales en ante el video SO con respecto a LB, LL y NE [T3  $F_{(3,81)}=12.65$ ; T4  $F_{(3,81)}=16.47$ ], un decremento en NE respecto a LL [T4  $F_{(3,81)}=16.47$ ]; además de un incremento ante SO respecto a LB y NE en parietales [P3  $F_{(3,81)}=6.31$ ]. De la misma manera en la banda  $\gamma$  (Figura 12e), se encontró un incremento ante SO respecto a LB, LL y NE en temporales [T3  $F_{(3,81)}=13.25$ ; T4  $F_{(3,81)}=17.19$ ], así como un incremento en parietales en SO respecto a NE y LL [P3  $F_{(3,81)}=8.99$ ; P4  $F_{(3,81)}=9.86$ ].





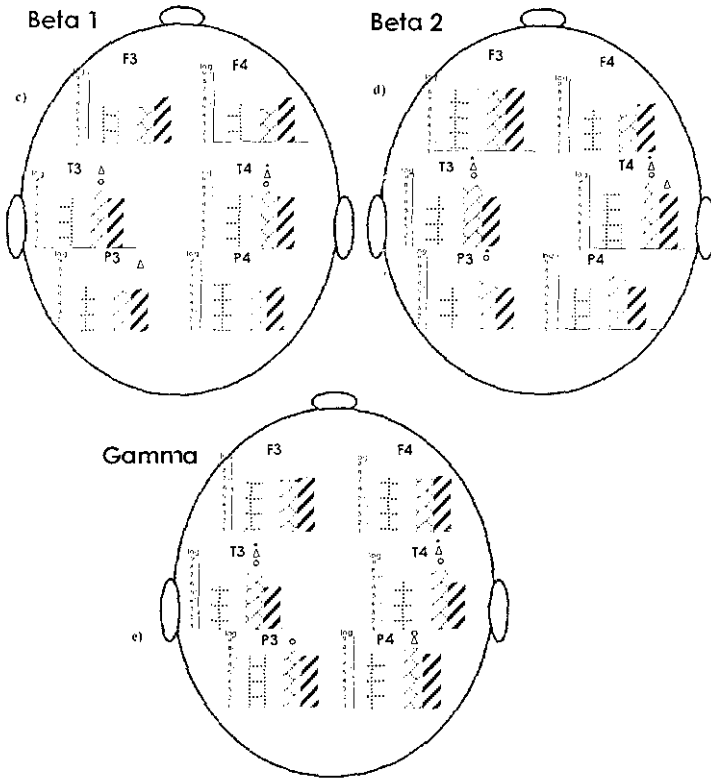
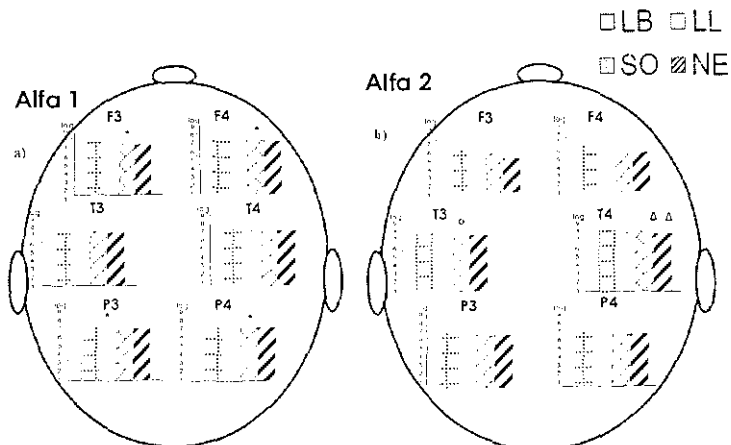


Figura II.1. Media  $\pm$  error estándar de PA (log) de  $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$ ,  $\beta 1$ ,  $\beta 2$  y  $\gamma$  en las diferentes condiciones de registro: línea base (LB), llanto (LL), sonrisa (SO) y neutro (NI) en el grupo de madres biológicas. \*p<0.01 respecto a LB    ^p<0.01 respecto a SO     $\Delta$ p<0.01 respecto a LL.

### Madres Adoptivas

Como puede observarse en la Figura 13a, el grupo de Madres Adoptivas (MA) presentó una menor PA en la banda  $\alpha_1$ , ante el estímulo SO en relación a LB en las derivaciones frontales y parietales [**F3**  $F_{(3,81)}=6.74$ ; **F4**  $F_{(3,81)}=8.98$ ; **P4**  $F_{(3,81)}=10.51$ ], así como una menor PA en parietales ante LL respecto a LB [**P3**  $F_{(3,81)}=9.55$ ]. En relación a la banda  $\alpha_2$ , se encontró una mayor PA de temporales en SO respecto a NE y LL [**T3**  $F_{(3,81)}=3.76$ ; **T4**  $F_{(3,81)}=5.83$ ], y una menor PA ante NE respecto a LL en zona temporal derecha [**T4**  $F_{(3,81)}=5.83$ ] (Figura 13b). En la banda  $\beta_1$  (Figura 13c), se observa una mayor PA ante SO respecto a NE en áreas frontales, temporales y parietales [**F3**  $F_{(3,81)}=0.26$ ; **T3**  $F_{(3,81)}=8.06$ ; **T4**  $F_{(3,81)}=13.02$ ; **P3**  $F_{(3,81)}=7.53$ ; **P4**  $F_{(3,81)}=7.80$ ], así como mayor PA en parietal (P3) ante SO respecto a LL [**P3**  $F_{(3,81)}=7.53$ ], y una menor PA en áreas frontales, temporales y parietales en NE respecto a LL [**F3**  $F_{(3,81)}=0.26$ ; **T3**  $F_{(3,81)}=8.06$ ; **T4**  $F_{(3,81)}=13.02$ ; **P3**  $F_{(3,81)}=7.53$ ; **P4**  $F_{(3,81)}=7.80$ ]. Por otro lado se encontró un incremento en la PA de  $\beta_2$  (Figura 13d), en temporal izquierdo ante SO respecto a LB [**T3**  $F_{(3,81)}=12.65$ ], así mismo, un incremento en SO respecto a NE en temporales y parietales [**T3**  $F_{(3,81)}=12.65$ ; **T4**  $F_{(3,81)}=16.47$ ; **P4**  $F_{(3,81)}=7.71$ ] y un decremento ante NE respecto a LL en áreas temporales y parietales [**T3**  $F_{(3,81)}=12.65$ ; **T4**  $F_{(3,81)}=16.47$ ; **P4**  $F_{(3,81)}=7.71$ ]. Finalmente, en la banda  $\gamma$  (Figura 13e) se observó un incremento en SO respecto a LB, LL y NE en áreas temporales [**T3**  $F_{(3,81)}=13.25$ ; **T4**  $F_{(3,81)}=17.19$ ], además de un incremento en SO respecto a NE en zonas parietales [**P3**  $F_{(3,81)}=8.99$ ; **P4**  $F_{(3,81)}=9.86$ ], y un decremento en NE respecto a LL también en parietales [**P3**  $F_{(3,81)}=8.99$ ; **P4**  $F_{(3,81)}=9.86$ ].



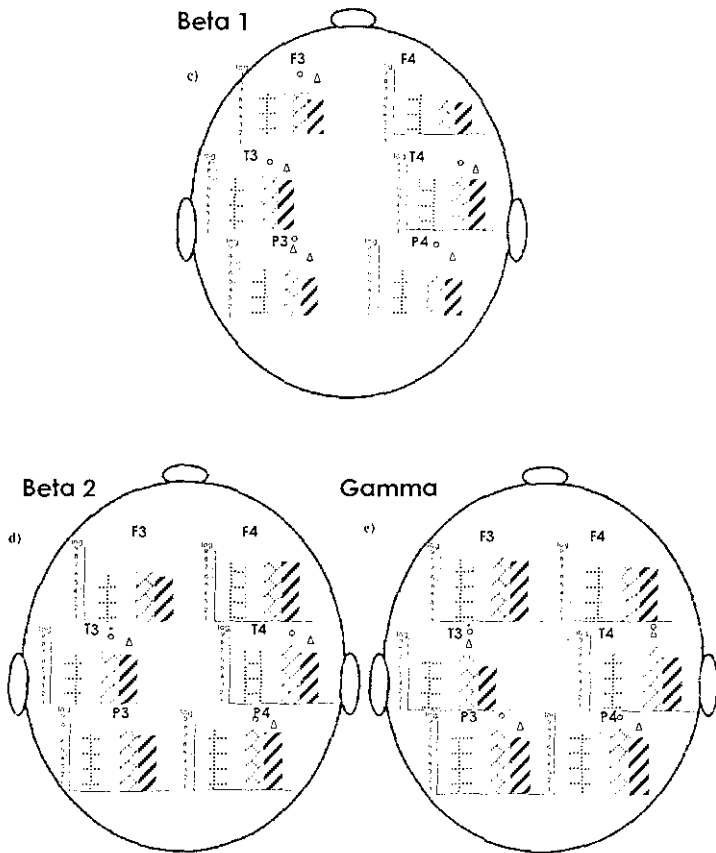
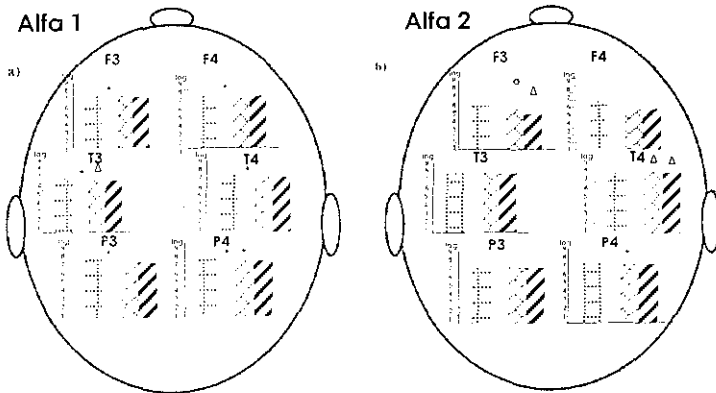


Figura II.2. Media  $\pm$  error estándar de  $P\Lambda$  (log) de  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\gamma$  en las diferentes condiciones de registro: línea base (LB), llanto (LL), sonrisa (SO) y neutro (NE) en el grupo de madres adoptivas. \* $p < 0.001$  respecto a LB     $^{\circ}p < 0.001$  respecto a SO     $\Delta p < 0.001$  respecto a LL

### No Madres

El grupo de no madres, presentó un decremento de la PA de  $\alpha$  en todas las derivaciones ante la observación del LL [F3  $F_{(3,81)}=6.74$ ; F4  $F_{(3,81)}=8.98$ ; T3  $F_{(3,81)}=3.14$ ; T4  $F_{(3,81)}=6.33$ ; P3  $F_{(3,81)}=9.55$ , P4  $F_{(3,81)}=10.51$ ], así como un incremento en temporal izquierdo en SO respecto a LL [T3  $F_{(3,81)}=3.14$ ], y un decremento en parietal derecho, en SO respecto a LB [P4  $F_{(3,81)}=10.51$ ] (Figura 14a). En la banda  $\alpha 2$  (Figura 14b), se presentó un incremento en SO respecto a NE y un decremento en NE respecto a LL en frontales [F3  $F_{(3,81)}=2.69$ ], en temporal derecho se observó un incremento de SO y NE respecto a LL [T4  $F_{(3,81)}=5.83$ ], y en parietal derecho un decremento de SO respecto a LB [P4  $F_{(3,81)}=7.17$ ]. En la banda  $\beta 1$  (Figura 14c), se observa un incremento en SO respecto a LL en temporal derecho [T4  $F_{(3,81)}=13.02$ ], así como un decremento en NE respecto a LL en parietal izquierdo [P3  $F_{(3,81)}=7.53$ ]. En cuanto a  $\beta 2$ , sólo se observó un incremento en SO respecto a LL y NE [T4  $F_{(3,81)}=16.47$ ], y en la banda  $\gamma$  (Figura 14e), sólo se observan estas diferencias en temporal y parietal derecho [T4  $F_{(3,81)}=17.19$ , P4  $F_{(3,81)}=9.86$ ].



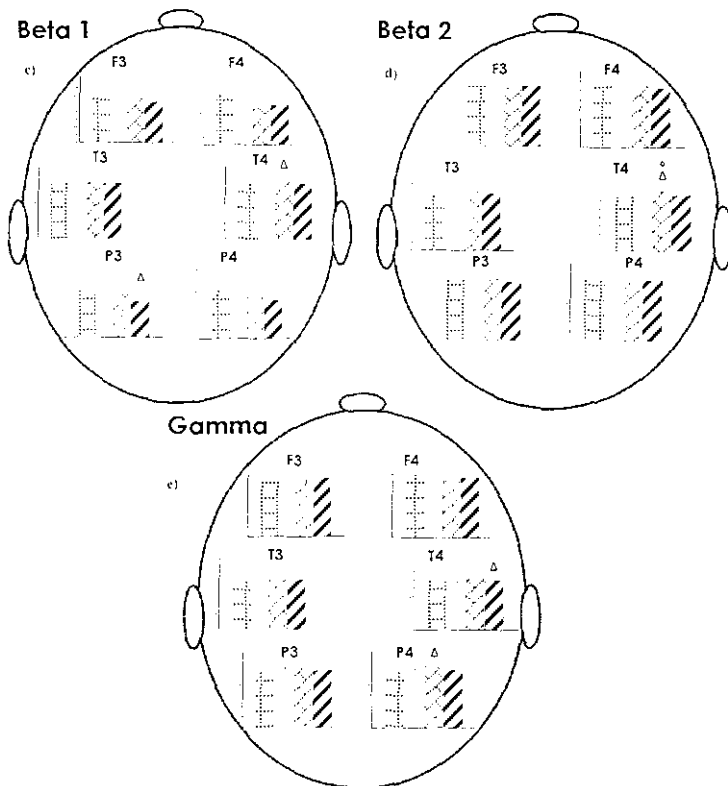


Figura II.3. Media  $\pm$  error estándar de PA (log) de  $\alpha 1$ ,  $\alpha 2$ ,  $\beta 1$ ,  $\beta 2$  y  $\gamma$  en las diferentes condiciones de registro: línea base (LB), llanto (LL), sonrisa (SO) y neutro (NE) en el grupo de no madres (NM). \* $p < 0.001$  respecto a LB     $^{\circ}p < 0.001$  respecto a SO     $\Delta p < 0.001$  respecto a LL

## **Anexo I**

### **Formato informativo y solicitud de consentimiento**

INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS – UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

#### **LABORATORIO DE CORRELACIÓN ELECTROENCEFALOGRÁFICA Y CONDUCTA**

Usted está invitado a participar en un estudio de investigación orientado a evaluar el efecto de la estimulación auditiva y visual sobre la actividad eléctrica cerebral y la conducta. Por esta razón, a través de este formato, le estamos solicitando su consentimiento para realizarle un registro electroencefalográfico.

#### **INFORMACIÓN**

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

#### **RIESGOS**

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

#### **BENEFICIOS**

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

#### **NIVEL DE CONFIANZA**

Los materiales de investigación no estarán al acceso de ninguna persona que no forme parte del grupo de trabajo del laboratorio de Correlación electroencefalográfica y conducta, ni serán usados sin el permiso del jefe del mismo.

Si usted tiene preguntas en algún momento acerca de este estudio o los procedimientos, usted debe contactar a los responsables del proyecto, Dra. Claudia del Carmen Amezcua Gutiérrez y/o Dra. Marisela Hernández González: Instituto de Neurociencias, Universidad de Guadalajara, Calle Francisco de Quevedo 180, col. Arcos Vallarta, Guadalajara, Jalisco C.P. 44130. Teléfono: 38180740 ext. 5861 y 5862. Correo electrónico: [camezcua@cencar.udg.mx](mailto:camezcua@cencar.udg.mx) [mariselh@cencar.udg.mx](mailto:mariselh@cencar.udg.mx)

#### **PARTICIPACIÓN**

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

#### **CONSENTIMIENTO**

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

Nombre y firma del participante \_\_\_\_\_

Guadalajara, Jalisco a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_\_.

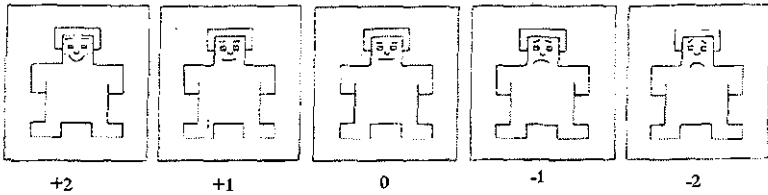
## Anexo II

### Autoevaluación de Manikin

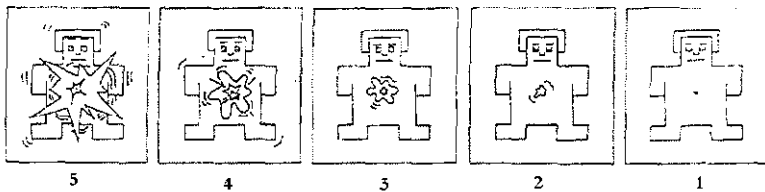
#### Evaluación emocional

**INSTRUCCIONES:** Enseguida se encuentran dos hileras de muñecos que muestran diferentes representaciones de lo que quizá pudiste sentir después de haber visto el video anterior. Sólo te voy a pedir que marques con una X la ilustración que más se asemeje a lo que sentiste:

1) Valencia (agradable/desagradable)



2) Activación General (altamente activada/nada activada)



### Anexo III

#### **Inventario de depresión de Beck**

Describe como se ha sentido ya sea la semana pasada, incluso hoy. Lea todas las frases en cada grupo antes de hacer su elección y marque una.

**A.**

- No me siento triste.
- Me siento triste.
- Estoy triste todo el tiempo y no me puedo reponer.
- Estoy tan triste o infeliz que no lo puedo soportar.

**B.**

- No estoy particularmente desilusionada del futuro.
- Estoy desilusionado del futuro.
- Siento que no tengo perspectiva del futuro.
- Siento que el futuro es desesperanzado y nada cambiará.

**C.**

- No siento que fallé.
- Siento que fallo más que una persona normal.
- Siento que existen muchas fallas en mi pasado.
- Siento una falla completa como persona.

**D.**

- Tengo tanta satisfacción de las cosas como siempre.
- No disfruto de las cosas como antes.
- No encuentro satisfacción real de nada.
- Estoy insatisfecha y aburrida de todo.

**E.**

- No me siento particularmente culpable.
- Me siento culpable buena parte de tiempo.
- Me siento muy culpable buena parte del tiempo.
- Me siento culpable todo el tiempo.

**F.**



- No siento que he sido castigada.
- Siento que podría ser castigada.
- Espero ser castigada.
- Siento que he sido castigada.

#### G.

- No me siento desilusionada de mí.
- Estoy desilusionada de mí.
- Estoy disgustada conmigo.
- Me odio.

#### H.

- No me siento peor que nadie.
- Me crítico por mi debilidad o por mis errores.
- Me culpo todo el tiempo por mis faltas.
- Me culpo por todo lo malo que sucede.

#### I.

- No tengo pensamientos de suicidarme.
- Tengo pensamientos de muerte pero no los realizaría.
- Me gustaría matarme.
- Me mataría si pudiera.

#### J.

- No lloro más de lo usual.
- Lloro más que antes.
- Lloro ahora todo el tiempo.
- Podía llorar antes pero ahora, aunque quiera, no puedo.

#### K.

- No soy más irritable de lo que era antes.
- Me siento molesta o irritada con mayor facilidad que antes.
- Me siento irritada todo el tiempo.
- No me irrito ahora por las mismas cosas que antes.

#### L.

- No he perdido el interés en otra gente.
- Estoy menos interesada en otra gente que antes.
- He perdido mi interés en otra gente.
- He perdido todo mi interés en otra gente.

**M.**

- Tomo decisiones igual que siempre.
- Evito tomar más decisiones que antes.
- Tengo mayores dificultades para tomar decisiones ahora.
- No puedo tomar decisiones por completo.

**N.**

- No me siento que me vea peor que antes
- Me preocupa verme vieja o poco atractiva.
- Siento que existen cambios permanentes en mí que me hacen lucir fea.
- Creo que me veo fea.

**O.**

- Puedo trabajar tan bien como antes.
- Me cuesta un esfuerzo extra empezar a hacer algo.
- Tengo que impulsarme muy fuerte para hacer algo.
- No puedo hacer nada.

**P.**

- Puedo dormir tan bien como siempre.
- No puedo dormir tan bien como antes.
- Me despierto 1 ó 2 horas más temprano que lo usual y me cuesta trabajo volver a dormir.
- Me despierto varias horas más temprano que lo usual y no puedo volver a dormir.

**Q.**

- No me canso más de lo usual.
- Me canso más fácil que antes.
- Me canso de hacer casi cualquier cosa.
- Me siento muy cansada de hacer cualquier cosa.

**R.**

- Mi apetito es igual que lo usual.
- Mi apetito no es tan bueno como antes.
- Mi apetito es mucho peor ahora.
- No tengo nada de apetito.

S.

- No he perdido peso.
  - He perdido más de 2.5 kg.
  - He perdido más de 5 kg.
  - He perdido más de 7.5 Kg.
- He intentado perder peso comiendo menos Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

T.

- No estoy más preocupada por mi salud que antes.
- Estoy muy preocupada por problemas físicos como dolores y molestias.
- Estoy muy preocupada por problemas físicos y es difícil pensar en otras cosas.
- Estoy tan preocupada con mis problemas físicos que no puedo pensar en nada más.

U.

- No he notado cambios en mi interés por el sexo.
- Estoy menos interesada en el sexo que antes.
- Estoy mucho menos interesada en el sexo ahora.
- He perdido completamente el interés en el sexo.

Puntos \_\_\_\_\_

## Referencias

- Adolphs, R. (2002). "Neural systems for recognizing emotion", *Current Opinion in Neurobiology*, 12, 169-177.
- Afonso, V. M., M. Sison, V. Lovic y A. S. Fleming (2007). "Medial prefrontal cortex lesions in the female rat affect sexual and maternal behavior and their sequential organization", *Behavioral Neuroscience*, 121, 515-526.
- Aftanas, L. I. y S. A. Golocheikine (2001). "Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: high resolution EEG investigation of meditation", *Neuroscience Letters*, 310, 57-60.
- Amodio, D.M. y C.D. Frith (2006). "Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition", *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 268-277.
- Andreassi, J. L. (2000). *Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, London. 4<sup>th</sup>. Edition.
- Anderson, S. W., A. Bechara, H. Damasio, D. Tranel y A. R. Damasio (1999). "Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex", *Nature Neuroscience*, 2, 1032-1037.
- Beach, F. A. (1937). "The neural basis of innate behavior: effects of cortical lesions upon the maternal behavior pattern in the rat", *Journal of Comparative Psychology*, 24, 393-440.
- Binkofski, F., G. Buccino, S. Posse, R. J. Scitz, G. Rizzolatti y H. Freund (1999). "A fronto-parietal circuit for object manipulation in man: evidence from an fMRI-study", *European Journal Neuroscience*, 11, 3276-3286.
- Bradley, M. M. y P. J. Lang (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25, 49-59.
- Bruce, V. y A. Young (1997). "Understanding face recognition", *British Journal of Psychology*, 77, 305-327.

- Cervantes, M., R. Ruelas y V. Alcalá (1992). "EEG signs of "relaxation behavior" during breast-feeding in a nursing woman", *Archives of Medical Research*, 23, 123-127.
- Eimer, M. y A. Holmes (2007). "Event-related brain potential correlates of emotional face processing", *Neuropsychología*, 45, 15-31
- Escobar-Briones, C., & Aguilar-Roblero, R.A. (2002a). ¿Qué son las conductas motivadas? Una breve historia. Carolina Escobar Briones (Ed.) En: Motivación y conducta: sus bases biológicas. Manual Moderno, México, p.p. 1-11.
- Escobar-Briones, C., & Aguilar-Roblero, R.A. (2002b). "Los mecanismos de la motivación" en C. Escobar Briones (Ed.), Motivación y conducta: sus bases biológicas. Manual Moderno, México. p.p. 99- 116.
- Fernández, T. (1996). *Análisis Electroencefalográfico de la Actividad Cognoscitiva en Niños*. México: UNAM.
- Fernández, T. y A. González (2001). "EEG y cognición", en V.M. Alcaraz y E. Gumá (Eds.), Texto de Neurociencias cognitivas. Manual Moderno, México.
- Fleming, A.S. y J. S. Rosenblatt (1974). "Olfactory regulation of maternal behavior in rats. II. Effects of peripherally induced anosmia and lesions of the lateral olfactory tract in pup-induced virgins", *Journal of Comparative Physiology. A Sensory, Neural, and Behavioral Physiology Psychology*, 86, 233-246.
- Fleming, A.S., F. Vaccarino y C. Luebke (1980). "Amygdaloid inhibition of maternal behavior in the nulliparous female rat", *Physiology & Behavior*, 25, 731-743.
- Fleming, A.S., C. Corter, P. Franks, M. Surbey, B. Schneider y M. Steiner (1993). "Postpartum Factors Related to Mother's Attraction to Newborn Infant Odors", *Developmental Psychobiology*, 26, 115-132.
- Fleming, A. S. y M. Korsmit (1996). "Plasticity in the maternal circuit: effects of maternal experience on Fos-Lir in hypothalamic, limbic, and cortical structures in the postpartum rat", *Behavioral Neuroscience*, 110, 567-82.
- Fuster, J. M. (2002). "Frontal lobe and cognitive development", *Journal of Neurocytology*, 31, 373-385.

- Goldberg, E. (2002). *El cerebro ejecutivo. Lóbulos frontales y mente civilizada*. Trans. Drakontos, Madrid, España.
- Grasso, D. J., J. S. Moser, M. Dozier y R. Simons (2009). "ERP correlates of attention allocation in mothers processing faces of their children", *Biological Psychology*, 81, 95-102.
- Grazzini, E., G. Guillon, B. Mouillac y H. H. Zingg (1998). "Inhibition of oxytocin receptor function by direct binding of progesterone", *Nature*, 392, 509-512.
- Guevara, M.A. y M. Hernández-González (2006). *Registro y análisis automatizado de señales bioeléctricas cerebrales durante la ejecución sexual*, Universidad de Guadalajara, México.
- Guevara, M. A., J. Ramos-Loyo, M. Hernández-González, H. Madera-Carrillo y M. Corsi-Cabrera (2000). "CAPTUSEN: Un sistema para la adquisición computarizada del EEG y los potenciales relacionados a eventos", *Revista Mexicana de Psicología*, 17, 77-88.
- Gur, R. C., B. E. Scolnick y R. E. Gur (1994). "Effects of emotional discrimination task on cerebral blood flow: Regional activation and its relation to performance", *Brain and Cognition*, 25, 271-286.
- Guyton, C. A. (1987). *Basic Neuroscience, Anatomy and Physiology*, Philadelphia, Saunders.
- Hansen, S. (1994). "Maternal behavior of female rats with 6-OHDA lesions in the ventral striatum: Characterization of the pup retrieval deficit", *Physiology & Behavior*, 55, 615-620.
- Harmony, T., E. Marosi, A. E. Díaz de León, J. Becker y T. Fernández (1991). "Factores de riesgo biológicos y socioculturales que afectan la maduración del EEG en el niño", en Salas, M. (ed.), *Ontogenia Neural*, Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, 331-346, México.
- Hasselmo, M. E., E. T. Rolls y G. C. Baylis (1989). "The role responses of expression and identity in the face-selective of neurons in the temporal visual cortex of the monkey", *Behavioural Brain Research*, 32, 203-218.

- Haxby, J. V., E. A. Hoffman y M. I. Gobbini (2000). "The distributed human neural system for face perception", *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 223-233.
- Hyvärinen, J. (1982). *The parietal cortex of monkey and man*, Editorial Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York-Germany.
- Inanga, K. (1998). "Frontal midline theta rhythm and mental activity", *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 52, 555-566.
- Jasper, H. H. (1958). "Report of the Committee on Methods of Clinical Examination in Electroencephalography", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 370-371.
- Jaušovec, N. y K. Jaušovec (2000a). "Differences in event-related and induced brain oscillations in the theta and alpha frequency bands related to human intelligence", *Neuroscience Letter*, 293, 191-194.
- Jones, D. L. y G. J. Mogenson (1979). "Oral motor performance following central dopamine receptor blockade", *European Journal of Pharmacology*, 59, 11-21.
- Jurado, S., M. E. Villegas, L. Méndez, F. Rodríguez, V. Loperena y R. Varela (1998). "La estandarización del Inventario de Depresión de Beck para los residentes de la ciudad de México". *Salud Mental*, 21, 26-31.
- Keer, S. E., y J. M. Stern (1999). "Dopamine receptor blockade in the nucleus accumbens inhibits maternal retrieval and licking, but enhances nursing behavior in lactating rats", *Physiology and Behavior*, 67, 659-669.
- Kendrick, K. M. (2000). "Oxytocin, motherhood and bonding", *Experimental Physiology*, 85S, 111S-124S.
- Kendrick, K. M., A. P. C. DaCosta, K. D. Broad, S. Ohkura, R. Guevara, F. Levy y E. B. Keverne (1997). "Neural control of maternal behavior and olfactory recognition of offspring", *Brain Research Bulletin*, 44, 383-395.
- Kim, P., J. F. Leckman, L. C. Mayes, R. Feldman, X. Wang y J. E. Swain (2010). "The plasticity of human maternal brain: longitudinal changes in brain anatomy during the early postpartum period", *Behavioral Neuroscience*, 124, 695-700.

- Klimesch, W., F. Vogt y M. Dopplemayr (2000). "Interindividual differences in alpha and theta power reflect memory performance", *Intelligence*, 27, 347-362.
- Klimesch, W., M. Dopplemayr, T. Pachinger y B. Ripper (1997). "Brain oscillations and human memory performance: EEG correlates in the upper alpha and theta bands", *Neuroscience Letters*, 238, 9-12.
- Kolev, V., J. Yordanova, M. Schürman y E. Basar (2001). "Increased frontal phase-locking of event-related alpha oscillations during task processing", *International Journal of Psychophysiology*, 39, 159-165.
- Lane, R. D., E. M. Reiman, G. L. Ahern, G. E. Schwartz y R. J. Davidson (1997). "Neuroanatomical correlates of happiness, sadness, and disgust", *The American Journal of Psychiatry*, 154, 926-933.
- Leblond, C. P. y W. O. Nelson (1937). "Maternal behavior in hypophysectomized male and female mice", *American Journal of Physiology*, 120, 167-172.
- Leiguarda, R. (2003). "Control cortical del movimiento: Aspectos Básicos", *Archivos de neurología, neurocirugía y neuropsiquiatría*, 7, 2-6.
- Lenzi, D., C. Trentini, P. Pantano, E. Macaluso, M. Iacoboni, G. L. Lenzi y M. Ammaniti (2008). "Neural basis of maternal communication and emotional expression processing during infant preverbal stage", *Cerebral Cortex*, 19, 1124-1133.
- Li, M. y A. S. Fleming (2003). "The nucleus accumbens shell is critical for normal expression of pup-retrieval in postpartum female rats", *Behavioural Brain Research*, 145, 99-111.
- Liu, J. H. y K. H. Park (1988). "Gonadotropin and PRL secretion increases during sleep during the puerperium in nonlactating women", *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 66, 839-845.
- Lenstein, J. S., D. A. Simmons y J. M. Stern (1998). "Functions of the caudal periaqueductal gray in lactating rats: kyphosis, lordosis, maternal aggression and fearfulness", *Behavioral Neuroscience*, 112, 1502-1518.



- Lorberbaum, J. P., J. D. Newman, A. R. Horwitz, J. R. Dubno, R. B. Lydiard, M. B. Hamner, E. Bolning y George, M. S. (2002). "A Potential Role for Thalamocingulate Circuitry in Human Maternal Behavior", *Biological Psychiatry*, 51, 431-445.
- Lorberbaum, J. P., J. D. Newman, J. R. Dubno, A. R. Horwitz, Z. Nahas, C. C. Tenenback, C. W. Bloomer y cols. (1999). "Feasibility of using fMRI to study mothers responding to infant cries", *Depression and anxiety*, 10, 99-104.
- Martínez-Gómez, M., Y. Cruz-Gómez, R. A. Lucio-Lucio y R. Hudson-Thompson (2002). "Conducta Maternal", en C. Escobar Briones (Ed.), *Motivación y conducta: sus bases biológicas*. Manual Moderno, México. p.p. 299-317.
- Melo-Salazar, A. I. (2002). "Motivación maternal en mamíferos inferiores y en el humano", en M. Hernández González (Ed.), *Motivación animal y humana*, Manual Moderno, México. P.p. 153-172.
- Mogenson, G. J. y C. Y. Yim (1980). "Electrophysiological and neuropharmacological-behavioral studies of the nucleus accumbens: implications for its role as a limbic-motor interface", en R. B. Chronister y J. F. De France (Eds.), *The neurobiology of the nucleus accumbens*. Haer Institute for electrophysiological research.
- Morgan, H. D., J. A. Watchus, N. W. Milgram y A. S. Fleming (1999). "The long lasting effects of electrical stimulation of the medial preoptic area and medial amygdale on maternal behavior in female rats", *Behavioral Brain Research*, 99, 61-73.
- Morrison, S. E. y C. D. Salzman (2009). "The convergence of information about rewarding and aversive stimuli in single neurons", *Journal of Neuroscience*, 29, 11471-11483.
- Nakamura, K., R. Kawashima, K. Ito, M. Sugura, T. Kato, A. Nakamura, y cols. (1999). "Activation of the right inferior frontal cortex during assesment of facial emotion". *Journal of Neurophysiology*, 82, 1610-1614.
- Netter, F. H. (1993) "Fisiología y neuroanatomía funcional", en F. H. Netter (ed.), *Sistema Nervioso: Anatomía y fisiología*, de la colección Ciba de ilustraciones médicas. Ediciones Científicas y Técnicas, S.A. p.p. 235.

- Niedermeyer, E. (1999). "The normal EEG of the waking adult", en: E. Niedermeyer y F. Lopes da Silva (Eds.), *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications and Related Fields*, Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore MD, pp. 149-173.
- Nishihara, K., S. Horiuchi, H. Eto, S. Uchida y M. Honda (2004). "Delta and theta power spectra of night sleep EEG are higher in breast-feeding mothers than in non-pregnant women", *Neuroscience Letters*, 368, 216-220.
- Nishimori, K., L. J. Young, Q. Guo, Z. Wang, T. R. Insel y M. M. Matzuk (1996). "Oxytocin is required for nursing but is not essential for parturition or reproductive behavior", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93, 11699-11704.
- Nitschke, J.B., E. E. Nelson, B. D. Rusch, A. S. Fox, T. R. Oakes y R. J. Davidson (2004). "Orbitofrontal cortex tracks positive mood in mothers viewing pictures of their newborn infants", *NeuroImage*, 21, 583-592.
- Noriuchi, M., Y. Kikuchi y A. Senoo (2008). "The Functional Neuroanatomy of Maternal Love: Mother's Response to Infant's Attachment Behaviors", *Biological Psychiatry*, 63, 415-423.
- Numan, M. y D. S. Stelzenberg (2009). "Medial preoptic area interactions with dopamine neural systems in the control of the onset and maintenance of maternal behavior in rats", *Frontiers in neuroendocrinology*, 30, 46-64.
- Numan, M. (2006). "Hypothalamic neural circuits regulating maternal responsiveness toward infants", *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 5, 163-90.
- Numan, M., A. S. Fleming y F. Levy (2006). "Maternal Behavior", en J. D. Neill (Ed.), *Knobil and Neill's physiology of reproduction*, Elsevier, New York, pp. 1921-1993.
- Numan, M. y T. R. Insel (2003). *The neurobiology of parental behavior*. New York: Springer-Verlag.
- Numan, M. y M. J. Numan (1996). "A lesion and neuroanatomical tract-tracing analysis of the role of the bed nucleus of the stria terminalis in retrieval behavior and other aspects of maternal responsiveness in rats", *Developmental Psychobiology*, 29, 23-51.

- Numan, M. (1994). "Maternal Behavior", en E. Knobill y J. D. Neill (Eds.), *The Physiology of Reproduction*, Raven Press, p.p. 221-302.
- Numan, M., K. P. Corodimas, M. J. Numan, E. M. Factor y W. D. Piers (1988). "Axon-sparing lesions of the preoptic region and substantia innominata disrupt maternal behavior in rats", *Behavioral Neuroscience*, 102, 381-396.
- Numan, M. (1974). "Medial preoptic area and maternal behavior in the female rat", *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 87, 746-759.
- Ochsner, K.N., S. A. Bunge, J. J. Gross y J. D. E. Gabrieli (2002). "Rethinking feelings: An fMRI study of the cognitive regulation of emotion", *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 1215-1229.
- Ostrosky Solís, F., E. Gómez, E. Matute, M. Roselli, A. Ardila y D. Pineda (2003). *Neuropsi: Atención y Memoria 6 a 85 años. Manual, instructivo y puntuaciones totales*, American Book Store, S.A. de C.V. México, D.F.
- Pedersen, C. A. y A. J. Prange Jr. (1979). "Induction of maternal behavior in virgin rats after intracerebroventricular administration of oxytocin", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 76, 6661-6665.
- Pfaff, D. W. (1982). "Motivational concepts: Definitions and distinctions", en D. W. Pfaff (Ed.), *The physiological mechanisms of motivation*. New York: Springer-Verlag.
- Portellano, J. A. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. Mc Graw Hill. Madrid, España.
- Raghavachari, S., M. J. Kahana, D. S. Rizzuto, J. B. Caplan, M. P. Kirschen, B. Bourgeois, y cols. (2001). "Gating of human theta oscillations by a working memory task", *The Journal of Neuroscience*, 21, 3175-3183.
- Ranote, S., R. Elliott, K. M. Abel, R. Mitchell, J. F.W. Deakin y L. Appleby (2004). "The neural basis of maternal responsiveness to infants: an fMRI study", *NeuroReport*, 15, 1825-1829.
- Ratey, J. J. (2002). *El cerebro: Manual de Instrucciones*. J. P. Campos (Ed.) Trans, Barcelona.

- Robles, R., R. Varela, S. Jurado y F. Páez (2001). "Versión Mexicana del Inventario de Ansiedad de Beck: Propiedades Psicométricas", *Revista Mexicana de Psicología*, 18, 211-218.
- Rolls, E. T. (2004). "The functions of the orbitofrontal cortex", *Brain and cognition*, 55, 11-29.
- Rosenblatt, J. S. (1967). "Nonhormonal basis of Maternal Behavior in the Rat", *Science*, 156, 1512-1513.
- Rosenblatt, J. S. y A. D. Mayer (1995). "An analysis of approach/ withdrawal processes in the initiation of maternal behavior in the laboratory rat", en K. E. Hood, G. Greenberg y E. Tobach (Ed.), *Behavioral development* New York: Garland Press, pp. 177-230.
- Sammler, D., M. Grigutsch, T. Fritz y S. Koelsch (2007). "Music and emotion: Electrophysiological correlates of the processing of pleasant and unpleasant music", *Psychophysiology*, 44, 293-304
- Seifritz, E., F. Esposito, J. G. Neuhoff, A. Lüthi, H. Mustovic, G. Dammann, y cols. (2003). "Differential sex-independent amygdale response to infant crying and laughing in parents versus nonparents", *Biological Psychiatry*, 54, 1367-1375.
- Shahrokh, D. K., T. Y. Zhang, J. Diorio, A. Gratton y M. J. Meaney (2010). "Oxytocin-dopamine interactions mediate variations in maternal behavior in the rat", *Endocrinology*, 151, 2276-2286.
- Sheehan, T. P., J. Cirrito, M. J. Numan y M. Numan (2000). "Using c-Fos immunocytochemistry to identify forebrain regions that may inhibit maternal behavior in rats", *Behavioral Neuroscience*, 114, 337-352.
- Stack, E. C., R. Balakrishnan, M. J. Numan y M. Numan (2002). "A functional neuroanatomical investigation of the role of the medial preoptic area in neural circuits regulating maternal behavior", *Behavioural Brain Research*, 131, 17-36.
- Stone, C. P. (1938). "Effects of cortical destruction on reproductive behavior and maze learning in albino rats", *Journal of Comparative Psychology*, 26, 217-236.

- Stone, C. P. (1925). "Preliminary note on the maternal behavior of rats living in parabiosis", *Endocrinology*, 9, 505-512.
- Storey, A. E., C. J. Walsh, R. L. Quinton y K. E. Wynne-Edwards (2000). "Hormonal Correlates of Paternal Responsiveness in New and Expectant Fathers", *Evolution and Human Behavior*, 21, 79-95.
- Strathearn, L., J. Li, P. Fonagy y P. R. Montague (2008). "What's in a Smile? Maternal Brain Responses to Infant Facial Cues", *Pediatrics*, 122, 40-51.
- Strathearn, L., P. Fonagy, J. Amico y P. R. Montague (2009). "Adult Attachment Predicts Maternal Brain and Oxytocin Response to Infant Cues", *Neuropsychopharmacology*, 34, 2655-2666.
- Swain, J., E. Tasgin, L. C. Mayes, R. Feldman, T. R. Constable y J. F. Leckman (2008). "Maternal brain response to own baby-cry is affected by cesarean section delivery", *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49, 1042-1052.
- Tekin S. y J. Cummings (2002). "Frontal-Subcortical neural circuits and clinical neuropsychiatry. An update", *Journal of Psychosom Research*, 53, 647-654.
- Vuilleumier, P. y G. Pouriois (2007). "Distributed and interactive brain mechanisms during emotion face perception: evidence from functional neuroimaging", *Neuropsychologia*, 45, 174-194.
- Wiesner, B. P. y N. M. Sheard (1933). *Maternal behavior in the rat*. Oliver & Boyd.
- Winslow, J. T., E. F. Hearn, J. Ferguson, L. J. Young, M. M. Matzuk y T. R. Insel (2000). "Infant vocalization, adult aggression and fear behavior of an oxytocin null mutant mouse", *Hormones and Behavior*, 37, 145-155.
- Wynne-Edwards, K. y C. J. Reburn (2000). "Behavioral Endocrinology of Mammalian Fatherhood", *Trends in Ecology and Evolution*, 15, 464-68.
- Xerri, C., J. M. Stern y M. M. Merzenich (1994). "Alterations of the Cortical Representation of the Rat Ventrum Induced by Nursing Behavior", *Journal of Neuroscience*, 14, 1710-1721.

- Young, L. J., J. T. Winslow, Z. Wang, B. Gingrich, Q. Guo, M. M. Matzuk, y cols. (1997). "Gene Targeting Approaches to Neuroendocrinology: Oxytocin, Maternal Behavior, and Affiliation", *Hormones and Behavior* 31, 221–231.
- Yu, G. Z., H. Kaba, S. Okutani, S. Takahashi y Y. Higuchi (1996a). "The olfactory bulb: a critical site of action for oxytocin on the induction of maternal behavior". *Neuroscience*, 72, 1083-2088.
- Yu, G. Z., H. Kaba, S. Okutani, S. Takahashi, Y. Higuchi y K. Seto (1996b). "The action of oxytocin originating in the hypothalamic paraventricular nucleus on mitral and granule cells in the rat main olfactory bulb", *Neuroscience*, 72, 1073-1082.
- Zebrowitz, L. A. (2006). "Finally, faces find favor", *Social Cognition*, 24, 657–701.

TESIS/CUCBA