



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN CIENCIAS (NEUROBIOLOGÍA)
INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA

**Análisis de la percepción de la sonrisa materna
en niños a término y prematuros**

Tesis
que para obtener el grado de:
Maestro en Ciencias (Neurobiología)

Presenta:
Psic. Maribel Delgado Herrera

Director de Tesis
Dr. Efraín Santiago Rodríguez
INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA, UNAM

Comité Tutor
Dra. Thalía Harmony
Dra. Gina Lorena Quirarte
Dr. Víctor Hugo de Lafuente Flores
INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA, UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Universidad Nacional Autónoma de México

Instituto de Neurobiología

Los miembros del Comité Tutorial certificamos que la tesis elaborada por: Maribel Delgado Herrera, cuyo título es: “Análisis de la percepción de la sonrisa materna en niños sanos y prematuros” se presenta como uno de los requisitos para obtener el grado de Maestría en Ciencias (Neurobiología) y cumple con los criterios de originalidad y calidad requeridos por la División de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Firma

Dr. Manuel Salas Alvarado

Presidente

Dra. Thalía Harmony Baillet

Secretario

Dra. Gloria Otero Ojeda

Vocal

Dr. Luis Concha Loyola

Suplente

Dra. Gina Lorena Quirarte

Suplente

Aprobado por el Comité Académico

Dr. Alfredo Varela Echeverría

RESUMEN

El daño cerebral perinatal se produce por la presencia de varios factores de riesgo, entre ellos la prematurez, la hipoxia-isquemia, la infección y la inflamación. Cuando la prematurez se presenta junto con otros factores de riesgo pueden ocurrir daños en la sustancia blanca periventricular. Se ha reportado que en la prematurez existen secuelas cognitivas, sensoriales y sociales/emocionales. En niños a término, regiones cerebrales frontales y temporales (circunvolución temporal superior) participan en la percepción de rostros (neutros y felices). El objetivo de este estudio fue determinar la respuesta eléctrica cerebral ante la sonrisa materna de niños prematuros y nacidos a término. Veinte niños (10 controles y 10 prematuros) con una media de 8.1 ± 0.8 meses de edad (corregida para los prematuros) participaron en el estudio. Se registró el EEG sincrónico a la presentación de fotografías de la cara materna y de una cara desconocida (neutra y sonriente). Se midió la respuesta conductual en tres variables: mirada, afecto y conducta motora. Se realizó un análisis cuantitativo del EEG y se generaron espectros de potencia mediante la transformada rápida de Fourier. No se encontraron diferencias significativas en el análisis conductual. El análisis del EEG mostró que ambos grupos de niños presentaron mayor potencia absoluta en derivaciones temporales y frontales en la banda de frecuencia theta ante la cara neutra desconocida, pero únicamente los niños a término continuaron con este patrón ante la cara neutra materna. Mientras que, ambos tipos de sonrisas generaron actividad de más regiones cerebrales bilateralmente en la misma banda de frecuencia, solo en el grupo de niños a término. En los niños prematuros la actividad ante ese mismo estímulo fue unilateral y en menos regiones cerebrales. Los datos encontrados en los niños prematuros no se han reportado hasta la fecha en la literatura.

SUMMARY

Perinatal brain injury occurs by the presence of various risk factors, among them prematurity, hypoxia-ischemia, infection and inflammation. When prematurity is added to other factors it can generate damage to the periventricular white matter resulting in a hypomyelination in those areas. Cognitive, sensorial and social/emotional sequels have been reported in preterm infants. In full-term infants, larger activation in frontal and temporal brain regions (e.g., superior temporal gyrus) in response to happy faces, compared with neutral faces, has been reported. The aim of this study was to determine the behavioral and electrical brain responses to maternal smile in preterm and full-term infants. Twenty infants (10 preterm and 10 full-term) with mean age of 8.1 ± 0.8 months (corrected for the preterm babies) were studied. Images expressing neutral and smiling face (maternal and strange) were presented during EEG recording. Behavioral response was measured by three variables: gaze, affect, and motor behavior. Quantitative EEG was performed and power spectra were obtained by Fast Fourier Transform. There were not significant differences in the behavioral analysis. EEG analysis showed that both groups of children have a higher absolute power in frontotemporal regions in the theta frequency band at the strange neutral face; but only the full-term infants continued this pattern to the maternal neutral face. While, both types of smiles recruited more brain areas bilaterally in the same frequency band, only in full term infants. In preterm infants the activity to the same stimulus was unilateral and in fewer brain regions. The data found in preterm infants have not been reported in the literature yet.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi máxima casa de estudios, por haberme instruido en el camino de la educación por trece años.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por permitirme ser becario de su programa (No: 422636) y a la Dirección General de Estudios de Posgrado de la UNAM (Becario No: 302119280).

A todo el personal de la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo por el apoyo que me brindaron en estos dos años, principalmente:

A la Dra. Harmony por asesorar mi trabajo y por sus comentarios al mismo.

A mi director de tesis, el Dr. Efraín Santiago por las múltiples enseñanzas que me brindó.

A mis compañeros de laboratorio, en especial a Caro por estar siempre al pendiente de mi trabajo, y ser mi segundo tutor.

A la laboratorista Tonantzin Pineda por haber sido paciente y dedicada en el análisis conductual de los niños de esta muestra.

A la Dra. Josefina Ricardo Gracell por todo su apoyo.

A la Psic. Erika Cruz Rivero, a los neuropediatras el Dr. Arias y la Dra. López y a la Dra. Ma. Elena Juárez por atender a los niños de mi protocolo.

A los ingenieros Héctor Belmont y Paulina Álvarez por su ayuda en la instalación de programas y por su asistencia en sistemas.

A Tere Álvarez por su ayuda y disposición a todas mis necesidades.

A la trabajadora social Karina López por su entrega en el trabajo y su colaboración con el mío.

Muy especialmente, agradezco a mi jurado de examen: al Dr. Manuel Salas, a la Dra. Thalía Harmony, a la Dra. Gloria Otero, al Dr. Luis Concha y a la Dra. Gina Quirarte por sus valiosos comentarios.

A la M. en C. Leonor Casanova Rico por todo su apoyo a lo largo de la maestría. A la Unidad de computo y a la Biblioteca.

A Pen por haber colaborado con el material de trabajo para la realización de esta tesis pero principalmente, por ser mi compinche, mi aliada y mi sostén en esta etapa de mi vida y alegrarla día a día.

Finalmente y con todo mi amor, a mi madre, a mis hermanos consanguíneos: Danielongo y Chivulfria, y a mi hermano elegido, David, por todo su apoyo y por regalarme la dicha de ser parte de su ser.

*A mi madre,
Ma. Luisa Herrera García
por ser el guerrero más venerable que conozco*

ÍNDICE

RESUMEN.....	ii
SUMMARY.....	iii
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.....	3
2.1 Emoción.....	3
2.2 Emociones positivas.....	6
2.3 Tipos de sonrisas.....	7
2.4 Neurodesarrollo de las emociones positivas.....	10
2.5 ¿Cómo se miden las emociones?	14
2.5.1 Respuestas conductuales.....	15
2.5.2 Respuestas autonómicas.....	16
2.5.3 Respuestas cognitivas.....	17
2.5.3.1 EEG.....	17
2.5.3.1.1 Análisis cuantitativo del EEG.....	18
2.5.3.2 Potenciales evocados.....	20
2.5.3.2.1 Potenciales relacionados a eventos.....	21
2.6 Emoción y trastornos en el neurodesarrollo.....	23
2.6.1 Prematurez.....	23
2.6.2 Leucomalacia periventricular.....	24
2.6.3 Prematurez y daño cognitivo social y emocional.....	26
3. Planteamiento del problema.....	29
4. Preguntas de investigación.....	29
5. Hipótesis.....	29
6. Objetivos.....	30
7. Método.....	30
7.1 Diseño del estudio.....	30
7.2 Criterios de inclusión, exclusión y eliminación.....	31
7.3 Procedimiento.....	32
7.4 Análisis estadísticos.....	34
8. Resultados.....	36

8.1.1	Resultados conductuales	38
8.1.2	Resultados electrofisiológicos	41
9.	Discusión.....	53
9.1	Análisis conductual.....	54
9.2	Actividad eléctrica cerebral.....	55
10.	Conclusiones.....	67
11.	Perspectivas y limitaciones.....	68
12.	Referencias.....	69
	Índice de figuras y tablas.....	75
	Apéndice I.....	76

1. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos somos seres sociales por naturaleza. Las emociones son de gran valor social, ya que sirven para generar respuestas que nos permiten mantener un balance homeostático, provocando conductas específicas para responder adecuadamente a las demandas del medio ambiente. Desde hace ya muchos años las emociones se han investigado, Charles Darwin fue uno de los pioneros que dejó un gran legado al respecto. Él, entre otros hallazgos, comprobó que las emociones están presentes en todas las especies independientemente de su cultura. Es decir, que son innatas. Darwin declaró que existen seis tipos de emociones universales, estas son: alegría, miedo, disgusto-desprecio, ira-enojo, tristeza y sorpresa. En términos generales las emociones negativas han sido más estudiadas que las positivas, quizá por su relevancia en la sobrevivencia.

Las respuestas emocionales son fácilmente observables y por lo tanto susceptibles de medición, ésta se puede realizar mediante la simple observación (mediciones conductuales) o a través de mediciones psicofisiológicas, neurofisiológicas o respuestas endócrinas. Las técnicas que nos aproximan de manera más directa a los mecanismos de generación de las emociones son: las imágenes por resonancia magnética funcional (IRMf), la espectroscopía cercana al infrarojo (NIRS), el registro de la actividad eléctrica cerebral por medio del electroencefalograma (EEG) y los potenciales relacionados a eventos (PREs).

Estudios acerca del neurodesarrollo de las emociones, conductualmente han encontrado que, a los tres meses de edad, los niños son capaces de discriminar caras de felicidad, sorpresa y enojo (Nelson 2001). Mientras que a los seis meses de edad, pueden discriminar diferentes intensidades de felicidad y enojo (Striano et al., 2002). Existen un gran número de investigaciones realizadas con niños nacidos a término que miden su actividad eléctrica cerebral mientras observan emociones positivas, principalmente caras expresando sonrisas (de Haan y Nelson, 1997, Bazhenova et al., 2007, Grossman et al. 2008, Minagawa-Kawai et al., 2009 y Nakato et al., 2011). En general, estos estudios reportan que regiones frontales y temporales participan ante este tipo de estímulos de manera bilateral.

Se sabe que las enfermedades vinculadas al neurodesarrollo como el autismo y el síndrome de Asperger, así como los factores que desencadenan el daño cerebral perinatal, tales como la prematurez, el daño hipóxico-isquémico y el bajo

peso al nacer pueden provocar secuelas que afectan el ámbito cognitivo, conductual y de socialización del niño (Clark et al., 2008; Johnson et al., 2009; Perricone y Morales, 2011). Incluso se ha sugerido que existe una correlación entre los niños nacidos prematuros y la probabilidad de padecer autismo, enfermedad caracterizada principalmente por una incapacidad de interactuar socialmente (Msall, 2010). La enfermedad más frecuente como resultado de la prematurez es la leucomalacia periventricular (LPV) y se caracteriza por necrosis de la sustancia blanca en las regiones laterales y dorsales de los ventrículos laterales (Volpe, 2011). Sus consecuencias derivan en desarrollo de diplejía espástica, déficit neurológico y alteraciones cognitivas (Khwaja y Volpe, 2008). Específicamente se ha reportado que los niños nacidos prematuros presentan: desajustes en su reactividad emocional, impulsividad elevada y toma de decisiones inadecuada (Eckerman et al., 1999, Garner y Landry, 1992 y van Beek et al., 1994). Sin embargo, la mayoría de estos diagnósticos se hacen hasta edades escolares dificultando el conocimiento del surgimiento de estas alteraciones. Además, se ha reportado que estas anomalías conductuales persisten en la mayoría de los casos durante toda la niñez, la adolescencia e incluso la adultez.

Estudios conductuales realizados con niños prematuros en los primeros doce meses de vida indican son más reactivos socialmente ante el desapego materno (Hui-Chin y Suh-Fang, 2008). En términos cerebrales se sabe poco acerca de cómo responden los niños prematuros a estímulos emocionales. Por ello, el objetivo de esta investigación es conocer cómo es la respuesta conductual y la actividad eléctrica cerebral de niños nacidos prematuros ante la percepción de estímulos emocionales: la sonrisa materna.

2. ANTECEDENTES

2.1 Emoción

Las emociones se han investigado desde hace varios años atrás. Charles Darwin en su libro “La expresión de las emociones en el hombre y en los animales” publicado en 1872 resume 34 años de estudio de las emociones. En su libro describe dos aportaciones fundamentales; la primera fue el descubrimiento de que las emociones son las mismas en los hombres y en los animales exponiendo el patrón evolutivo de éstas. La segunda aportación importante fue la descripción de “emociones básicas” que demostró están presentes en todas las especies y culturas. Estas emociones son: alegría, miedo, disgusto-desprecio, ira-enojo, tristeza y sorpresa. En la actualidad aún se investiga si estas emociones comparten regiones cerebrales o bien, si existen regiones específicas para cada emoción (Tettamanti et al., 2012).

Así, al paso de los años se han propuesto distintas teorías que tratan de explicar cómo se generan las emociones. Algunas de las más representativas son: la teoría emocional de James-Lange (1885), que define a las emociones como la experiencia de los cambios corporales que suceden en respuesta a estímulos emocionales (Dalglish, 2004). Sin embargo, esta definición pronto fue debatida por Canon (1927) y Bard (1928) quienes argumentaban que si las emociones dependían únicamente de la percepción de los cambios corporales, cuando los sistemas perceptuales estuvieran dañados las emociones no existirían, claramente esto no es así, y propusieron por primera vez un modelo que toma en cuenta la regulación arriba-abajo, es decir, la regulación de zonas corticales a zonas subcorticales, por ejemplo, el hipotálamo. Más tarde, en 1937, James Papez propuso un circuito en el que diferenciaba dos vías neuronales específicas para el pensamiento y el sentimiento, continuó con la idea de la regulación arriba-abajo pero también tomó en cuenta la regulación abajo-arriba. Específicamente, propuso que cuando la información sensorial pasa del tálamo a la corteza del cíngulo, las sensaciones se convierten en percepciones, pensamientos y memorias. Y que el sentimiento, por otra parte, se genera por la conexión entre en tálamo y los cuerpos mamilares enviando proyecciones arriba-abajo hacia los sistemas del cuerpo y abajo-arriba hacia la corteza del cíngulo. Después MacLean en 1949, reunió las ideas de Canon y Bard y de Papez y con base en la evolución del cerebro de los animales propuso

que el sistema de las emociones se puede entender mediante tres épocas del desarrollo evolutivo: el cerebro antiguo reptiliano, el cerebro antiguo de los mamíferos y el cerebro actual de los mamíferos. El primero hace alusión a las emociones primitivas, como la agresión y el miedo, funcionando como estructuras básicas de este sistema el estriado y los ganglios basales. El segundo se refiere al surgimiento de emociones sociales como resultado de la evolución del cerebro, teniendo como estructuras básicas todas las descritas por Papez pero incluyendo a la amígdala y a la corteza prefrontal (imprescindible para ejercer juicios y tomar decisiones). Y por último, en el cerebro actual de los mamíferos, la neocorteza es el vínculo entre la emoción y la cognición controlando las emociones que son enviadas a otros sistemas mediante la regulación arriba-abajo. A las estructuras que integran estos tres sistemas las llamó el sistema límbico. Este sistema brindó información crucial para el desarrollo del conocimiento de las emociones y a pesar de que en la actualidad se sabe que este concepto no es el único implicado, se sigue utilizando. LeDoux (2000) critica que se tome como suficiente al sistema límbico para explicar a las emociones debido a que se le adjudica exclusividad. Se creía que el sistema límbico era la estructura que subyacía únicamente a las emociones mientras que en la neocorteza residía exclusivamente la cognición (razonamiento, memoria, resolución de problemas, etc.). Sin embargo, desde los años 50's se comprobó que un daño en el hipocampo, pieza central del sistema límbico, provocaba deficiencias en la memoria a largo plazo, demostrando que esta separación no tenía por qué ser excluyente, sino más bien un proceso integral. A partir de ese hallazgo hubo una importante disputa en decidir qué estructuras debían formar parte de este sistema y cuáles no, incluso se sugirió que este término debía desaparecer. LeDoux (2000), propone que si bien las ideas de MacLean ayudaron a conocer que las emociones implicaban circuitos relativamente primitivos que se conservan a lo largo de la evolución, no es exclusivo para ellas. Sino que también está involucrado con diversos procesos cognitivos, y que éstos pueden funcionar independientemente de los circuitos emocionales.

Pese a todo un siglo de investigación en emociones, aún resulta complicado definir las. Damasio (2001) las define como las respuestas fisiológicas y conductuales producidas por ciertos mecanismos cerebrales ante la presencia de estímulos o eventos internos o externos. El propósito de las emociones es generar respuestas para mantener un balance homeostático, provocando conductas

específicas que han ido evolucionando para responder adecuadamente a las demandas del medio con repertorios de acción bien establecidos, por ejemplo, pelear o huir, o la generación de expresiones faciales particulares. Las respuestas emocionales son fácilmente observables y por lo tanto susceptibles de medición, ésta se puede realizar mediante la simple observación (mediciones conductuales) o a través de mediciones psicofisiológicas, neurofisiológicas o respuestas endócrinas. Además no solamente se puede investigar objetivamente en humanos sino incluso en especies con sistemas nerviosos sencillos como es el caso de la *Aplysia* y la *Drosophila* (Damasio, 2001).

Las emociones brindan al ser humano formas coherentes e innatas para resolver los grandes retos y amenazas a su integridad a la vez que regulan la forma en que los individuos interactúan en un ambiente social (Izard, 1994). A través de estudios transculturales se encontró que hay seis emociones presentes en todos los seres humanos independientemente de su cultura y que tienen que ver con la sobrevivencia de la especie, las llamaron emociones universales y son: la alegría, el miedo, el disgusto-desprecio, la ira-enojo, la tristeza y la sorpresa (Ekman et al., 1969). Ekman y Friesen (1976) demostraron que existen diferentes vías autónomas para diferentes emociones y que la actividad facial voluntaria puede generar la actividad específica de esa emoción. Para realizar estos experimentos, diseñaron una técnica para descomponer los movimientos faciales en el movimiento de cada uno de los músculos involucrados en la expresión de una emoción, a este sistema lo llamaron Sistema de codificación de acción facial (FACS por sus siglas en inglés, *facial action coding system*). A través de ese sistema pudieron conocer qué músculos de la cara se utilizan para expresar diferentes emociones. Levenson et al. (1990) instruyeron a un grupo de personas para que movieran grupos de músculos (que previamente mediante el FACS sabían que generaban la expresión de las emociones universales) mientras registraban sus respuestas periféricas y autonómicas. Encontraron diferencias entre emociones positivas y negativas en el ritmo cardíaco y la conductancia de la piel. Específicamente, encontraron que en las emociones negativas de miedo e ira hubo un incremento en el ritmo cardíaco en comparación con felicidad. Pero no así con las otras dos emociones negativas de tristeza y disgusto. Además, encontraron que en la emoción de felicidad hay un incremento del ritmo cardíaco comparado con la emoción de sorpresa. En la conductancia de la piel se encontró que en todas las emociones negativas hay

mayor conductancia de la piel en comparación con la emoción de felicidad y sorpresa. Además les preguntaron a las personas cómo se sentían tras realizar esos movimientos de los músculos faciales y encontraron que les generaban las mismas sensaciones subjetivas de las emociones universales. Los resultados indican que las emociones universales generan respuestas diferenciadas a nivel autónomo y que, mover voluntariamente los músculos relacionados a ellas provoca la misma sensación que cuando se generan espontáneamente.

2.2 Emociones positivas

En términos generales, existe un mayor número de investigaciones relacionadas con las emociones negativas que con las positivas, específicamente con el miedo quizá por su relevancia adaptativa; sin embargo, aunque no parezca tan obvio el estudio de las emociones positivas es altamente relevante para la calidad de vida de las personas. Específicamente se ha descrito que las personas que expresan más emociones positivas tienen una personalidad y matrimonio más estable, y mejores habilidades interpersonales y cognitivas en comparación con personas que expresan más emociones negativas (Harker y Keltner, 2001). Y no solamente se han encontrado hallazgos positivos en cuanto a la expresión, sino también en la forma en que percibimos a los estímulos. Abel y Kruger (2010) a través de un estudio de predicción encontraron que las personas que clasificaron más sonrientes una serie de fotografías en comparación con las personas que no tuvieron este mismo juicio, tuvieron una vida más longeva (35% en promedio). Como se mencionó anteriormente expresar emociones de felicidad genera respuestas autonómicas específicas, que a lo largo del desarrollo influyen en la salud física, mental y en la longevidad (Danner et al., 2001).

Para estudiar la percepción de emociones positivas se han estudiado gran variedad de estímulos: paisajes, comida apetitosa, lugares paradisiacos, palabras o caras expresando alegría y sorpresa. Existe un gran número de investigaciones realizadas con caras expresando emociones positivas dado el componente social que caracteriza a los seres humanos. También, porque esta información es crucial para decidir aproximarnos o no a otra persona, por ejemplo, una persona se sentirá más atraída a entablar una conversación con otra que muestre en el rostro emociones afables, mientras que será más complicado acercarse a una persona que

muestre enfado o repugnancia (Izard, 1994). La percepción de la cara es mediada por un complejo sistema neuronal, que depende de la representación de aspectos faciales estructurales invariantes, que constituye la base del reconocimiento de los individuos y la interpretación de cambios dinámicos de las caras, como la mirada y las expresiones cara a cara para comunicarnos con los otros (Haxby et al., 2000). Kanwisher et al. (1997) compararon la actividad cerebral de individuos mientras les mostraban caras vs. objetos, objetos animados e inanimados, caras en mosaico, casas y manos, encontraron en todas las comparaciones que el giro fusiforme responde selectivamente a la percepción de las caras. Específicamente, el procesamiento de las emociones faciales involucra al giro fusiforme, a la corteza prefrontal, a la ínsula y a la amígdala (Haxby et al., 2002). Thomas et al. (2000) mostraron que existe activación de la amígdala ante la estimulación con imágenes de rostros asustados. En cuanto a rostros sonrientes se ha reportado la actividad del estriado ventral (Chakabarti et al., 2006). Se ha descrito desde hace ya varios años que existen diferentes tipos de sonrisas: genuinas o espontáneas y voluntarias o sociales (Ekman et al., 1980).

2.3 Tipos de sonrisas

A las sonrisas verdaderas o espontáneas también se les llama sonrisas de Duchenne en honor al médico investigador francés Guillaume Duchenne (Figura 1). Él se dedicó al análisis de la expresión de las emociones humanas determinando, a través de la estimulación eléctrica de algunos de sus pacientes psiquiátricos, qué músculos de la cara estaban implicados en ellas (Ekman et al., 1990). Él propuso que los músculos involucrados en este tipo de sonrisa obedecían a la voluntad que era guiada por músculos de la bondad, del amor y de las impresiones agradables: los músculos de las emociones dulces del alma. En un lenguaje más formal plasmó todas sus observaciones en su libro "*Mecanisme de la Physionomie Humaine*" 1862, en él segregó distintos tipos de sonrisas. La tipo Duchenne que es producto de una satisfacción auténtica, se genera por la combinación de la contracción de los músculos cigomático mayor y menor, que elevan la comisura de los labios, y el músculo orbicular de los párpados, cuya contracción eleva las mejillas y produce arrugas alrededor de los ojos, bolsas o abultamiento de la piel debajo de los ojos, baja las cejas y estrecha la apertura palpebral (Ekman et al., 1990). La sonrisa de

Duchenne indica una emoción espontánea y genuina. Existen otros dos tipos, la sonrisa voluntaria (social o fingida) y la sonrisa sardónica, causada por el tétanos (que contrae los músculos de la cara y hace que el paciente muestre los dientes) y también por el envenenamiento con estricnina (Ekman et al., 1990). Ekman primordialmente y en la actualidad un gran número de investigadores han dilucidado las bases neurofisiológicas de los distintos tipos de sonrisa. Han encontrado que la sonrisa de Duchenne se genera como respuesta a procesos ocurridos en los ganglios basales. Mientras que la sonrisa voluntaria (fingida o social) es resultado de los impulsos generados en la corteza motora (Ekman y Davidson, 1993).



Figura 1. Fotografía del libro “Mecanisme de la Physionomie Humaine” 1862 de Guillaume Duchenne. Se muestra al médico francés estimulando los músculos de la cara de un paciente psiquiátrico para generar el tipo de sonrisa que lleva su nombre y que se produce genuinamente.

Thibault et al. (2009) presentaron imágenes de personas de diferentes nacionalidades que expresaban distintos tipos de sonrisas a niños y adolescentes de 4 a 17 años de edad de origen canadiense francés. Los tipos de sonrisas fueron: sonrisa con alta intensidad de Duchenne (con arrugas alrededor de los ojos), sonrisa con mediana intensidad de Duchenne, sonrisa no Duchenne y sonrisa débil (apenas perceptible). Encontraron que los participantes perciben la sonrisa de Duchenne como más auténtica que las demás y que el grado de intensidad va disminuyendo según disminuye el marcador de Duchenne. En los niños de entre 4 y 13 años de edad, los juicios de autenticidad variaron casi linealmente con la intensidad de la sonrisa, no así de los 14 a los 17. También, encontraron que los niños juzgan significativamente menos auténticas las sonrisas de los franco-canadienses en comparación con las generadas por los chinos y los africanos.

Gosselin et al. (2010) realizaron una investigación para conocer qué características involucradas en generar la sonrisa tipo Duchenne aportan más información para discriminar diferentes tipos de sonrisas. Pidieron a niños de 6 a 7 y de 9 a 10 años que juzgaran dos fotografías que mostraban diferentes tipos de sonrisas y que dijeran cuál mostraba mayor felicidad y por qué. Los dos tipos de sonrisas fueron: sonrisas generadas por algo agradable (expresando los marcadores de Duchenne en forma simétrica) y sonrisas fingidas, caracterizadas por la ausencia del elevamiento de las mejillas y asimetría en la elevación de la comisura de los labios. Encontraron que los niños tuvieron más aciertos en discriminar las sonrisas placenteras cuando las sonrisas diferían en asimetría que cuando lo hacían por la elevación de las comisuras de los labios. No hubo diferencias por grupos de edad.

Además, se ha reportado que la interpretación del significado de una sonrisa también depende de la información transmitida por los ojos. Ekman (1992) encontró que las expresiones que carecen de señales de expresión en los ojos se perciben como ejemplos pobres de expresiones emocionales positivas. Frank et al. (1993) encontraron que para realizar una correcta discriminación entre estos dos tipos de sonrisas es necesario tener acceso a los ojos, de lo contrario los estímulos se juzgan erróneamente. Además, descubrieron que las personas juzgan como más positivos (por ejemplo, más expresivos y sociables) a los estímulos con sonrisa de Duchenne en comparación con la sonrisa social. También se ha descrito que cuando las personas generan la sonrisa de Duchene de manera voluntaria, las vías cerebrales activas se asocian con el bienestar subjetivo (Ekman et al., 1990).

Por lo anterior, podemos concluir que los ojos y la boca son un marcador indispensable para distinguir entre estos tipos de sonrisa. Sin embargo, hay algunas culturas en las que abrir la boca al reír es considerado una violación a las reglas de educación, por ejemplo, la cultura oriental. Yuki et al. (2007) reportaron que los americanos se enfocan más en la boca para discriminar diferentes tipos de sonrisas mientras que los japoneses lo hacen en los ojos. Interesantemente esto se confirma con el simple hecho de comparar los *emoticonos* (esta palabra es un neologismo que proviene de emoción e icono, y son secuencias de caracteres ASCII que expresan distintas emociones) que se utilizan en las conversaciones virtuales en ambos países. Para los orientales la sonrisa queda abolida y la expresión se define en los ojos (Figura 2, en A) mientras que para los occidentales la denotación emotiva incurre en la boca (Figura 2, en B).

Mai et al. (2011) le presentaron a 95 chinos videos de sonrisas genuinas y voluntarias y les preguntaron en qué se basaron para tomar su decisión, 42 dijeron que se basaron en los ojos y 48 dijeron que se basaron en la boca. Posteriormente, verificaron que las sonrisas estuvieran juzgadas correctamente. Encontraron que el grupo de personas que se basó en los ojos fue más eficiente para detectar los estímulos correctamente que el grupo que se basó en la boca. Estos resultados nos indican que a pesar de que los dos rasgos (ojos y bocas) son importantes para discriminar los diferentes tipos de sonrisas puede existir un componente ambiental importante (por ejemplo, el lugar en el que vivimos) al realizar los juicios.

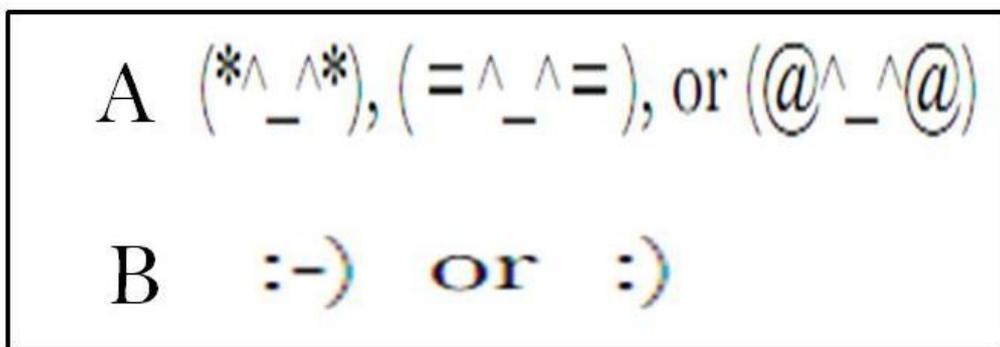


Figura 2. Ejemplos de emoticonos. En A se muestran ejemplos de emoticonos utilizados por la cultura oriental, se observa mayor expresión en los ojos e invariabilidad en la boca. En B se muestran ejemplos de emoticonos utilizados en la cultura occidental, en donde se observa mayor expresión de la boca.

En conclusión, la habilidad para reconocer emociones expresadas por la cara es importante para la adaptación social. Por lo tanto, la habilidad para juzgar la autenticidad de las expresiones faciales también lo es. Gosselin et al. (2003) describieron que la capacidad de los niños para juzgar la autenticidad de las expresiones emocionales les otorga habilidades para lidiar con el sarcasmo y la ironía, y muy importantemente, que les ayuda a alcanzar una mejor regulación emocional en sus relaciones sociales.

2.4 Neurodesarrollo de las emociones positivas

¿A partir de qué edad se pueden reconocer las emociones? Bushnell (1991) encontró que pocas horas después de nacer, los bebés muestran una preferencia por la cara de su madre. Pascalis y de Schonen (1994) realizaron un experimento en el cual habituaron a recién nacidos a observar una fotografía de una persona

desconocida por un intervalo de retención de 2 minutos, posteriormente colocaron dos fotografías en frente de su vista, la que ya habían presentado antes y otra desconocida, encontraron que los recién nacidos veían por más tiempo la cara novedosa en comparación con la que se habían habituado. Este hallazgo sugiere que los recién nacidos son capaces de aprender a discriminar rostros. Sin embargo, debido al proceso de maduración visual de los niños, se realizaron otro tipo de experimentos para conocer específicamente cómo es que eran capaces de distinguir entre rostros. Pascalis et al. (1995) encontraron que la preferencia de los recién nacidos para mirar la cara de su madre desapareció cuando el contorno exterior se ocultó y sólo se dejaron visibles las rasgos internos de la cara. Lo que concuerda con el periodo de maduración visual, a edades tempranas se perciben siluetas y a lo largo del desarrollo se va adquiriendo agudeza visual. Por lo que, se cree que el reconocimiento de rostros y de expresiones faciales ocurre como resultado de la experiencia (Nelson, 2001). Deruelle y de Schonen (1991) demostraron que bebés de 4 a 9 meses presentan una diferenciación hemisférica para el procesamiento de caras. Concluyeron que el hemisferio derecho está especializado en detectar cambios en la posición de los rasgos faciales (parpadeo, boca abierta) mientras que el hemisferio izquierdo detecta cambios en los rasgos (ojos más grandes, boca gruesa). A los tres meses de edad, los niños son capaces de discriminar caras de felicidad, sorpresa y enojo (Nelson 2001). A los seis meses de edad, pueden discriminar diferentes intensidades de felicidad y enojo (Striano et al., 2002).

Se ha descrito que existen diferencias hemisféricas específicamente en áreas temporales durante el procesamiento de expresiones faciales positivas y negativas en bebés. Nakato et al. (2011) analizaron la respuesta hemodinámica del cerebro, a través de NIRS, de bebés de 6 a 7 meses de edad y de adultos mientras veían caras felices y enojadas. El surco temporal superior izquierdo fue más responsivo cuando los bebés miraron caras felices, mientras que el lado derecho de esa misma región fue más activo en caras enojadas.

Leppänen et al. (2007a), evaluaron a niños de 7 meses de edad y a adultos mientras veían fotografías de caras neutras, felices y enojadas a través de potenciales relacionados a eventos. Encontraron diferencias en la actividad registrada en electrodos occipitales y temporales entre las caras de miedo y las neutras y felices (tomaron como un solo grupo a estas dos últimas) tanto en adultos como en niños. En los adultos encontraron que el componente N170 tuvo

una amplitud más larga para las caras de miedo únicamente en electrodos laterales en comparación con caras felices y neutras. En los bebés encontraron que la onda P400 tuvo una amplitud más larga para las caras de miedo, en electrodos semimediales. Estos resultados demuestran que las porciones laterales y semimediales de los lóbulos occipital y temporal están relacionadas con el procesamiento de emociones negativas pero no nos dan información acerca de las emociones positivas. Quizá porque las caras mostrando emociones negativas provocan un impacto mayor atenuando la actividad eléctrica cerebral para los estímulos positivos.

Bazhenova et al. (2007) realizaron un experimento para conocer qué respuestas conductuales y electrofisiológicas presentaban niños de cinco meses ante la percepción de una cara sonriente vs. una cara neutra. El procedimiento consistió en que una experimentadora se sentó enfrente del bebé y ejecutó dos ensayos distintos, siempre el ensayo uno precedía al ensayo dos. El primero consistía en generar una sonrisa mientras la experimentadora veía al bebé y el segundo en generar una cara neutra también mientras veía al bebé. Conductualmente analizaron tres variables: la mirada, el afecto y la conducta motora. A su vez, cada una de ellas tenía distintos niveles de medición. La mirada tenía dos: mirar a la experimentadora y no mirarla. El afecto tenía tres: afecto positivo (sonreír, reír, balbucear o susurrar), afecto negativo (quejarse, gemir, mostrarse inquieto o llorar) y afecto neutro (poco o ningún cambio en la expresión facial y no hay actividad vocal). La conducta motora tenía tres: actividad motora baja (el niño permanece sentado y en silencio, sin o con un ligero movimiento de dedos y manos), motora leve (el niño mueve los brazos y / o la cabeza) y motora gruesa (el niño arquea su espalda o realiza movimiento del tronco). Encontraron que el 91% del tiempo los niños miraron la cara sonriente mientras que el 43% miraron la cara neutra. En ambos ensayos los bebés expresaron afecto positivo sólo cuando veían a la experimentadora. Sin embargo, los datos que más le interesaba conocer a las autoras era cómo cambiaba la conducta del niño durante la transición de ver la cara sonriente a la cara neutra. Encontraron que el tiempo que dedican a ver a la experimentadora decreció en la transición de cara sonriente a cara neutra mientras que la mirada hacia otro lado incrementó. El afecto positivo decreció, el negativo incrementó y el neutro permaneció igual. Y por último, la conducta motora leve decreció, mientras que hubo un incremento en la actividad motora media y

gruesa. El EEG se registró únicamente cuando el bebé miraba a la experimentadora. Encontraron que la amplitud absoluta del pico espectral fue mayor durante la cara neutra vs. la cara sonriente. Las diferencias significativas se observan en las bandas de frecuencia delta, teta y alfa. Las diferencias se aprecian más en la banda theta. Por ello se analizó el espectro de amplitud en esa banda y se encontraron diferencias significativas en los electrodos AF3, AF4, F7, F8, FC3 y T6. Los hallazgos encontrados concuerdan con el antecedente de que las áreas temporales están involucradas en el procesamiento facial, específicamente, el giro fusiforme y el surco temporal superior. Las autoras concluyen que los bebés de cinco meses de edad son capaces de discriminar el cambio de una cara expresando una sonrisa a una cara neutra con activación de las regiones frontales bilateralmente y temporal derecha.

Son pocos los estudios que evalúan las respuestas a las emociones positivas en los niños sin tomar en cuenta otras variables, por ejemplo: qué lado de la cara expresa más emoción, qué influencia tiene la mirada mientras se expresa la emoción, qué influencia tiene la dirección de la cara mientras se expresa una emoción y qué influencia tiene la mirada y expresión emocional hacia el juicio que se le hace a un objeto nuevo. A continuación se detallan los resultados obtenidos en cada una de estas variables.

Se ha reportado que la expresión de las emociones es más fácilmente detectada en el lado izquierdo de la cara. Nagy (2012) mostró a bebés de 5 meses de edad, niños y adultos, caras expresando emociones positivas fabricadas con dos mitades izquierdas o dos mitades derechas. Encontró que únicamente los adultos juzgaron que las caras izquierdas eran más sonrientes en comparación con las derechas. Se concluye que la percepción de la asimetría en la emoción no ocurre en etapas tempranas de la vida sino que se va desarrollando a lo largo de la vida y con la adquisición de la experiencia social.

Grossmann et al., 2008 evaluaron la respuesta hemodinámica a través de NIRS y la actividad gama mediante EEG de bebés de 4 meses de edad en dos escenarios con dos diferentes comunicaciones dinámicas: la presencia de una cara que ejercía, a) una mirada mutua y b) una mirada evitada, ambas condiciones eran seguidas de un levantamiento de cejas con una sonrisa. Es decir, evaluaron la influencia que tiene la dirección de la cara (estaba rotada 20 grados hacia la izquierda y derecha) y la mirada (mutua o evitada) ante el procesamiento de un

estímulo emocional positivo. Los resultados con NIRS revelaron que en la corteza temporal posterior superior derecha y la corteza fronto-polar derecha hubo mayor actividad en la condición de mirada mutua vs. mirada evitada. En el EEG encontraron que la actividad gamma fue mayor en la mirada mutua en la corteza temporal posterior derecha e izquierda y en la corteza fronto-polar izquierda, en comparación con la mirada evitada. Mientras que ante los estímulos positivos también se observó un incremento de gamma en la mirada mutua en la corteza temporal posterior derecha e izquierda y en la corteza fronto-polar izquierda y derecha en comparación con la mirada evitada. Los resultados de NIRS sugieren un dominio del hemisferio derecho para el procesamiento de emociones, específicamente el surco temporal superior posterior implicado en los análisis visuales de expresión de emociones. Este hallazgo es consistente con estudios de fMRI que demuestran la ausencia de la actividad de esta región en el hemisferio izquierdo (Pelphrey et al., 2004).

Hoehl y Striano (2010) investigaron si el procesamiento neuronal de objetos nuevos se ve influido por la expresión de la cara (feliz o neutra) que mira hacia el objeto. Realizaron dos experimentos, uno en el que presentaron a niños de tres meses fotografías de caras mostrando una expresión de felicidad y otra neutra con la mirada dirigida hacia un objeto. En el segundo, presentaron los mismos estímulos pero las caras no veían a los objetos. Encontraron en el primer experimento que la amplitud del componente negativo central (Nc) aumentó en las caras felices comparada con las caras neutras. En el experimento dos reportaron una mayor amplitud para el componente Nc cuando el objeto se presentó después de una cara neutra que de una cara feliz. Los autores argumentan que la mirada junto con la expresión emocional positiva influye sobre la percepción que un niño genera de un objeto.

2.5 ¿Cómo se miden las emociones?

Las emociones se pueden evaluar a través de respuestas conductuales, fisiológicas (autónomas y somáticas) y cognitivas (Bradley y Lang, 2000).

2.5.1 Respuestas conductuales

Las respuestas conductuales se pueden evaluar a través de la experiencia subjetiva, que es el sentimiento interno y privado que generan las emociones en un individuo. La forma más común y sencilla de evaluarla es a través de preguntarle directamente al sujeto si un estímulo o evento le pareció agradable o no y cuál fue el impacto que generó en él. Para realizar estas mediciones se utiliza una escala de autoevaluación el *Self-Assessment Manikin (SAM, Bradley y Lang, 1995)*. Es un instrumento que consiste en figuras gráficas en una escala graduada de nueve niveles. Para la dimensión de valencia se utilizan distintas expresiones faciales que representan una escala que va de muy agradable a muy desagradable y para la dimensión de activación se emplean representaciones gráficas que indican el nivel de impacto, que va de muy excitado a muy calmado (Figura 3). Anders et al. (2004) registraron la actividad cerebral a través de fMRI de personas que evaluaban una serie de estímulos positivos, negativos y neutros mediante esta escala de activación y valencia. Encontraron que los estímulos positivos se juzgaron como agradables, mientras que los negativos como desagradables y los neutros obtuvieron puntuaciones medias. Pero, en la escala de activación, ambos, negativos y positivos obtuvieron puntuaciones altas, mientras que los neutros puntuaciones bajas. En cuanto a la actividad cerebral, encontraron que cuando las personas juzgan a los estímulos como negativos existe una activación de la amígdala y de la ínsula (esto no sucedió con los estímulos neutros o positivos), mientras que la activación talámica y frontomedial se relacionó con el incremento en la escala de activación, es decir, a mayor calificación de activación otorgada a las imágenes, mayor activación en estas áreas.

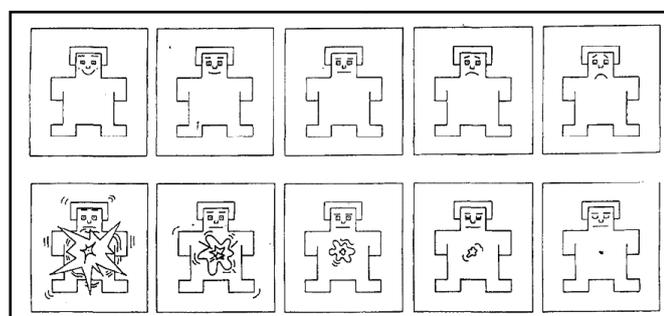


Figura 3. Self-Assessment Manikin. Es un instrumento utilizado para medir la valencia y la activación que genera un estímulo emocional. El primer renglón ilustra la valencia en una escala gráfica que va de muy agradable a muy desagradable. En el segundo renglón se representa la escala gráfica para la activación que va de muy excitado a muy calmado (Tomada de Bradley y Lang, 1995).

2.5.2 Respuestas autonómicas

Las respuestas autonómicas se pueden medir a través de la frecuencia cardíaca y la actividad electrodérmica.

La frecuencia cardíaca se registra a través de un electrocardiograma (EKG). El EKG mide las corrientes eléctricas en el corazón, esas corrientes se grafican en tres componentes principales, la onda P, el complejo QRS y la onda T. A la onda más prominente del complejo QRS se le conoce como onda R. A los intervalos sucesivos de este tipo de ondas se le conoce como variación R-R, estos intervalos son ligeramente irregulares. Al observar un estímulo emocional, la frecuencia cardíaca presenta un patrón de respuesta trifásica, con una desaceleración inicial (generalmente se utiliza como un índice de orientación), seguida por una aceleración y una segunda desaceleración. Un estímulo desagradable produce mayor desaceleración en comparación con un estímulo placentero que presenta su pico mayor en aceleración (Bradley y Lang, 2000). La respuesta trifásica de la frecuencia cardíaca es el resultado de la inervación de las dos divisiones del sistema nervioso autónomo al corazón. El corazón tiene una inervación dual, simpática y parasimpática. La activación parasimpática produce una disminución en la frecuencia cardíaca (desaceleración), mientras que la activación simpática provoca un aumento en la frecuencia cardíaca (aceleración; Bradley y Lang, 2000).

La actividad electrodérmica se obtiene colocando un par de electrodos sobre la superficie de la palma de la mano, puesto que ahí residen grandes núcleos de glándulas écrinas de sudor. Se ha descrito que estas glándulas responden directamente a un estímulo emocional. Por ejemplo, la conductancia de la piel (sudor) es mayor conforme aumentan los niveles de activación y valencia emocional (Bradley y Lang, 2000). Las glándulas écrinas son inervadas colinérgicamente por la división simpática del sistema nervioso autónomo. El circuito cerebral que participa en el control de la actividad electrodérmica incluye a la región inferior del lóbulo parietal, a la corteza prefrontal dorsolateral y ventromedial y al giro del cíngulo anterior, principalmente del hemisferio derecho (Bradley y Lang, 2000).

2.5.3 Respuestas cognitivas

Algunas de las formas de analizar las respuestas cognitivas provocadas por estímulos emocionales es a través del EEG, potenciales relacionados a eventos, tomografía por emisión de positrones (PET), IRMf y NIRS.

2.5.3.1 EEG

El EEG es la suma temporal y espacial de la actividad eléctrica cerebral de las corrientes iónicas procedentes de neuronas piramidales orientadas verticalmente en la corteza cerebral, incluso con alguna contribución de células gliales (Speckmann y Elger, 2005). El origen de estas corrientes iónicas procede de cambios en la conductancia en la membrana celular. Las corrientes iónicas se pueden representar como ondas sinusoidales. La morfología de estas ondas está dada por su amplitud y frecuencia. La amplitud es la distancia máxima entre el punto más alejado de la onda y el punto medio, se mide en microvoltios (μV). La frecuencia es el número de ciclos que un evento se repite por unidad de tiempo, en el caso del EEG se mide en Hertz (Hz). El periodo, es el tiempo que dura un ciclo y se mide en segundos (s). La actividad eléctrica cerebral se registra mediante electrodos colocados sobre el cuero cabelludo o intracorticalmente, estos son de diferentes metales, en especial de oro o plata, para generar una buena conducción eléctrica. En el cuero cabelludo se han podido registrar señales de $5\mu\text{V}$ a $200\mu\text{V}$, para que las señales se puedan registrar deben involucrar al menos 6cm^2 , por ello, los electrodos, que miden generalmente varios milímetros, registran la actividad de miles de neuronas. Este amplio rango de señales registradas se han dividido en cinco bandas de frecuencia: la banda delta que está por debajo de los 4 Hz, la banda theta va de los 4 a 7 Hz, la banda alfa va de 8 a 13 Hz, la banda beta está por arriba de los 13 Hz y la banda gamma está por arriba de los 30 Hz (Speckmann y Elger, 2005).

La actividad alfa es característica de la vigilia y el reposo. Su amplitud varía pero es inferior a los $50\mu\text{V}$ en adultos. Se presenta en condiciones de relajación física y relativa inactividad mental. Se bloquea o atenúa por actividad visual o mental. Se ha descrito que existe cierta asimetría cerebral para el ritmo alfa con mayor amplitud en el hemisferio derecho. Su distribución topográfica es en ambas regiones occipitales, zonas parietales y zonas temporales posteriores. La actividad

beta presenta un voltaje menor a los 20 μV , su distribución topográfica es frontocentral y muestra reactividad ante estímulos táctiles. En general se considera que el ritmo basal en adultos muestra predominio alfa en regiones posteriores, mientras que en regiones anteriores se observa predominio de la actividad beta (Speckmann y Elger, 2005).

Existen también potenciales de origen biológico que no son de origen cerebral. Estos son los movimientos oculares que ocurren de forma espontánea y la actividad miógena. La localización de los electrodos en el cuero cabelludo se hace mediante el sistema internacional 10/20. Este sistema identifica los sitios de localización mediante un número y una letra. A la línea media que pasa por el *nasion* y el *inion* se le llama Z, y las otras regiones están etiquetadas según la letra inicial de las regiones cercanas al cerebro, de tal forma que se utiliza la letra F (frontal), C (central), T (temporal), P (parietal), O (occipital) y A (auricular). Actualmente el EEG digital facilita la edición y el almacenamiento de los registros. Debido a que permite cambiar el montaje, los filtros y la ganancia de forma retrospectiva durante el análisis del estudio.

En el registro del EEG se toman en cuenta varios aspectos: el número de canales, la derivación de éstos, el montaje, la referencia y la impedancia. Para que los canales puedan generar señales necesitan un electrodo activo (el electrodo colocado según el sistema 10/20), un electrodo de referencia y un electrodo de tierra. Una derivación es el registro de un par de electrodos conectados a un canal del EEG y al propio registro obtenido por este proceso. Un conjunto de derivaciones se llama montaje. Hay dos tipos de montajes, monopolar y bipolar. A su vez el montaje monopolar puede ser de varias formas: referenciado al promedio, o a A1A2 o el *Laplaciano*. El bipolar puede ser un montaje bipolar longitudinal o bipolar transversal. La impedancia determina la resistencia efectiva total al paso de corriente eléctrica entre dos electrodos, de tal forma que si tenemos mucha impedancia tendremos mucha corriente y poca señal.

2.5.3.1.1 Análisis cuantitativo del EEG

El análisis del EEG implica características en el tiempo y en el espacio. El tiempo se refiere a la frecuencia en que son medidas las señales eléctricas, generalmente en un rango de 0.5 a 20 Hz. Además de la descripción del patrón

temporal se requiere la determinación de su topografía, es decir, de su distribución espacial. En el análisis electroencefalográfico inicialmente basta con describir el área donde cada patrón tiene la máxima amplitud y determinar los electrodos involucrados. Sin embargo, con la metodología digital es posible elaborar un mapa de voltaje a partir de medidas simultáneas obtenidas por cada electrodo con el objetivo de mejorar la visualización de la distribución espacial de un fenómeno en un instante determinado.

Sin embargo, con el paso de los años ha sido sustancial desarrollar un método para cuantificar la señal del EEG. El método más comúnmente usado es el análisis cuantitativo del EEG que se basa en la transformada rápida de Fourier (Speckmann y Elger, 2005). La transformación de Fourier es el proceso de calcular las ondas seno que componen una señal periódica. Toda señal periódica puede ser descompuesta en un conjunto de ondas seno que sumadas entre sí generen la señal original. Por lo que, la transformación inversa de Fourier es el proceso que consiste en sumar ondas seno para generar la señal periódica original. Como cada onda seno se define por una frecuencia, una amplitud y una fase, la transformación de Fourier de una señal se suele representar como dos gráficas con un eje de abscisas común correspondiente a la frecuencia. En una gráfica se representa la amplitud de la onda seno que corresponde a cada frecuencia y en otra la fase que corresponde a cada frecuencia. El EEG contiene un número finito de frecuencias, es decir, pueden descomponerse en un número finito de ondas seno. El algoritmo para realizar la transformación de Fourier en señales discretas se denomina transformación discreta de Fourier (Speckmann y Elger, 2005). Es un algoritmo lento porque requiere un número de operaciones grande que aumenta con respecto al cuadrado del número de muestras que se analizan. Sin embargo, si se utiliza un número de muestras que sea una potencia de 2 (es decir, 4, 8, 16, 32, etc.), entonces el número de operaciones matemáticas puede reducirse considerablemente de acuerdo con el algoritmo denominado transformada rápida de Fourier (Speckmann y Elger, 2005). Las transformaciones discreta y rápida de Fourier generan exactamente los mismos resultados. La única ventaja de la transformación rápida sobre la discreta es su mayor rapidez computacional. El conjunto de ondas seno que componen una señal se denomina espectro de frecuencias. Los datos comúnmente extraídos del espectro de frecuencia son la potencia absoluta, relativa y la frecuencia media. La potencia absoluta es el área

bajo la curva entre las dos frecuencias que definen el ancho de la banda, usualmente son las correspondientes a alfa, beta, gama y theta. La potencia relativa es un valor de una banda específica dividido entre el valor absoluto del espectro completo. La frecuencia media es el promedio de la frecuencia en una banda específica.

El cuadrado de la amplitud es proporcional a la potencia de una señal, el gráfico del cuadrado de las amplitudes con respecto a la frecuencia se denomina espectro de potencia de la señal.

2.5.3.2 Potenciales evocados

Los potenciales evocados son una manifestación eléctrica de la recepción cerebral como respuesta a un estímulo externo (auditivo, visual o somatosensorial; Chiappa 1997). Por ejemplo, un potencial evocado visual es aquel que se genera ante una estimulación fótica. Se obtienen al promediar las ondas que se registran en el EEG como resultado de la presentación repetitiva del estímulo. El promedio permite que el ruido y otras señales externas se cancelen dejando sólo la respuesta evocada relacionada con el estímulo, son clasificados en componentes de acuerdo a su amplitud (positiva o negativa), latencia (se mide tomando el tiempo en milisegundos desde la presentación del estímulo hasta el punto de máxima o mínima amplitud) y su localización en la corteza cerebral. Son diferentes para cada modalidad sensorial y su variabilidad también depende de la intensidad del estímulo (Chiappa 1997).

Se pueden dividir en potenciales de latencia larga (75 ms. después del estímulo), media (30 a 74 ms.) y corta (menor a 30 ms.). Generalmente los potenciales de latencia larga presentan amplitud mayor (5 a 50 μ V) y son relativamente fáciles de obtener; aunque la forma de las ondas no es consistente en personas normales (sin problemas neurológicos o psiquiátricos) y son fácilmente alterables por variables psicológicas como los estados de inatención o somnolencia (Chiappa 1997). A partir de los años 70's los potenciales evocados empezaron a tener utilidad clínica, por ejemplo, los potenciales evocados visuales se utilizaron para el diagnóstico de la neuritis óptica y algunas enfermedades de las vía visual en su porción posterior (Chiappa, 1997).

Existen otro tipo de potenciales que ocurren a latencias más tardías y que implican la generación de una demanda o procesamiento cognitivo más elaborado debido a que se generan ante un evento (imagen, fotografía, etc.). A este tipo de potenciales se les llama potenciales relacionados a eventos.

2.5.3.2.1 Potenciales Relacionados a Eventos

Los PREs se obtienen promediando varias épocas registradas en un EEG mientras se presenta un mismo estímulo o categorías de estímulos. Los PREs también se nombran de acuerdo a sus características de polaridad y latencia.

Los PREs descritos ante estímulos emocionales incluyen componentes de latencias tempranas (P1 y N1), medias (N2 y P2) y tardías (P300) que varían de acuerdo a los efectos de la valencia y la activación generadas por el estímulo.

Se ha descrito que la valencia de los estímulos emocionales influye en los componentes tempranos (100 a 200 ms.) y se asocia con la atención selectiva; mientras que los niveles de activación intervienen en los componentes tardíos (200 a 1000 ms.). Específicamente, los componentes que varían de acuerdo a los efectos de la valencia del estímulo son el P1y el N2. El primero, se genera con mayor amplitud ante imágenes con contenido desagradable en comparación con los estímulos agradables o neutrales, lo que sugiere que los estímulos negativos capturan más rápidamente la atención selectiva. Por el contrario, el componente N2 muestra una menor amplitud ante los estímulos desagradables que ante los agradables (Codispoti et al., 2007; Olofsson et al., 2008). La activación induce cambios tanto en el componente N1 como en el componente negativo posterior temprano (NPT) entre los 200 y 300 ms. Ambos se generan con mayor amplitud ante estímulos con un alto nivel de activación en comparación a los neutrales. El NPT se interpreta como un índice de atención selectiva y de evaluación de las características de las imágenes. Se cree que este componente refleja la selección de los estímulos efectivamente (Codispoti et al., 2007; Olofsson et al., 2008).

Uno de los componentes más estudiado ha sido el P300. Es una onda lenta y sostenida que comienza alrededor de los 300 ms y se mantiene hasta los 900 ms. Este componente se genera con mayor amplitud en regiones centroparietales ante la presentación de estímulos con contenido emocional agradable y desagradable en comparación con estímulos neutros (Schupp et al., 2000). Siendo más notable en

emociones negativas que en neutras o positivas. Mientras que el componente negativo central (NC) muestra mayor amplitud en caras que expresan miedo en comparación con caras que expresan felicidad.

Se ha sugerido que el componente N170 interviene en la identificación estructural de rostros (Leppänen et al., 2007b), participando en la discriminación de la semejanza de estímulos emocionales (Haxby et al., 2002). Campanella et al. (2002) encontraron que la amplitud del componente N170 es mayor cuando se categorizan estímulos con distintas expresiones emocionales, que cuando son estímulos con la misma expresión emocional. Leppänen et al. (2007b) evaluaron la respuesta eléctrica cerebral ante estímulos que expresaban alegría y miedo en diferentes intensidades. Encontraron la presencia de un componente negativo en el área occipito-temporal entre los 190 y 290 ms, únicamente en las expresiones de miedo de alta intensidad.

Balconi y Pozzoli (2003) encontraron que los estímulos de caras expresando emoción evocan un pico negativo alrededor de los 230 ms (N230), con una distribución prominentemente posterior. La amplitud del N230 es mayor para expresiones negativas (miedo y enojo) que para las expresiones positivas (alegría) o de baja activación (tristeza).

Son pocas las investigaciones que se han realizado para evaluar la respuesta cerebral ante la percepción de las emociones emitidas por alguna persona familiar, por ejemplo, de la propia madre. De hecho, las investigaciones realizadas para conocer la respuesta cerebral ante una cara familiar vs. una cara desconocida se realizan generando una familiaridad artificial, exponiendo al sujeto a una cara también desconocida durante un determinado periodo de tiempo para así al compararla con otra, esta última sea más familiar (por ejemplo la investigación de Pascalis y de Schonen, 1994). de Haan y Nelson (1997) analizaron la familiaridad de la cara utilizando como estímulo la cara materna, sin expresión emocional. Ellos compararon la respuesta conductual y la actividad eléctrica cerebral a través de PRE's ante la cara materna y una cara desconocida en bebés de seis meses de edad. Encontraron que la amplitud de los componentes negativos de mediana latencia (aquellos que ocurren entre 400 y 800 ms después de la presentación del estímulo) en los electrodos de la línea media (PZ, CZ, FZ) y el electrodo temporal anterior derecho (T4) fue mayor para la cara de la madre en comparación con la cara desconocida. Lo que se interpreta como que los bebés prestaron más atención

a la cara materna. No hubo resultados significativos en la latencia. El hecho de que en el hemisferio derecho se haya encontrado mayor amplitud concuerda con estudios de PET que señalan que este hemisferio se encarga de discriminar caras familiares de no familiares. El análisis conductual se realizó a través de cuantificar el tiempo que los bebés miraban ambas caras. No hubo diferencias significativas en este análisis, dado que electrofisiológicamente sí se encontraron diferencias, los autores proponen que los bebés aunque sí discriminan la cara materna de la desconocida puede ser que se sientan atraídos por la novedad de esta última.

Más recientemente, Minagawa-Kawai et al. (2009), realizaron una investigación para conocer la respuesta hemodinámica del cerebro, a través de NIRS, de bebés de 11 meses de edad ante la presencia de la cara materna vs. una cara desconocida, ambas en condición neutra y mostrando una sonrisa. Colocaron un sistema multicanal para medir el área frontal de los bebés. El canal 1 recogía información análoga a los electrodos T3-FP1-FP2-T4 del sistema 10/20. Encontraron una diferencia significativa en la oxihemoglobina entre la cara neutra y la cara sonriente en el canal 1, siendo mayor mientras veían la cara materna en comparación con la cara desconocida. Los autores argumentan que la zona registrada por el canal 1 correspondería a la corteza orbitofrontal, crucial para la percepción del afecto positivo según estudios de neuroimagen. Este resultado nos indica que los bebés de 11 meses de edad son capaces de distinguir a su madre de un extraño y que la respuesta cerebral mientras ella sonríe es mayor en zonas frontales, específicamente en zonas frontomediales, en comparación con la sonrisa de una persona desconocida.

2.6 EMOCIÓN Y TRASTORNOS EN EL NEURODESARROLLO

2.6.1 Prematurez

Según cifras de la OMS del 2010, cada año en el mundo nacen aproximadamente 13 millones de niños prematuros. Aproximadamente 11 millones de esos niños prematuros nacen en África y Asia. Mientras que en Europa y América del Norte (excluido México) se registraron 0.5 millones en cada caso, y en América Latina y el Caribe, 0.9 millones. Las tasas más elevadas de prematurez se dieron en

África y América del Norte (11.9% y 10.6%, respectivamente) y las más bajas en Europa (6,2%).

Un recién nacido que pese menos de 2000 g (nacido aproximadamente a las 32 semanas de gestación) tiene pocas probabilidades de supervivencia si ha nacido en un país en desarrollo. Mientras que si nació en un país desarrollado tiene una probabilidad de supervivencia similar a la de los nacidos a término (según estimaciones de la OMS). Sin embargo algunos de ellos pueden presentar secuelas en el sistema nervioso central. Algunas de estas secuelas son: la hemorragia de matriz germinal intraventricular, la hidrocefalia posthemorragia, lesión neuronal y daño de la sustancia blanca (Hernández-Cabrera et al., 2007). La enfermedad más común de esta última secuela es la LPV (Volpe, 2011). De hecho la mayoría de los niños prematuros desarrolla esta enfermedad (Volpe, 2001). Recientemente, se ha postulado el término encefalopatía del prematuro para referirse a la combinación de alteraciones en la sustancia blanca, incluyendo a la LPV en sus diferentes manifestaciones (focal y difusa), la hemorragia de la matriz germinal y los daños axonales y neuronales. Las consecuencias de estas combinaciones resultan en anomalías de la corteza cerebral, el tálamo y los ganglios basales (Volpe, 2011).

2.6.2 Leucomalacia Periventricular

La LPV es el reblandecimiento de la sustancia blanca alrededor de los ventrículos (*leuco* significa blanco, *malacia* significa reblandecimiento y periventricular nos indica la localización de la lesión). La LPV se puede manifestar con dos componentes, focal y difuso. El componente focal se localiza en la sustancia blanca profunda, se caracteriza por necrosis de todos los elementos celulares y puede presentar una subsecuente formación quística (Volpe, 2011). El componente difuso es el daño menos severo y el más común, es el resultado de una lesión difusa a los precursores de la oligodendroglía (Figura 4). La función de estos, una vez que llegan a desarrollarse y formar oligodendrocitos maduros, es formar la mielina de la sustancia blanca en el cerebro. Gran parte de esta mielinización ocurre postérmino en el cerebro humano. Es por esta razón que la principal secuela de la LPV es la disminución del volumen de la sustancia blanca y ventriculomegalia (aumento de los ventrículos laterales) que es secundaria a la deficiencia de mielina.

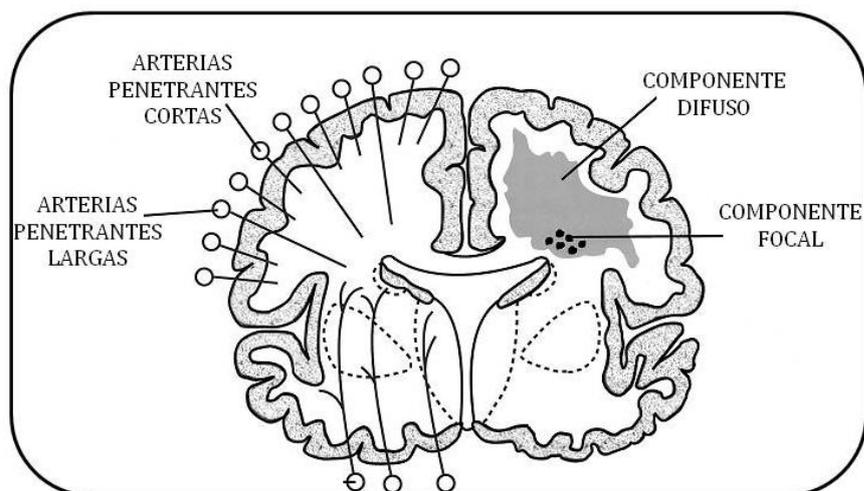


Figura 4. Componentes de la Leucomalacia Periventricular. Dibujo de un corte coronal de cerebro humano. En el lado derecho se ilustran los dos componentes de la leucomalacia periventricular. En círculos negros se representan los componentes necróticos del componente focal ubicado en la parte profunda de la sustancia blanca. Lo coloreado en gris representa el componente difuso, daño a los preoligodendrocitos no localizado. En el lado izquierdo se muestra el suministro vascular cerebral (Modificada de Volpe, 2001).

El diagnóstico del componente focal de la LPV se hace fácilmente en el período neonatal por ultrasonido craneal observándose quistes en el tejido cerebral (Volpe, 2001). Sin embargo, este método es menos efectivo para diagnosticar la forma difusa de la enfermedad, en este sentido se utiliza la IRM en donde se aprecia hiperintensidad difusa y excesiva de la sustancia blanca que indica alteraciones en la mielinización y los ventrículos laterales aumentados (Volpe, 2001).

Las manifestaciones clínicas de la LPV son la diplejía espástica que es la hipotonía de cabeza y tronco e hipertonia de los miembros inferiores (relacionada principalmente con el componente focal) y los daños cognitivos y anomalías de comportamiento, relacionados con el componente difuso (Volpe, 2001).

La patogénesis de esta enfermedad se compone de tres factores principales que están altamente vinculados. El primero consiste en un estado incompleto de desarrollo del suministro vascular hacia la sustancia blanca. El segundo se refiere a un deterioro de la maduración dependiente de la regulación del flujo sanguíneo cerebral siendo la base para una lesión isquémica de la sustancia blanca. El último factor se refiere a la vulnerabilidad en la maduración dependiente del precursor de la oligodendroglia, que representa el blanco mayor celular de esta enfermedad.

El suministro vascular de la sustancia blanca proviene principalmente de las arterias penetrantes cortas y largas (Figura 4). El componente focal de la LPV está distribuido en las zonas terminales de las arterias penetrantes largas, dado que es

más profunda. Los campos distales de ellas no están totalmente desarrollados en el recién nacido prematuro provocando un descenso en el flujo cerebro espinal generando susceptibilidad de isquemia severa en esas áreas, provocando necrosis focal afectando a todos los elementos celulares (Volpe, 2001). El componente difuso está distribuido en las zonas marginales entre las arterias penetrantes largas y las zonas terminales de las arterias penetrantes cortas. También las arterias penetrantes cortas no se desarrollan completamente si no hasta que la corteza cerebral se desarrolla plenamente en el período postérmino, lo que desencadena un descenso en el flujo cerebral, isquemia moderada y pérdida de células específicas posiblemente de los precursores de la oligodendroglia (Volpe, 2001). La maduración de los oligodendrocitos incluye cuatro etapas: el progenitor de oligodendrocito, el pre-oligodendrocito (su fase activa del desarrollo está entre las 24 y 40 semanas de gestación), el oligodendrocito inmaduro y el oligodendrocito productor de mielina madura (Volpe, 2009). A las 28 semanas de gestación el 90% de estas células son progenitores de oligodendroglia. De la semana 28 a la 40 se diferencian a oligodendrocitos inmaduros en un proporción de 30% en el cerebro prematuro y 50% en el cerebro a término (Volpe, 2009). La pérdida de los precursores de oligodendrocitos provocará un proceso de mielinización dañado, provocando o no daño del tracto piramidal lo que se traduce en algunos casos en parálisis cerebral y déficit cognitivo (Blumenthal, 2004).

2.6.3 PREMATUREZ Y DAÑO COGNITIVO, SOCIAL Y EMOCIONAL

Está altamente documentado que las habilidades sociales (entablar conversaciones, identificar los estados emocionales de los otros, etc.) están alteradas en diferentes trastornos del desarrollo, tal es el caso del autismo o del síndrome de Asperger. En una menor proporción, también se ha reportado que los niños nacidos pretérmino y con bajo peso al nacer pueden presentar deterioros en el área cognitiva (déficit sensorial, alteraciones del lenguaje, dificultades de aprendizaje), emocional (deficiencia en la regulación de las emociones y los impulsos) y social (problemas de comportamiento y de ajuste en las relaciones sociales con su grupo de pares y adultos; Johnson et al., 2009; Perricone y Morales 2011; Clark et al., 2008).

Las posibles alteraciones sobre las funciones cognitivas de niños que tienen bajo peso al nacer han sido más estudiadas en etapas escolares y no inmediatamente después del nacimiento, quizá porque es más factible hacer una valoración conductual, social y neuropsicológica y porque se ha reportado (Johnson et al., 2009; Perricone y Morales 2011) que estas características se muestran frecuentemente en edad preescolar y escolar.

Woodward et al. (2006) evaluaron a 164 niños prematuros en la Escala de Bayley midiendo sus puntajes en: habilidades sensoriales y perceptuales, memoria, aprendizaje, lenguaje temprano y habilidades de comunicación. Encontraron que el 30% de ellos presentaba un retraso cognitivo menor y el 17 % un retraso cognitivo severo. Sin embargo no detallan los datos obtenidos en cada una de las mediciones.

Johnson et al. (2009) midieron las capacidades cognitivas de niños nacidos extremadamente prematuros (menor o igual a 28 semanas de gestación) a través de la batería *Kaufman: Evaluación para la Infancia (K-ABC)* a los 6 años de edad y en niños nacidos a término. Encontraron que los niños prematuros obtuvieron puntajes significativamente menores en comparación con niños controles. El daño cognitivo severo se encontró en el 40% de los niños extremadamente prematuros y en el 1.3% de los niños controles. El daño severo fue mayor en niños (50%) que en niñas (31%). Esto se conservó de los 6 a los 11 años.

El ámbito menos explorado en los niños prematuros es el social y emocional. Msall (2010) sugiere que los niños nacidos extremadamente prematuros (menor o igual a 28 semanas de gestación) y muy prematuros (de 28 a 31 semanas de gestación) son vulnerables a desarrollar autismo comparados con los niños nacidos a término. Perricone y Morales (2011) evaluaron a una muestra de 105 niños de los cuales 50 fueron pretérmino (nacidos a las 29 semanas y con 1800 kg de peso en promedio), de 2 a 5 años de edad. Les pidieron a sus maestras que contestaran el Cuestionario de Temperamento Italiano que mide seis escalas: control de la actividad motora, atención, inhibición de la novedad, orientación social (el interés hacia estímulos sociales) y emocionalidad positiva y negativa (la tendencia a expresar emociones de diferente valencia). Únicamente encontraron diferencias significativas en la escala de emocionalidad positiva: los niños nacidos pretérmino tuvieron mayores puntajes en comparación con los niños a término. Posteriormente compararon estos mismos datos con una muestra normativa de emocionalidad y encontraron que los niños nacidos pretérmino se asemejan mucho a la media de la

muestra (presentan alta reactividad positiva y baja reactividad negativa) mientras que los niños a término muestran bajos puntajes en ambas mediciones (presentan menos reactividad emocional y un temperamento más calmado). También encontraron que los niños nacidos pretérmino muestran tendencia a tener puntajes más bajos en todas las demás escalas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las emociones están presentes en todas las especies y culturas, su función es generar respuestas específicas para adaptarse adecuadamente a las demandas del medio ambiente. Las emociones se pueden medir a través de la observación, es decir conductualmente, pero también se puede medir la actividad cerebral que genera un estado emocional, por ejemplo a través del EEG. Se ha descrito que las personas nacidas prematuras pueden presentar dificultades emocionales y sociales, por ejemplo, obtienen mayores puntajes en tareas de inhibición de la respuesta, presentan dificultades para regularse emocionalmente e incluso presentan síntomas de depresión y ansiedad. Así mismo, se sabe que presentan alta vulnerabilidad de padecer autismo, enfermedad caracterizada principalmente por una incapacidad de interactuar socialmente. Sin embargo, la mayoría de estos diagnósticos se hacen hasta edades escolares dificultando el conocimiento del surgimiento de estas alteraciones. En términos cerebrales se sabe poco acerca de cómo responden los bebés prematuros a estímulos emocionales. Por ello, el objetivo de esta investigación es conocer cómo es la respuesta conductual y la actividad eléctrica cerebral de bebés nacidos prematuros ante la percepción de estímulos emocionales: la sonrisa materna.

4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1.- ¿Qué respuestas conductuales se generan ante la percepción de la sonrisa materna en niños a término y prematuros?
- 2.- ¿Cómo se modifica la actividad eléctrica cerebral ante la percepción de la sonrisa materna en niños a término y prematuros?
- 3.- ¿La percepción de la sonrisa materna produce respuestas conductuales y electrofisiológicas diferentes en comparación con la percepción de la sonrisa no materna en niños a término y prematuros?

5. HIPÓTESIS

- 1.- La percepción de la sonrisa materna provocará incremento del afecto positivo (medido a través de la permanencia de la mirada, la conducta motora y las

conductas positivas y negativas), en comparación con caras neutras y la respuesta será de menor intensidad en niños prematuros en comparación con niños a término.

2.- La percepción de la sonrisa materna generará incremento de la potencia absoluta theta del EEG en regiones temporales posteriores y en regiones frontales en comparación con caras neutras y las respuestas serán diferentes en niños prematuros en comparación con niños a término.

3.- La percepción de la sonrisa materna incrementará el afecto positivo y la potencia absoluta theta en regiones temporales y frontales en comparación con la percepción de la sonrisa no materna y las respuestas serán diferentes en niños prematuros que en niños a término.

6. OBJETIVO

Determinar las respuestas conductuales y electrofisiológicas que se presentan ante la percepción de la sonrisa materna y no materna en niños sanos y niños prematuros.

7. MÉTODO

7.1 Diseño del estudio

Se realizó un estudio transversal, comparativo, de dos grupos (Figura 5). La muestra se obtuvo de la Unidad de Investigación de Neurodesarrollo “Dr. Augusto Fernández Guardiola” del Instituto de Neurobiología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla. El primer grupo lo integraron 10 niños prematuros con factores de riesgo para daño cerebral perinatal de siete y ocho meses de edad corregida y el segundo grupo 10 niños nacidos a término de la misma edad y sin factores de riesgo para daño cerebral perinatal. Todos los niños se valoraron mediante una exploración neuropediátrica, potenciales evocados visuales (para asegurarnos que son capaces de percibir adecuadamente los estímulos) y la escala Mental de la Prueba de Bayley de desarrollo infantil.

A los dos grupos se les realizó una tarea con registro sincrónico de EEG. La tarea consistió en presentar en la pantalla de un monitor cuatro tipos de estímulos emocionales distintos: cara neutra materna, cara neutra desconocida, sonrisa

materna y sonrisa desconocida. Durante la ejecución de la tarea los niños fueron videograbados. Se realizó un análisis conductual de tres tipos de variables: mirada, afecto y conducta motora (Bazhenova et al. 2007). Los datos electrofisiológicos se analizaron a través de análisis cuantitativo del EEG, se comparó la potencia absoluta en cada una de las condiciones.

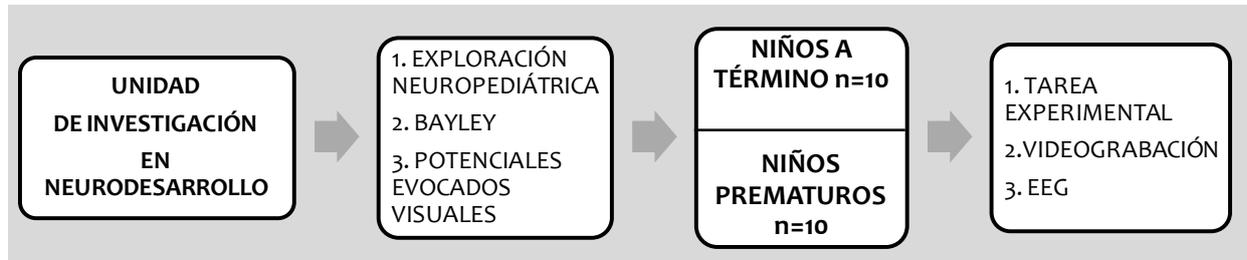


Figura 5. Diseño del estudio. La muestra se conformó de niños nacidos a término y niños prematuros que ingresaron a la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo. Se les realizó una videograbación mientras se registró el EEG sincrónicamente a la proyección de una tarea experimental.

7.2 Criterios de inclusión, exclusión y eliminación

Grupo de niños prematuros

Criterios de inclusión

1. Niños de 7 y 8 meses de edad corregida.
2. Haber nacido antes de las 36 semanas de gestación.
3. Revisión neuropediátrica con hallazgos de factores de riesgo para daño cerebral perinatal.
4. Potenciales evocados visuales normales.
5. Puntuaciones normales o con alteración en la escala mental de la Prueba Bayley.
6. EEG normal

Criterios de exclusión

1. Tener otro tipo de daño cerebral perinatal asociado.

Criterios de eliminación

1. Que el tiempo de registro del EEG fuera interrumpido por alguna incomodidad del niño (llanto, hambre, sueño, etc.).
2. Que el número de ventanas válidas para el análisis del EEG fuera insuficiente. Es decir, menos de 20 ventanas con una duración de 2560 ms cada una por cada tipo de estímulo.

Grupo de niños sanos

Criterios de inclusión

1. Niños de 7 y 8 meses de edad.
2. Con revisión neuropediátrica e IRM normal.
3. Potenciales evocados visuales normales.
4. Puntuaciones normales en la escala mental de la Prueba Bayley.

Criterios de exclusión

1. Ninguno.

Criterios de eliminación

1. Que el tiempo de registro del EEG fuera interrumpido por alguna incomodidad del niño (llanto, hambre, sueño, etc.).
2. Que el número de ventanas válidas para el análisis del EEG fuera insuficiente. Es decir, menos de 20 ventanas con una duración de 2560 ms cada una por cada tipo de estímulo.

7.3 Procedimiento

A los padres de los niños que ingresaron a la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo “Dr. Augusto Fernández Guardiola” se les invitó a participar en la investigación y se les otorgó una carta de consentimiento informado en donde se detalló el objetivo del estudio (Apéndice 1). Posteriormente, se les elaboró una historia clínica, una exploración neurológica y una evaluación cognitiva para conocer si eran candidatos a participar. En la exploración neurológica se revisó el sistema motor, el funcionamiento cerebelo-vestibular y la función cognitiva del niño. La Escala Bayley de desarrollo infantil se utilizó para evaluar la función cognitiva en tres escalas diferentes: mental, motriz y conductual. La sesión experimental consistió en registrar la actividad eléctrica cerebral del bebé mientras observaba los estímulos en un cuarto de experimentación aislado de ruido. La tarea se presentó con el *software MindTracer* versión 2.0 en un monitor de 11 X 8 pulgadas a una distancia de 90 cm. La distancia angular de los estímulos fue de 9.52°. La tarea se compone de tres condiciones diferentes. 1) la presentación de una cara neutra desconocida seguida de una sonrisa desconocida. 2) la presentación de una cara neutra materna seguida

de una cara neutra materna. 3) la presentación de una cara neutra materna seguida de una sonrisa materna. Cada condición se compone de: un estímulo aviso con un tiempo de presentación de 1500 ms, una cara neutra (materna o no materna) 2700 ms, una cara con sonrisa (materna y no materna) 2700 ms y finaliza con un intervalo interensayo de 2000 ms. Las tres condiciones se presentaron de forma contrabalanceada durante toda la tarea. Fueron 30 ensayos por cada condición, en total 90 ensayos (Figura 6). El tiempo de duración total de la tarea fue de 13.42 min.

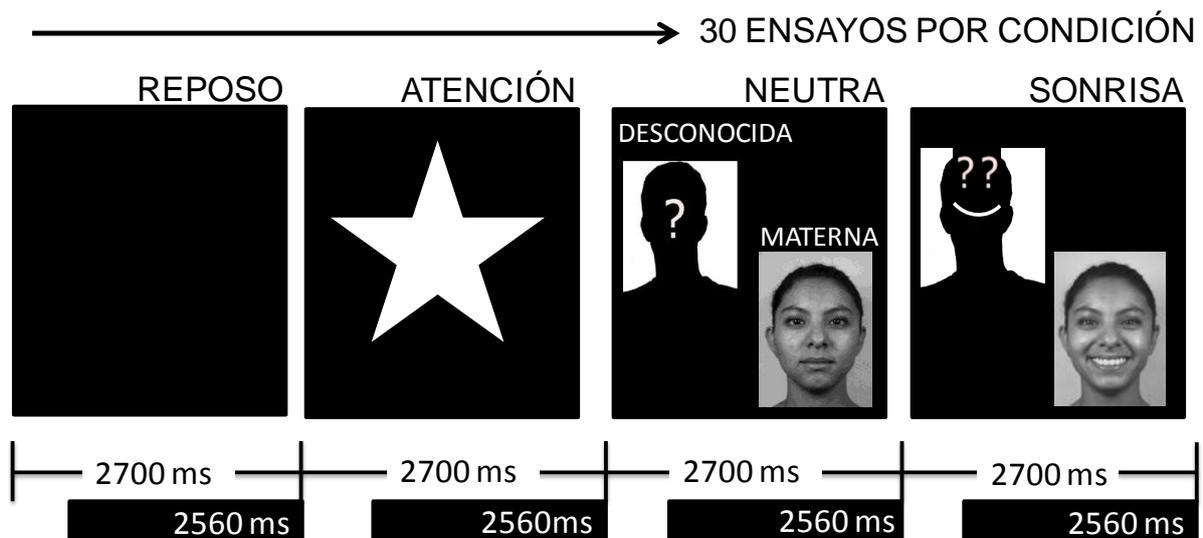


Figura 6. Carta de tiempo de la tarea experimental. La tarea consta de tres condiciones. Cada condición consiste en presentar una secuencia de estímulos: un periodo de reposo, un estímulo aviso, la cara neutra desconocida seguida de la sonrisa desconocida, que corresponde a la condición uno; la cara neutra materna seguida de la cara neutra materna que corresponde a la condición dos y finalmente, la cara neutra materna seguida de la sonrisa materna, que corresponde a la condición tres. Todos los estímulos se presentaron durante 2700 ms. Fueron 30 ensayos por condición, en total fueron 90 ensayos. Las ventanas de análisis del EEG fueron de 2560 ms.

Para el análisis conductual se realizó una videograbación del niño sincrónicamente a la presentación de la tarea y al EEG. Para calcular el tiempo que los niños miraron cada estímulo, se tomó la duración total de la presentación del estímulo (2700 ms) como el 100 por ciento. Posteriormente, se calculó el tiempo en segundos que los niños miraron cada uno de los tres estímulos en los 30 ensayos. Se obtuvo el promedio de tiempo para cada estímulo y se convirtió en porcentaje. Las dos conductas restantes tuvieron varios niveles. Afecto: positivo (sonreír, reír), negativo (mostrarse inquieto, llorar) y neutro (poco o ningún cambio en la expresión facial). Conducta motora: nula (ausencia de movimiento), quieta, el niño está tranquilo y puede presentar ligero movimiento de manos, leve (movimiento de brazos y/o cabeza) y gruesa (arqueo de la espalda o movimiento del tronco). En estas dos

condiciones se cuantificó, como mutuamente excluyentes, la frecuencia de ocurrencia de cada uno de los niveles, de tal forma que como el total de estímulos por condición fueron 30, si la conducta de afecto neutro se presentó 30 veces por ende el afecto negativo y positivo no se presentaron en esa condición.

El registro del EEG se realizó bajo las siguientes características: 20 electrodos colocados mediante un gorro según el sistema internacional 10/20, filtro de frecuencias bajas de 0.5 Hz a frecuencias altas de 30 Hz, impedancia menor a 5 KOhms, frecuencia de muestreo de 5.0 ms, referencia en línea a A1 y A2 cortocircuitadas y referencia promedio fuera de línea. Se realizó un electrooculograma mediante dos electrodos, el primero se colocó a una distancia de 1 cm del canto externo del ojo derecho y el segundo a una distancia de 1 cm por encima de él. La adquisición de los datos del EEG se realizó con el *software* Registro de Psicofisiología versión 2.0. de Neuronic.

7.4 Análisis estadísticos

Para realizar el análisis conductual se calculó el tiempo en segundos que ambos grupos de bebés (a término y prematuros) miraron cada estímulo (neutra desconocida, sonrisa desconocida, neutra materna y sonrisa materna) por ensayo, posteriormente los tiempos se convirtieron en porcentaje. Para las variables afecto y conducta motora, se calculó el número de veces que ambos grupos de bebés realizaron estas conductas por ensayo y también se convirtieron a porcentaje.

Para conocer si existían diferencias significativas en las variables conductuales (mirada, afecto y conducta motora) se realizaron distintos tipos de análisis de varianza. Para la variable mirada se realizó un ANOVA de medidas repetidas, el factor intra-grupos fue la variable "Condiciones" con 4 niveles (neutra desconocida, sonrisa desconocida, neutra materna y sonrisa materna) y el factor entre-grupos fue la variable "Grupo" con dos niveles (a término y prematuros). Para las variables afecto y conducta motora se realizaron análisis de varianza de medidas repetidas pero con dos factores intra-grupos, para la variable afecto estos fueron: primer factor "Condición" con tres niveles (neutra desconocida -sonrisa desconocida, neutra materna-neutra materna, neutra materna-sonrisa materna) y segundo factor "Afecto" también con tres niveles (neutro, positivo y negativo); para la variable conducta motora los dos factores fueron: primer factor "Condición" con los mismos

tres niveles del análisis anterior y segundo factor “Conducta Motora” con cuatro niveles (nula, quieta, leve y gruesa), para ambas variables el factor entre grupos fue el mismo que para la variable mirada (a término y prematuros). Se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser para los ANOVAS de medidas repetidas y la corrección de Bonferroni para los análisis post-hoc.

Dos jueces evaluaron las tres variables en todos los sujetos, se calculó el índice Kappa de Cohen para conocer el grado de acuerdo entre ellos.

El análisis de los datos del EEG se realizó mediante el *software* Análisis cuantitativo del EEG *TrackWalker* versión 5.1. En los registros de EEG se seleccionaron ventanas de análisis para cada uno de los estados: atención 1.58 s; contexto 2.56 s y condición (sonrisa desconocida, neutra materna y sonrisa materna) 2.56 s. Con las ventanas obtenidas en el EEG se calcularon los espectros de potencia por medio de la transformada rápida de Fourier.

Posteriormente se realizó un ANOVA de dos vías con el programa NIST 2.0, el factor1 fue el grupo (bebés nacidos a término vs. prematuros) y el factor 2 fue la condición (reposo, atención, neutra o sonrisa). Los análisis post-hoc se realizaron con una prueba t de Student con corrección.

En todos los análisis se aceptó una $p < 0.05$ como significativa.

8. Resultados

Se estudiaron 30 niños (16 hombres y 14 mujeres) de los cuales 10 se excluyeron del análisis, uno de ellos debido a que a los 12 meses de edad se le diagnosticó un daño neurológico a través de resonancia magnética, dos de ellos por fallas técnicas en el equipo de registro y en los siete restantes el registro se suspendió por llanto, movimiento excesivo o porque el niño no miraba los estímulos. Por lo tanto, la muestra final quedó integrada por 20 niños (8 hombres y 12 mujeres) que conformaron dos grupos: niños nacidos a término sin factores de riesgo para daño cerebral perinatal (N=10) y niños prematuros con factores de riesgo para daño cerebral perinatal (N=10).

El grupo de niños nacidos a término se integró por cinco hombres y cinco mujeres, con una edad media gestacional de 38.6 ± 1.0 semanas de gestación, con una media de edad de 8.01 ± 0.3 meses al momento de ser registrados y una media de peso al nacer de 3304 ± 94 gramos (Tabla 1). En este grupo, la exploración neurológica y los potenciales evocados visuales fueron normales. Todos obtuvieron puntajes dentro de los límites normales en la escala mental en la prueba de Bayley. Los datos de un niño control se excluyeron del análisis conductual debido a que se perdió la señal de grabación.

El grupo de niños prematuros se conformó de cuatro hombres y seis mujeres, con una edad media gestacional de 33.1 ± 1.6 semanas y 8.02 ± 0.5 meses de edad corregida al momento del registro. En todos ellos, los potenciales evocados visuales fueron normales. Ocho niños obtuvieron puntajes dentro de los límites normales en la escala mental de Bayley, uno calificó con retraso significativo y otro con retraso leve en esta misma escala. Todos los niños prematuros recibieron terapia, seis de ellos recibieron terapia Katona y los cuatro restantes recibieron terapia mixta. También, todos los niños prematuros tuvieron al menos un factor de riesgo para daño cerebral perinatal aunado a la prematurez. Todos, excepto uno tuvieron bajo peso al nacer ($\bar{x}=1908 \pm 475$ gramos). El factor de riesgo que se presentó con mayor frecuencia fue la sepsis postnatal y la preclampsia (50% del total de la muestra), seguido de la hiperbilirrubinemia indirecta (el 30% de total de la muestra) y finalmente, la asfixia (20% del total de la muestra). En cuanto a los datos obtenidos por las imágenes de resonancia magnética se encontró que el 20% de la muestra

Tabla 1. Características de la muestra. H: hombre. M: mujer. SDG: semanas de gestación. VL: ventrículos laterales, LN: Límites normales. RL: retraso ligero, RS: retraso significativo.*p<0.05.

NIÑOS A TÉRMINO			FACTORES DE RIESGO						RESONANCIA MAGNÉTICA				EVALUACIÓN DEL TONO	ESCALA MENTAL BAYLEY
SEXO	EDAD CORREGIDA (MESES)	SDG	PESO AL NACER (GRAMOS)	ASFIXIA	SEPSIS POSTNATAL	HIPERBILIRRUBINEMIA INDIRECTA	PRECLAMISIA	VL AUMENTADOS	ESPACIO SUBARACNOIDEO AUMENTADO	HIPERINTENSIDAD EN SUSTANCIA BLANCA				
1	H	8.23	37	3500	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NORMAL	LN	
2	M	8.66	37	3300	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NORMAL	LN	
3	H	7.2	40	3400	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NORMAL	LN	
4	H	7.8	39	3400	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NORMAL	LN	
5	H	8	39	3250	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NORMAL	LN	
6	M	8	39	3240	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NORMAL	LN	
7	M	8	38	3200	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NORMAL	LN	
8	M	8	40	3250	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NORMAL	LN	
9	H	8	39	3300	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NORMAL	LN	
10	M	8.28	38	3200	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NORMAL	LN	
5M	$\bar{x}=8.01$	$\bar{x}=38.6^*$	$\bar{x}=3304^*$											
5H	\pm	\pm	\pm											
	0.37	1.07	94											
NIÑOS PREMATUROS														
1	M	7.23	31	1350	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	HIPERTONÍA GENERALIZADA	RS	
2	M	8.3	30	1550	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NORMAL	LN	
3	H	7.26	34	1900	NO	NO	NO	SI	SI DERECHO	NO	NO	HIPERTONÍA GENERALIZADA	RL	
4	M	7.8	34	2520	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NORMAL	LN	
5	M	8.66	34	2475	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NORMAL	LN	
6	M	8.7	32	1200	NO	NO	SI	SI	SI DERECHO	SI	NO	NORMAL	LN	
7	M	7.73	35	1750	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	HIPERTONÍA HEMICORPORAL	LN	
8	H	8.56	34	2150	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NORMAL	LN	
9	H	8	32	1875	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	TRASTORNO MIXTO DEL TONO	LN	
10	H	8	34	2310	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	HIPOTONÍA CENTRAL	LN	
6M	$\bar{x}=8.02$	$\bar{x}=33$	$\bar{x}=1908$	20%	50%	30%	50%	60%	80%	10%				
4H	\pm	\pm	\pm											
	0.53	1.63	457											

tuvo los ventrículos laterales aumentados de tamaño, el 40% tuvo el espacio subaracnoideo aumentado de tamaño, el 30% presentó ambas alteraciones y 10% mostró esa dos características más hiperintensidad en la sustancia blanca. Respecto al tono muscular, cinco de los niños prematuros tuvieron un tono muscular normal, dos niños tuvieron hipertonia generalizada y los tres restantes tuvieron: hipertonia hemicorporal, trastorno mixto del tono e hipotonía central, respectivamente.

8.1 Resultados conductuales

Mirada

Los análisis descriptivos para la conducta mirada revelaron que ambos grupos de niños miraron el mismo tiempo en promedio a los cuatro estímulos: neutra desconocida, sonrisa desconocida, neutra materna y sonrisa materna. El grupo de niños a término miró el 66.6 ± 10.3 , 67.8 ± 9.2 , 62.5 ± 7.5 y $64.3\% \pm 10.4$, respectivamente (Figura 7). Mientras que el grupo de niños prematuros miró en promedio el 73.1 ± 14.1 , 72.7 ± 15.5 , 70.9 ± 10.3 y $73.0\% \pm 14.0$, respectivamente cada una de las condiciones. El 100% corresponde a la duración total de la presentación de los estímulos: 2.7 s.

Los resultados del ANOVA arrojaron que para el factor condición no hubo diferencias significativas $F_{(1,18)}=1.06$, $p=0.36$, es decir, que los bebés miran el mismo tiempo a los cuatro estímulos. En el factor grupo no existieron diferencias significativas entre los bebés sanos y prematuros $F_{(1,18)}=2.20$, $p=0.15$, ni en la interacción condición por grupo $F_{(1,18)}=0.32$, $p=0.79$.

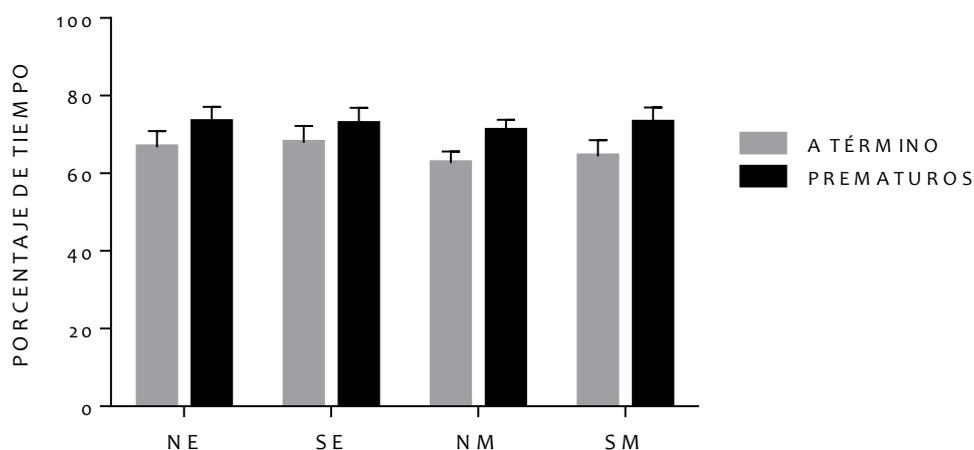


Figura 7. Conducta mirada. Porcentaje de tiempo que los niños miran los diferentes estímulos. El 100% corresponde al tiempo total de la presentación de cada estímulo 2.7 s. En gris se muestra el grupo de niños controles y en negro el grupo de niños prematuros, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos. NE: neutra desconocida, SE: sonrisa desconocida, NM: neutra materna y SM: sonrisa materna.

Afecto

Esta variable se midió en tres niveles mutuamente excluyentes: afecto positivo, afecto negativo y afecto neutro y en tres condiciones experimentales: neutra desconocida – sonrisa desconocida, neutra materna-neutra materna y neutra materna-sonrisa materna. Se encontró que ambos grupos de niños presentaron el mismo patrón de conducta afectiva en las tres condiciones analizadas. Los análisis descriptivos para la conducta de afecto fueron los siguientes: el grupo de niños a término presentó la conducta de afecto positivo en las tres condiciones en promedio el 87.4 ± 9.6 , 87.0 ± 7.8 y $88.1\% \pm 7.8$, respectivamente; la conducta de afecto positivo la presentó el 2.9 ± 6.1 , 2.5 ± 3.6 y $2.2\% \pm 3.3$, respectivamente y la conducta de afecto negativo la presentó en promedio para cada condición el 9.6 ± 9.7 , 10.3 ± 8.8 y $9.6\% \pm 6.5$, respectivamente (Figura 8). El grupo de bebés prematuros tuvo un comportamiento muy similar, para la condición de afecto positivo en las tres condiciones presentó la conducta en promedio el 89.9 ± 10.5 , 86.0 ± 13.8 y $87.3\% \pm 12.4$, respectivamente; la conducta de afecto positivo la presentó el 3.6 ± 10.4 , 3.6 ± 11.5 y $3.6\% \pm 10.4$, respectivamente y por último la conducta de afecto negativo la mostró en promedio para cada condición el 6.6 ± 6.6 , 10.3 ± 11.9 y $9.0\% \pm 10.6$, respectivamente. El 100% indica el número de veces que el bebé presentó la conducta en los 30 ensayos de cada condición.

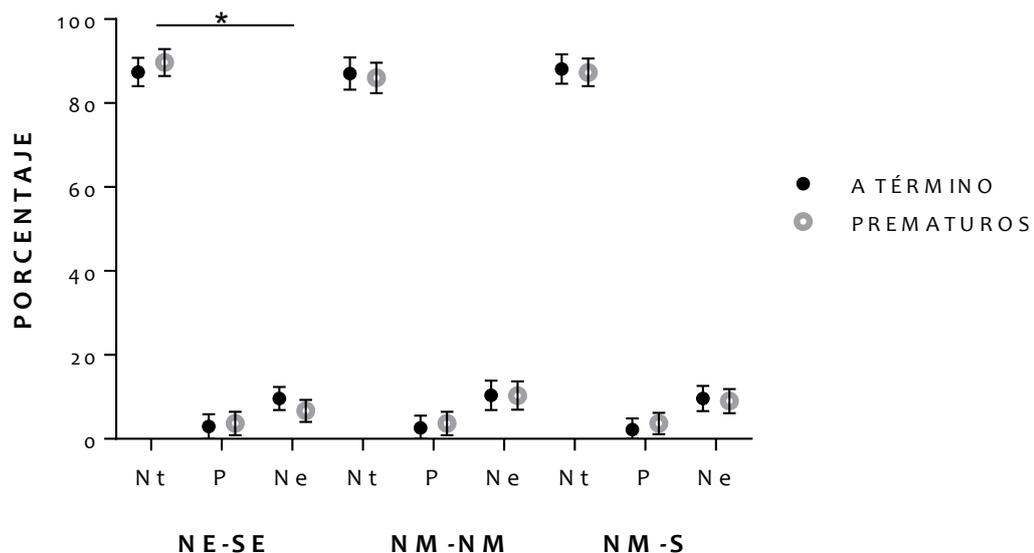


Figura 8. Conducta afecto. Porcentaje de veces que los niños realizaron la conducta. En cada tipo de estímulo se cuantificó el afecto neutro (Nt), positivo (P) y negativo (Ne). El 100% es igual a 30 ensayos de cada condición. NE-SE neutra desconocida -sonrisa desconocida, NM-NM neutra materna-neutra materna, NM-SM neutra materna-sonrisa materna. El afecto neutro es significativamente diferente del afecto positivo y negativo en las tres condiciones.

El ANOVA de medidas repetidas para analizar la variable afecto fue un diseño de 3 (las tres condiciones) por 3 (neutro, positivo y negativo) por 2 (los grupos). No se encontraron diferencias significativas en el factor condición $F=0$, $p=0$, pero sí en el factor afecto $F_{(1,18)}=339.10$ $p<0.05$. En el factor grupo tampoco hubo diferencias significativas $F_{(1,18)}=0.16$, $p=0.69$, ni para alguna de las interacciones ($p>0.05$). Se realizaron comparaciones post-hoc para el factor afecto y se encontró que el afecto neutro es diferente significativamente del afecto positivo y negativo ($p<0.05$), presentándose con mayor frecuencia en ambos grupos de bebés (Figura 8).

Conducta Motora

Los datos descriptivos para la conducta motora medida en cuatro niveles mutuamente excluyentes (nula, quieta, leve y gruesa) y en las tres condiciones (neutra desconocida-sonrisa desconocida, neutra materna-neutra materna y neutra materna-sonrisa materna) se describen a continuación. El grupo de niños a término realizó la conducta nula en las tres condiciones el 3.3 ± 6.6 , 3.3 ± 6.6 y $2.2\% \pm 5.5$ en promedio y respectivamente; la conducta quieta la presentó en las tres condiciones en promedio el 9.6 ± 15.8 , 8.1 ± 14.8 y $12.2\% \pm 13.9$, respectivamente; la conducta leve el 63.3 ± 16.4 , 58.5 ± 19.5 y 59.2 ± 15.6 , respectivamente y finalmente la conducta motora gruesa la presentó en promedio en las tres condiciones el 23.7 ± 5.8 , 30.0 ± 12.1 y el $26.2\% \pm 8.4$, respectivamente (Figura 9). El grupo de bebés prematuros se comportó de manera similar que el grupo de bebés a término, mostrando la conducta motora nula en promedio en cada condición el 7.0 ± 9.3 , 4.6 ± 7.4 y $8.0\% \pm 10.4$; la conducta quieta en promedio para cada condición el 17.3 ± 15.0 , 18.3 ± 16.4 y $18.6\% \pm 15.7$, respectivamente; la conducta leve en promedio para cada condición el 68.0 ± 15.5 , 53.6 ± 17.8 y $54.3\% \pm 19.4$, respectivamente y finalmente la conducta gruesa la presentó el 17.6 ± 9.6 , 23.3 ± 8.8 y $19.0\% \pm 9.4$, respectivamente. El 100% corresponde al total de los ensayos: 30 por condición.

En el ANOVA de medidas repetidas para la variable conducta motora no se encontraron diferencias significativas en el factor condición, $F=0$, $p=0$; pero en el tipo de conducta motora sí se encontraron diferencias significativas $F_{(1,18)}=52.72$, $p<0.05$. En el factor grupos, tampoco se encontraron diferencias significativas $F=0$, $p=0$ y

ninguna interacción fue significativa ($p>0.05$). Las comparaciones post-hoc para la variable conducta motora revelaron que la conducta nula se presentó significativamente menos veces que la conducta leve y gruesa ($p<0.05$), pero no en comparación con la conducta quieta ($p>0.05$); la conducta quieta se presentó significativamente menos veces que la conducta leve ($p<0.05$) y finalmente que la conducta leve es diferente del resto de las conductas motoras, siendo la conducta que se presentó más veces durante todos los ensayos, estos resultados son iguales para ambos grupos de bebés.

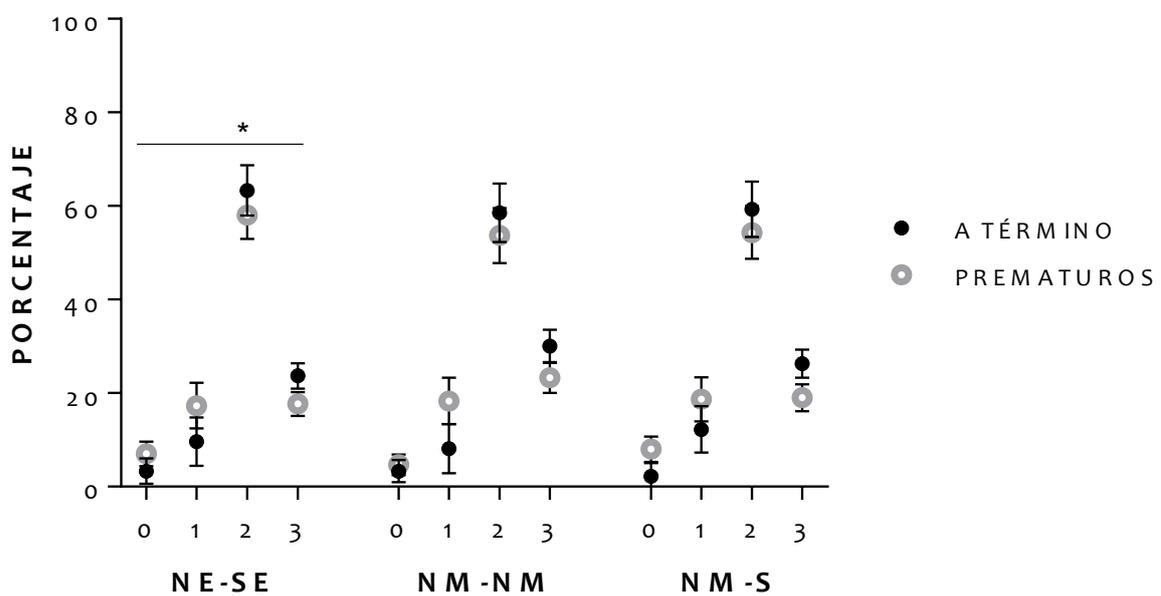


Figura 9. Conducta motora. Porcentaje de veces que los niños realizaron la conducta. En cada tipo de estímulo se cuantificó la conducta motora nula (0), quieta (1), leve (2) y gruesa (3). El 100% es igual a 30 ensayos de cada condición. NE-SE neutra desconocida-sonrisa desconocida, NM-NM neutra materna-neutra materna, NM-SM neutra materna-sonrisa materna. La conducta motora leve fue diferente significativamente con el resto de las conductas en todas las condiciones.

8.2 Resultados electrofisiológicos

Para analizar el espectro de frecuencias del EEG se realizó un ANOVA de dos vías con dos factores. El primer factor, grupo, tuvo dos niveles niños a término y niños prematuros. El segundo factor, condición, tuvo seis niveles: la condición de reposo, atención, neutra desconocida, neutra materna, sonrisa desconocida y sonrisa materna. Los resultados encontrados se describen a continuación.

a) Comparación entre grupos

En el análisis global del factor 1 se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en derivaciones anteriores F7 y FP1 en las frecuencias de 9.37 y 10.16; de 9.77 a 11.72 y de 13.67 a 19.14 Hz respectivamente (figura 10 A) y en derivaciones posteriores PZ y O1 en las frecuencias de 3.91 a 4.69 y 12.11 a 12.89; 6.64, de 7.42 a 10.16, 10.94, 13.67 y 14.45 Hz respectivamente (figura 10 B).

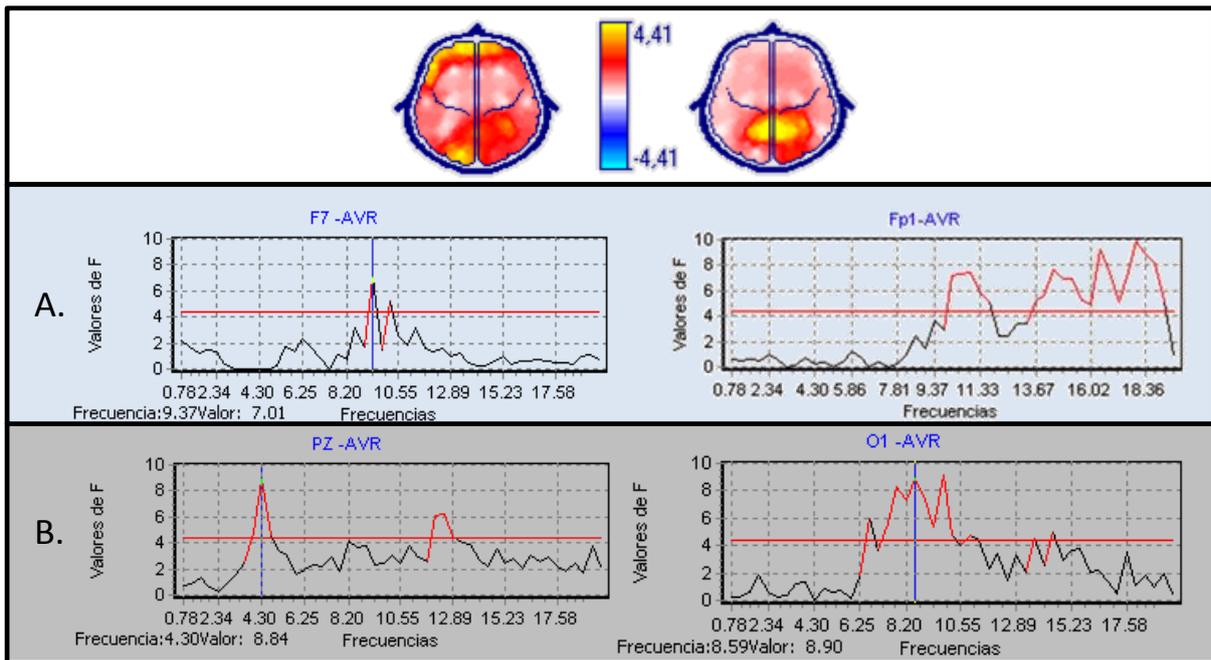


Figura 10. Análisis del espectro de frecuencias del ANOVA global del Factor 1. El color amarillo en la escala de colores indica las derivaciones que fueron significativas. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los grupos en derivaciones anteriores F7 y FP1 de 9 a 19 Hz (A) y en derivaciones posteriores PZ y O1 de 3.91 a 14.45 Hz (B).

b) Comparación entre condiciones

En el análisis global del factor 2 (la comparación de la potencia absoluta entre las seis condiciones: reposo, atención, cara neutra materna, cara neutra desconocida, sonrisa materna y sonrisa desconocida) se encontraron diferencias significativas en las siguientes frecuencias, descritas de bajas a altas: en 2.34 Hz en F3, C4, O2, T6 y CZ. En 3.52 Hz en O1 y T5. En 3.91, 4.30 y 4.69 Hz en todas las derivaciones excepto en C3. En 5.08 Hz en F3, P3, O1, O2, F8, T5 y CZ. En 5.86 Hz en FP2, C4, F8, T4 y T5. En 6.64 Hz en P3, O2 y T4. En 7.81 Hz en T3. En 8.20 Hz en P3. En 8.59 Hz en C4, O1 y T5. En 9.37 Hz en O2 y F7. En 10.16 Hz en FP1, C4,

P3 y T3. En 10.94 Hz en P3, T3 y FZ. Y en frecuencias de 13 a 18 Hz en FP2, C4, P3, O1, O2, F7, FZ y CZ (Figura 11).

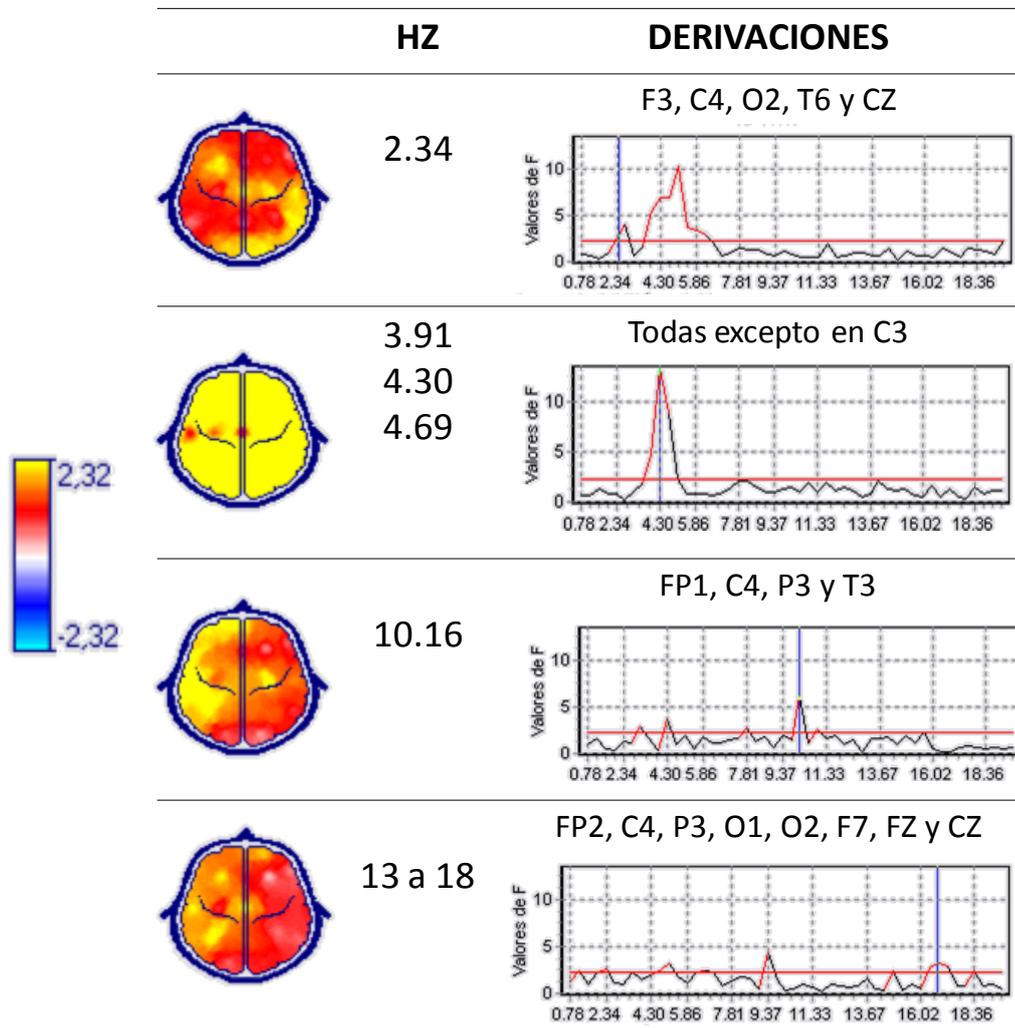


Figura 11. Análisis del espectro de frecuencias del ANOVA global del Factor 2. El color amarillo en la escala de colores indica las derivaciones que fueron significativas. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las condiciones en casi todas las derivaciones a varias frecuencias.

c) Análisis post-hoc Factor 1

Se realizaron análisis post-hoc para el Factor 1, comparando ambos grupos en cada una de las condiciones. En todas las condiciones se encontró que los bebés prematuros tienen mayor potencia absoluta en derivaciones frontopolares y frontales izquierdas en comparación con los bebés a término. Mientras que los bebés a término tuvieron mayor potencia absoluta en derivaciones parietales centrales y occipitales izquierdas (Figura 12), a continuación se describen a detalle cada una de las comparaciones con sus rangos de frecuencias.

En la condición de reposo se encontró que los bebés a término tienen mayor potencia absoluta en las derivaciones O1 en un rango de frecuencias de 6.64 a 9.77

Hz y 10.94 Hz y en PZ en el rango de frecuencia de 3.91 a 4.69 Hz comparados con bebés prematuros (Figura 12, A). Mientras que los bebés prematuros tuvieron mayor potencia absoluta en FP1 en las frecuencias de 15.23 a 19.14 Hz en comparación con niños a término (Figura 12, B).

En la condición de atención se encontró que los bebés a término tienen mayor potencia absoluta en las derivaciones O1 a 6.64, 10.16, 13.67 y 14.45 Hz y en PZ en las frecuencias de 3.91 a 5.47 Hz y de 12.11 a 12.50 Hz en comparación con bebés prematuros (Figura 12, C). Mientras que los bebés prematuros tuvieron mayor potencia absoluta en 9.37 y 10.16 Hz en FP1 y F7; y 11.72 y de 13.67 a 19.14 Hz sólo en FP1 en comparación con bebés a término (Figura 12, D).

Durante la presentación de la cara neutra desconocida los bebés a término tuvieron mayor potencia absoluta en derivaciones O1 y PZ de 9.77 a 10.16 y 4.30 y 12.50 Hz respectivamente, en comparación con bebés prematuros (Figura 12, E). Estos últimos tuvieron mayor potencia absoluta en las derivaciones F7 a 9.37 y 10.16 Hz y en FP1 de 13.67 a 19.14 Hz, en comparación con niños a término (Figura 12, F).

Ante la cara neutra materna los bebés a término presentaron mayor potencia absoluta en las derivaciones O1 en 6.64, de 7.42 a 10.94 y 13.67 Hz y en PZ en 4.30, 12.11 y 12.89 Hz en comparación con bebés a término (Figura 12, G). Se observó que los bebés prematuros obtuvieron mayor potencia absoluta en F7 a 9.37 Hz y en FP1 en 13.67, de 15.23 a 15.62 y de 17.93 a 18.65 Hz en comparación con niños a término (Figura 12, H).

En la presentación de la sonrisa desconocida, los niños a término mostraron mayor potencia absoluta en la derivación PZ de 3.91 a 4.30 Hz y de 7.81 a 8.59 en esa misma derivación y en O1 en comparación con niños prematuros (Figura 12, I). Mientras que los niños prematuros obtuvieron mayor potencia absoluta en la derivación FP1 de 10.55 a 10.94, 13.67, 14.45 y 17.97 Hz en comparación con bebés a término (Figura 12, J).

En la condición de sonrisa materna, los bebés a término tuvieron mayor potencia absoluta en las derivaciones PZ de 3.52 a 4.69 Hz y 12.50 Hz y en O1 en 6.64, de 7.42 a 9.77 y en 10.94 Hz en comparación con bebés a término (Figura 12, K). Se observó mayor potencia absoluta en los bebés prematuros en las derivaciones F7 a 9.37 Hz y en FP1 de 9.77 a 11.72, de 14.08 a 15.23, 16.41 y de 17.19 a 19.14 Hz en comparación con niños a término (Figura 12, L).

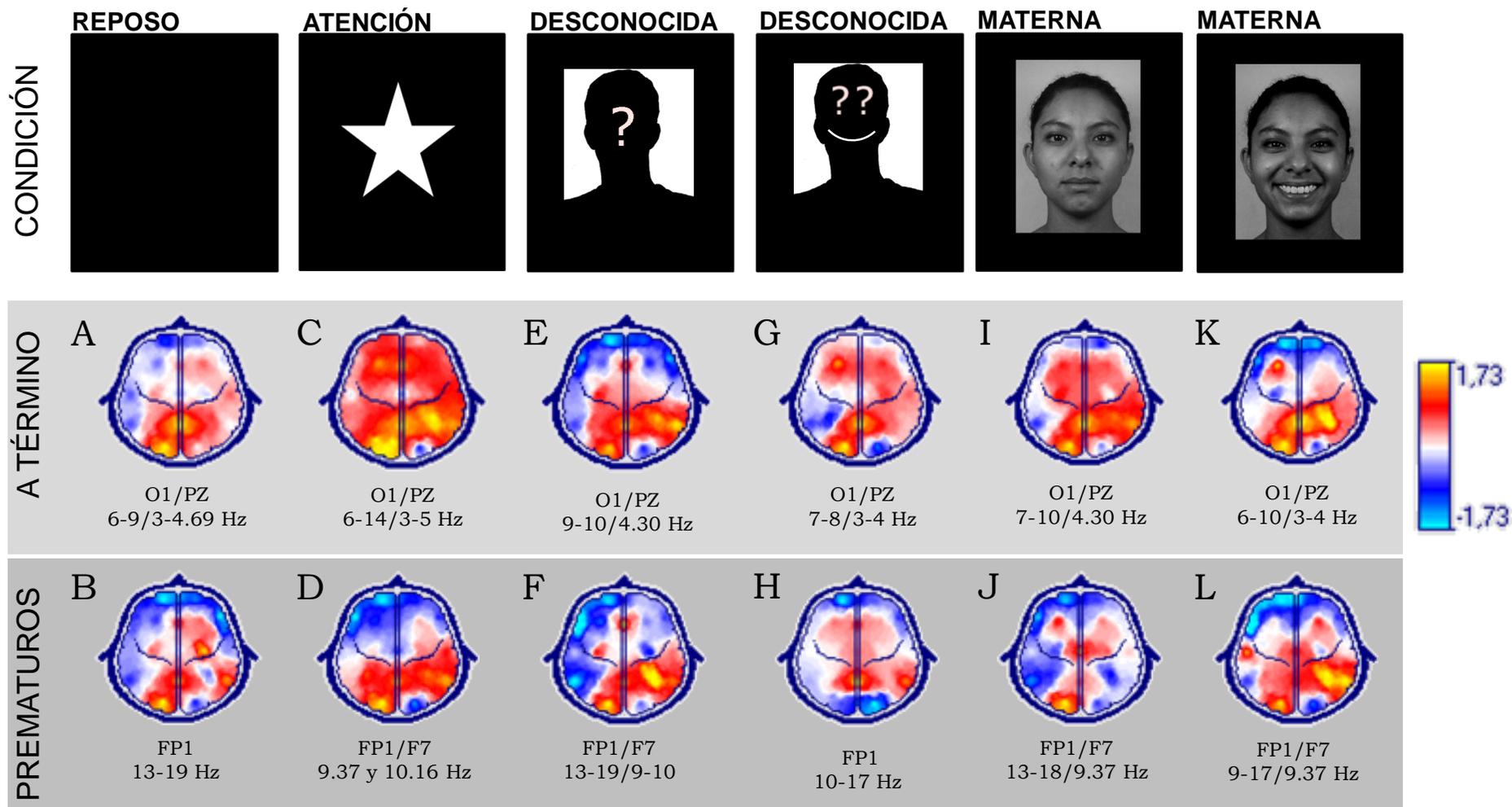


Figura 12. Análisis post-hoc del factor uno, grupo. Los colores amarillo y azul agua muestran las diferencias significativas para cada grupo. En general, podemos observar que los bebés a término tuvieron mayor potencia absoluta en derivaciones parietales centrales y occipitales izquierdas mientras que los bebés prematuros tienen mayor potencia absoluta en derivaciones frontopolares y frontales izquierdas en comparación con los bebés a término.

d) Análisis post-hoc Factor 2

Bebés a término

Se realizaron análisis post-hoc en el grupo de bebés a término comparando todas las condiciones.

Reposo vs. todas las condiciones

Se encontró que la condición de reposo tuvo mayor potencia absoluta en las derivaciones O1 y O2 en 3.52 y 2.34 Hz respectivamente en comparación con la condición de atención (Figura 13-A1).

La presentación de la cara neutra desconocida en comparación con el reposo generó mayor potencia absoluta en las derivaciones FP2, F3, P4 y F8 a 4.69 Hz (Figura 13-A4) mientras que el reposo generó mayor potencia absoluta en O1 en 7.03 y 7.81 Hz, O2 en 2.34 Hz, T5 en 8.59 Hz y CZ de 17.58 a 17.97 Hz (Figura 13-A3). Por otro lado, la cara neutra materna en comparación con la condición de reposo generó mayor potencia absoluta en la frecuencia de 4.30 Hz en las siguientes derivaciones: P3, P4, F8, T4, T5 y PZ (Figura 13-A6) y la condición de reposo obtuvo mayor potencia absoluta en la derivación FP1 a 10.16 Hz (Figura 13-A5). La condición de sonrisa desconocida en comparación con el reposo tuvo mayor potencia absoluta en la derivación P4 de 3.91 a 4.69 Hz y en T6 y PZ a 4.30 Hz (Figura 13-A8), mientras que el reposo obtuvo mayor potencia absoluta en las derivaciones O1 y T3 a 7.03 y 10.16 Hz respectivamente (Figura 13-A7). Y finalmente, la sonrisa materna en comparación con el reposo tuvo mayor potencia absoluta en las derivaciones F3, P4 y T6 a 4.30 Hz y P4, F8 y T5 a 4.69 Hz (Figura 13-A10) mientras que el reposo generó mayor potencia absoluta en las derivaciones FP1 y T3 en 10.16 Hz, FP2 a 16.41 Hz, C4 a 8.59 y 17.19 Hz y FZ a 16.02 Hz (Figura 13-A9).

Atención vs. todas las condiciones

La presentación de la cara neutra desconocida en comparación con la atención generó mayor potencia absoluta en las derivaciones FP1, F3, P4 y FZ a 4.69 Hz y en T6 a 5.47 Hz (Figura 14-A2) mientras que la atención generó mayor potencia absoluta en T3 y T5 en 7.81 y 8.59 Hz respectivamente y en P3 y CZ en 16.80 y 17.19 Hz respectivamente (Figura 14-A1). Por otro lado, la cara neutra materna en comparación con la condición de atención generó mayor potencia absoluta en la frecuencia de 4.30 Hz en las siguientes derivaciones: P3, P4, T4, T5 y

T6, y en 5.08 Hz en O2 y en 5.86 en T5 (Figura 14-A4) y la condición de atención obtuvo mayor potencia absoluta en la derivación F7 a 9.37 Hz (Figura 14-A3). La condición de sonrisa desconocida en comparación con la atención tuvo mayor potencia absoluta en la derivación P4 a 4.69 Hz y en F7, T6 y CZ a 4.30 Hz (Figura 14-A6), mientras que la atención obtuvo mayor potencia absoluta en la derivación T3 en 7.81 y 10.16Hz (Figura 14-A5). Y finalmente, la sonrisa materna en comparación con la atención tuvo mayor potencia absoluta en las derivaciones F3, P4, O1, O2, T5 y CZ a 4.30 Hz (Figura 14-A8) mientras que la atención generó mayor potencia absoluta en las derivaciones T3 en 7.81 y 10.16 Hz, F7 en 9.37 Hz, C4 a 8.59 y 17.19 Hz y FZ a 10.94, 16.02 y 18.75 Hz (Figura 14-A7).

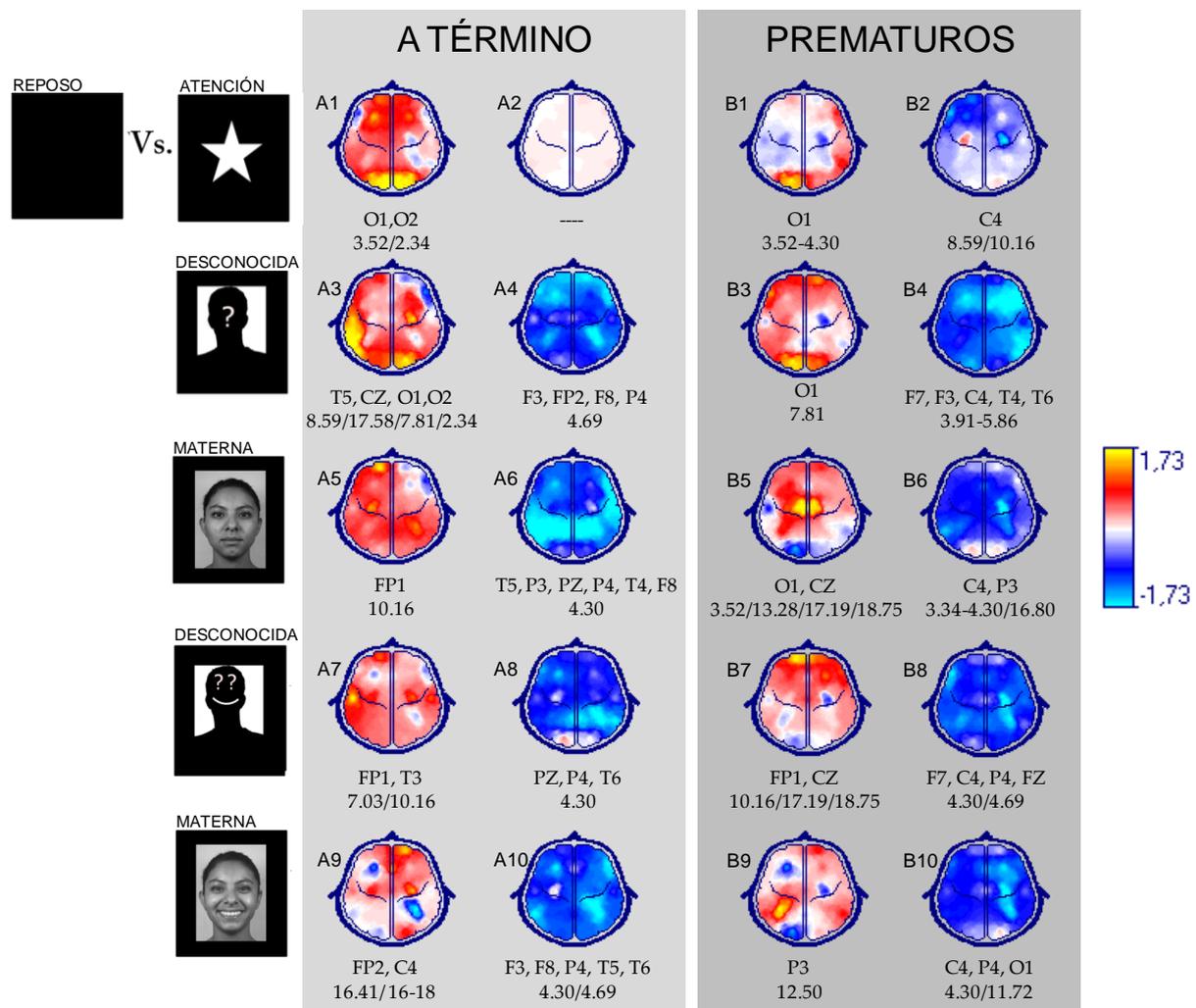


Figura 13. Comparaciones post-hoc del segundo factor: Condiciones vs. reposo. Los colores amarillo y azul agua muestran las derivaciones significativas. En A se muestran los resultados para los bebés a término, los números nones representan las derivaciones significativas para la condición de reposo y los número pares indican las derivaciones significativas para las distintas condiciones. En B se muestran los resultados para los bebés prematuros, la misma nomenclatura se utiliza para este grupo.

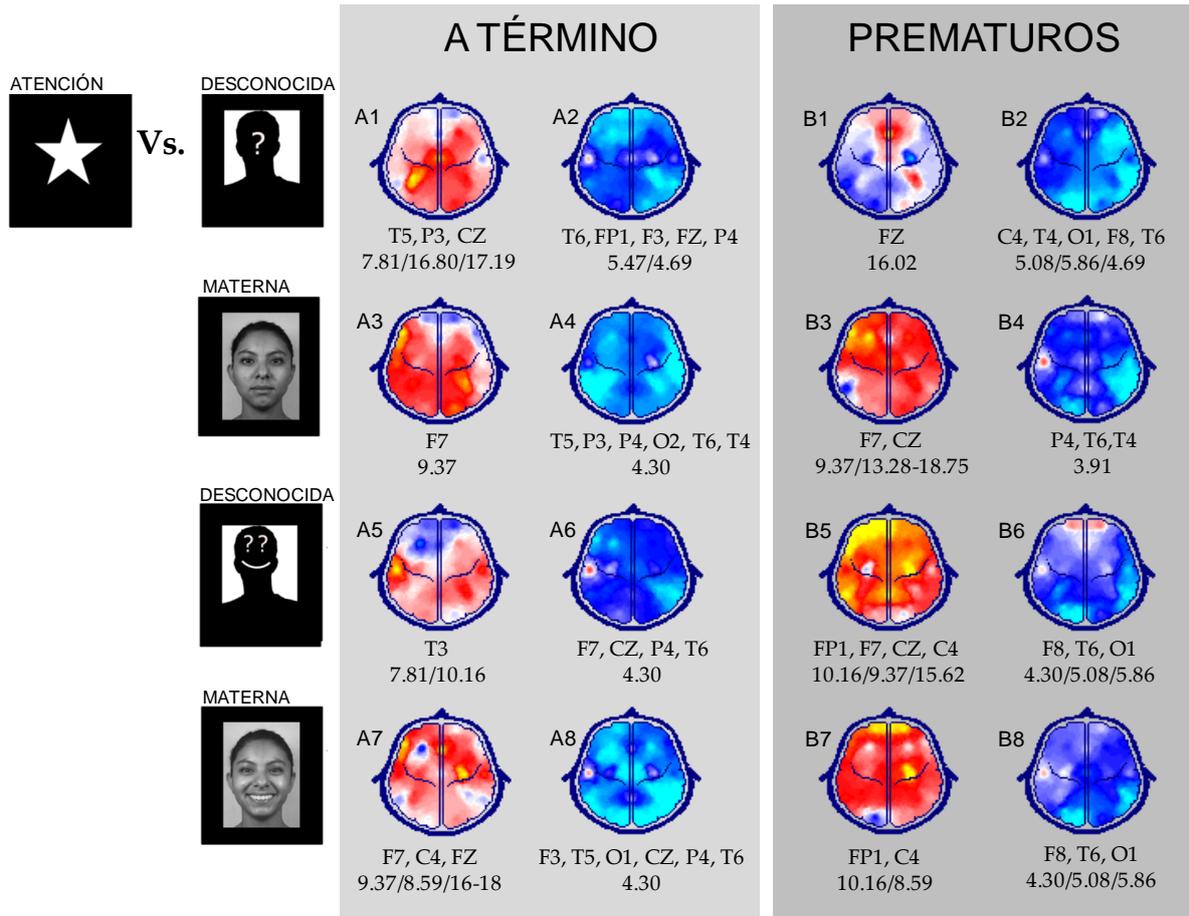


Figura 14. Comparaciones post-hoc del segundo factor: Condiciones vs. atención. Los colores amarillo y azul agua muestran las derivaciones significativas. En A se muestran los resultados para los bebés a término, los números nones representan las derivaciones significativas para la condición de atención y los número pares indican las derivaciones significativas para las distintas condiciones. En B se muestran los resultados para los bebés prematuros, la misma nomenclatura se utiliza para este grupo.

Bebés prematuros

En el grupo de bebés prematuros se realizaron las mismas comparaciones post-hoc del grupo de bebés a término.

Reposo vs. todas las condiciones

Se encontró que la condición de atención en comparación con la condición de reposo tuvo mayor potencia absoluta en la derivación C4 en las frecuencias de 8.59 y 10.16 Hz (Figura 13-B2) y la condición de reposo en comparación con la atención generó mayor potencia absoluta en la derivación O1 de 3.52 a 4.30 Hz (Figura 13-B1). Ante la presentación de la cara neutra desconocida en comparación con la condición de reposo los bebés prematuros tuvieron mayor potencia absoluta en C4 y F7 en la frecuencia de 3.91 a 4.69 Hz, en F3 y T6 en 5.08 Hz y finalmente en C4 y

T4 en 5.86 Hz (Figura 13-B4). Por su parte, el reposo en esta misma comparación generó mayor potencia absoluta en las derivaciones O1 en la frecuencia de 7.81 Hz, FZ y CZ en 16.02 y 18.75 Hz respectivamente (Figura 13-B3). Mientras que cuando se les presentó la cara neutra materna en comparación con la condición de reposo, los bebés prematuros mostraron mayor potencia absoluta en la derivación C4 en las frecuencias de 2.31 y de 3.91 a 4.30 Hz y en P3 a 16.80 Hz (Figura 13-B6) y el reposo en comparación con esta misma condición mostró mayor potencia absoluta en las derivaciones O1 a 3.52 Hz y CZ a 13.28, 17.19 y 18.75 Hz (Figura 13-B5).

Cuando se comparó la presentación de la sonrisa desconocida contra el reposo se encontró que la sonrisa desconocida tuvo mayor potencia absoluta en las derivaciones C4, P4 y F7 en la frecuencia de 4.30 Hz y FZ en la frecuencia de 4.69 Hz (Figura 13-B8) y la condición de reposo obtuvo mayor potencia absoluta en derivaciones FP1 en la frecuencia de 10.16 Hz y CZ en las frecuencias de 17.19 y 18.75 Hz (Figura 13-B7). Mientras que la sonrisa materna en comparación con la condición de reposo generó mayor potencia absoluta en la misma frecuencia (4.30 Hz) que en la comparación con la sonrisa desconocida pero sin la derivación F7; y con adición de O1 en la frecuencia de 11.72 Hz (Figura 13-B10) y el reposo generó mayor potencia absoluta en P3 a 12.50 Hz (Figura 13-B9).

Atención vs. todas las condiciones

Ante la presentación de la cara neutra desconocida en comparación con la condición de atención los bebés prematuros tuvieron mayor potencia absoluta en T6 en las frecuencias de 3.91 y de 4.69 a 5.47 Hz, O1 y F8 en 5.08 Hz y C4 y T4 en 5.86 Hz (Figura 14-B2) y la condición de atención en esa misma comparación tuvo mayor potencia absoluta en la derivación FZ en la frecuencia de 16.02 Hz (Figura 14-B1). Mientras que cuando se les presentó la cara neutra materna en comparación con la condición de atención, los bebés prematuros mostraron mayor potencia absoluta en derivaciones P4, T4 y T6 en la frecuencia de 3.91 Hz (Figura 14-B4) y la condición de atención generó mayor potencia absoluta en F7 a 9.37 Hz y en CZ en las frecuencias de 13.28, 15.62, 17.19 y 18.75 Hz, comparada con la cara neutra materna (Figura 14-B3).

Cuando se comparó la presentación de la sonrisa desconocida contra la atención se encontró que la sonrisa desconocida tuvo mayor potencia absoluta en las derivaciones F8 de 4.30 a 4.69 Hz y en T6 y O1 en la frecuencia de 5.08 Hz

(Figura 14-B6) y la atención en esa misma comparación generó mayor potencia absoluta en las derivaciones FP1 y C4 en la frecuencia de 10.16 Hz, F7 a 9.37 Hz y CZ en la frecuencia de 15.62 Hz (Figura 14-B5). Mientras que la sonrisa materna en comparación con la condición de atención generó mayor potencia absoluta en las mismas derivaciones que la sonrisa desconocida (Figura 14-B8) y la condición de atención obtuvo, en esa misma comparación, mayor potencia absoluta en FP1 a 10.16 Hz y C4 a 8.59 Hz (Figura 14-B7).

e. Interacciones

Este análisis nos dice las diferencias entre grupos y entre condiciones de manera simultánea. Es decir, a continuación se describe en qué son diferentes los niños prematuros en comparación con los niños nacidos a término y específicamente ante qué tipo de estímulo.

El ANOVA de dos vías arrojó interacciones significativas en 14 derivaciones de las 19 analizadas, alrededor de todo el rango de frecuencias de 0 a 19 Hz (Tabla 2).

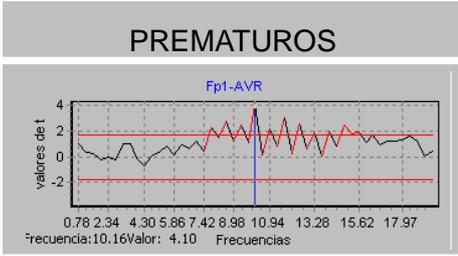
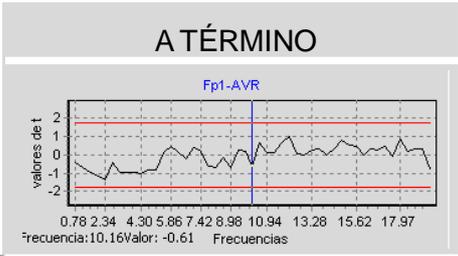
Específicamente, se encontró una interacción a favor de los bebés prematuros y tres a favor de los bebés a término.

Los bebés prematuros tuvieron mayor potencia absoluta en la condición de atención comparada con la sonrisa desconocida y la sonrisa materna en FP1 a 10.16 Hz (Figura 15-A).

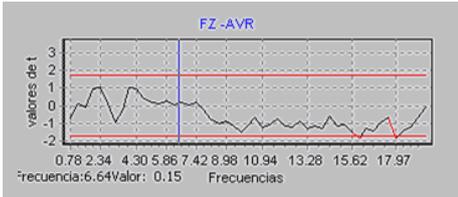
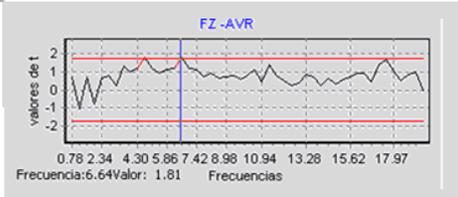
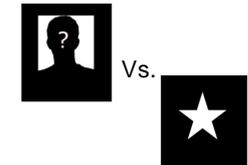
Mientras que para los bebés a término se encontraron interacciones significativas en FZ a 6.64 Hz en la condición de neutra desconocida vs. atención (Figura 15-B); en esa misma derivación pero en las frecuencias de 3.12, 6.64, 7.81, 8.98, 9.37, 9.77, 11.33, 12.11, 13.28, 13.67, 15.23, 16.02, 16.41, 17.58, 17.97 y 18.75 Hz en la comparación de neutra materna vs. sonrisa materna (Figura 15-C). Y finalmente, en la derivación P4 a 8.20, 10.16 y 10.94 Hz en la comparación de sonrisa materna vs. neutra materna (Figura 15-D).

COMPARACIONES

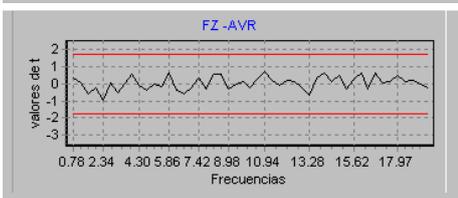
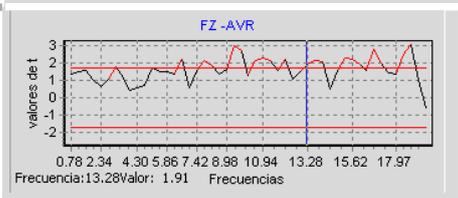
A.



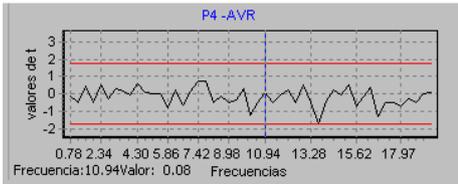
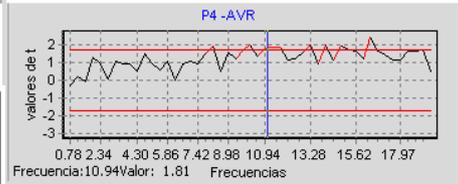
B.



C.



D.



$t_{(10,10)} > 1.73, p < 0.05$

Figura 15. Interacciones del ANOVA global. Espectro de frecuencias de las derivaciones que fueron significativas en las interacciones. En A se muestra la única interacción a favor de los bebés prematuros y de B a D las interacciones a favor de los bebés a término.

9. Discusión

El objetivo general de la presente tesis fue determinar las respuestas conductuales y electrofisiológicas que ocurren ante la percepción de la sonrisa materna en niños sanos y niños prematuros. Los principales resultados fueron que no hay respuestas conductuales asociadas a la sonrisa materna en ambos grupos de niños. Electrofisiológicamente, en la comparación por grupo en todas las condiciones se encontró que los bebés prematuros tienen mayor potencia absoluta en derivaciones frontopolares y frontales izquierdas a frecuencias rápidas (de 9 hasta los 19 Hz) en comparación con los bebés a término, mientras que estos últimos tuvieron mayor potencia absoluta en derivaciones parietales centrales y occipitales izquierdas a frecuencias más lentas (de 3 a 7 Hz) pero también en frecuencias rápidas (de 10 a 14 Hz). Sin embargo, el resultado quizá de mayor importancia en este trabajo fue que se replicaron los resultados reportados antes en la literatura, se encontró que en los bebés a término ocurre una activación ante la presentación de caras (neutras y sonrientes) en regiones frontales y temporales en la banda de frecuencia theta, específicamente en 3.91, 4.30, 4.69 y 5.08 Hz. Así mismo, se encontró que los bebés prematuros presentan estos mismos resultados, dato no reportado hasta la fecha en la literatura.

En cuanto a la muestra de niños prematuros encontramos que todos tienen al menos otro factor de riesgo para daño cerebral perinatal aunado a la prematurez. El factor de riesgo predominante fue el bajo peso al nacer, seguido de la preclamsia y de la sepsis postnatal y en menor proporción presentaron hiperbilirrubinemia indirecta y asfixia. Claramente se observó que no hay una regla o patrón en la presencia de factores de riesgo, las combinaciones en estos factores pueden ser tan particulares como las propias diferencias individuales, tal y como lo indica la literatura (Volpe, 2001). Lo mismo sucede en la exploración neurológica, la mitad de la muestra presentó alteraciones en el tono muscular, lo que representa la manifestación clínica más frecuente de leucomalacia periventricular (entidad patológica más frecuente como consecuencia de la prematurez, Volpe, 2000). Los datos obtenidos por medio de las imágenes de resonancia magnética mostraron que solo un niño tuvo hiperintensidad en la sustancia blanca, característica principal de la leucomalacia periventricular difusa (Volpe, 2000 y Counsell et al., 2003) esto era algo esperado puesto que la muestra estuvo conformada por niños prematuros con

factores de riesgo para daño cerebral perinatal y no precisamente con leucomalacia periventricular difusa; por ello, la mayoría de los niños tuvo los ventrículos laterales y el espacio subaracnoideo aumentados de tamaño, características morfológicas no determinantes en los diagnósticos para leucomalacia.

9.1 Análisis Conductual

El tiempo promedio que los dos grupos de niños observaron los estímulos fue de 68.62%. El afecto que predominó ante todos los estímulos fue el afecto neutro y la conducta motora que más se presentó fue el movimiento de cabeza, brazos y piernas, conducta leve según la escala de Bazhenova et al. (2007), pero ambas conductas de manera independiente al tipo de estímulo.

El hecho de que los niños miraran durante el mismo tiempo ambos estímulos, se puede deber a que por un lado, la cara materna es una cara conocida que reduce la ansiedad y produce agrado por su asociación al cuidado y a la alimentación (Minagawa-Kawai et al. 2009) y por otro, la cara desconocida es novedosa y puede llamar también su atención. Bazhenova et al. (2007) utilizaron un paradigma llamado “*still-face*” que consiste en atrapar la atención del bebé a través de la socialización, hablándoles, sonriéndoles, etc. y de manera repentina dejar de hacer estas conductas dejando la cara con la menor expresión posible, este paradigma se realiza en frente del bebé lo cual resulta más atractivo por el factor de la socialización, en este estudio sí se encontraron conductas asociadas a la cara sonriente de un extraño. Es posible que la explicación de las diferencias entre nuestros resultados y los esperados radique en el tipo de paradigma utilizado, ya que la prueba de “*still-face*” demanda mayor contacto social que la presentación de estímulos en blanco y negro en la pantalla de una computadora. Además, este paradigma se utiliza en muchos estudios para evaluar comportamiento social que incluye la forzosa respuesta conductual del bebé. Es importante mencionar, que además en este paradigma ya se han descrito diferencias desde los 2 meses de edad entre niños nacidos a término y niños prematuros (Hui-Chin y Suh-Fang, 2008). Aún sabiendo esto, se prefirió la utilización de imágenes proyectadas en la pantalla de una computadora por el mayor grado de control a nivel metodológico del paradigma.

Sin embargo, estudios con estímulos bidimensionales y proyectados en una pantalla de computadora, como fue nuestro procedimiento, han reportado que aunque no existen diferencias entre el tiempo que los bebés observan los estímulos sí existen diferencias electrofisiológicas (de Haan y Nelson, 1997; Grossmann et al., 2006). El hecho de que no haya diferencias conductuales pero sí electrofisiológicas puede explicarse debido a que la cara materna es un estímulo que provoca una respuesta emocional y por lo tanto demanda largos periodos de atención, pero la cara desconocida por ser un estímulo novedoso también puede provocar que los bebés orienten su atención hacia ella. Además, el paradigma utilizado únicamente demandaba que los bebés miraran el estímulo, no que dieran una respuesta conductual *per se*, respuesta necesaria por ejemplo en estudios para conocer cómo es la memoria de ellos (García-Gomar et al., 2013).

9.2 Actividad eléctrica cerebral

Diferencias entre grupos

El análisis del primer factor nos reveló diferencias puntuales entre ambos grupos con un patrón consistente en todas las condiciones. El grupo de bebés nacidos a término presentó mayor potencia absoluta en la región parietal central consistentemente en la frecuencia theta de 3.91 a 4.69 Hz y en la derivación occipital izquierda desde 6 hasta 14 Hz en las seis condiciones. Mientras que el grupo de bebés prematuros mostró activación consistente, durante las seis condiciones registradas, en regiones frontales izquierdas F7 y FP1, la primera derivación en 9.37 y 10.16 Hz y la segunda en frecuencias altas desde 9 hasta 19 Hz. Los hallazgos aquí encontrados se sustentan con el hecho conocido acerca de que la maduración cortical medida a través del EEG se expresa como un aumento progresivo de las bandas alfa y beta y una disminución de las frecuencias más bajas (delta y theta). Otero et al. (2011), estudiaron una muestra de 151 bebés de los 15 días a los 12 meses de edad y encontraron que la potencia absoluta de la banda de frecuencia delta mostró una tendencia lineal a disminuir durante el primer año de vida en casi todas las derivaciones (hecho que en nuestros dos grupos de niños sucede). Así mismo, que la potencia absoluta de la banda theta disminuye moderadamente en derivaciones anteriores, sin embargo, en derivaciones

posteriores incrementa, sobre todo en áreas occipitales (de la misma forma, en los presentes resultados la actividad theta no se encuentra en zonas frontales pero sí en parieto-occipitales), mientras que la potencia absoluta de la banda alfa y beta mostraron una tendencia general (incluso en todos los montajes) a disminuir en FP1 y FP2 mientras que en áreas parieto-occipitales parecen aumentar, siguiendo el curso del desarrollo del EEG. Interesantemente esto se cumple en los bebés a término, sin embargo los bebés prematuros persisten con frecuencias altas (alfa, beta e incluso gamma) en regiones frontales (FP1 y F7); esto puede significar que estén retrasados en mostrar el patrón normal de maduración cortical medido a través del EEG, sin embargo, no significa que posteriormente no sean capaces de mostrarlo. En esa misma investigación, Otero et al. (2011) ejemplifican el caso de un bebé nacido a término pero con hipoglucemia después del nacimiento y encuentran anomalías en el EEG cuantitativo de base, específicamente reportan incremento de la potencia absoluta en la banda delta y en general en la potencia absoluta total. Lo que podría darnos sustento para entender por qué el patrón electrofisiológico basal de los bebés prematuros con factores de riesgo registrados en este trabajo sea distinto a las normas durante el primer año de vida reportadas por Otero et al. (2011).

El hecho de que los bebés prematuros requieran el uso de regiones frontales ante todas las condiciones a frecuencias altas, podría indicar quizá de una demanda mayor de atención, por ejemplo, García-Gomar et al. (2013) realizaron un estudio en el que comparan la retención vs. atención de niños sanos y niños con secuelas de leucomalacia periventricular (que es la enfermedad más frecuente como resultado de la prematurez) y encontraron que estos niños presentan mayor potencia absoluta en regiones frontales a frecuencias altas 15.62 Hz en la retención vs. atención, los autores explican que éstos necesitan mayores recursos frontales para albergar las demandas atencionales que requiere una tarea de atención sostenida como la que aplicaron. Si bien en este trabajo no hubo una demanda explícita de retención, el simple hecho de observar imágenes requiere de atención a los estímulos, por ello podemos especular que los hechos encontrados en niños de dos años en una tarea más compleja, se puedan constatar en la simple observación de imágenes de niños prematuros con factores de riesgo a edades más tempranas.

Comparación entre condiciones

Atención y reposo

Cuando se compara la condición de atención contra el reposo se observa que en ambos grupos de bebés hay mayor potencia absoluta en derivaciones occipitales durante el reposo en la frecuencia de 3.52 Hz, y únicamente los bebés prematuros muestran mayor potencia absoluta en la derivación C4 durante la atención en las frecuencias de 8.59 y 10.16 Hz. Los resultados encontrados durante el reposo coinciden con lo reportado por Otero et al. (2011), acerca de que la frecuencia theta disminuye en regiones frontales y aumenta en parietales, denotándose más en regiones occipitales. Una posible explicación de la participación de la región central derecha en la frecuencia alfa durante la atención, puede ser el hecho de que el “ritmo mu” o actividad sensoriomotora está presente durante la atención visual sostenida (Stroganova et al., 1999), actividad rítmica que es registrada en áreas precentrales de 6 a 9 Hz. Orekhova et al. (2001) realizaron un estudio para conocer a través del EEG cómo era la atención controlada internamente en bebés de ocho a 11 meses de edad. Los autores encontraron que este tipo de atención se asoció con la sincronización de alfa en regiones centrales (C4 específicamente) y parietales. Estos resultados se sustentan con lo reportado en la literatura acerca de que los procesos inhibitorios corticales reflejados por la sincronización selectiva del ritmo alfa son importantes para mantener internamente la atención controlada (Klimesch et al, 2007, Fernández et al., 1998).

Cara neutra desconocida contra reposo y atención

Cuando la cara neutra desconocida se comparó con la actividad que ocurre en el periodo de reposo, hubo mayor potencia absoluta en el grupo de bebés sanos en regiones frontales bilaterales y en la región parietal derecha, ambas regiones en la frecuencia específica de 4.69 Hz (frecuencia theta), mientras que en prematuros hubo actividad frontal pero izquierda y centrot temporal derechas, también en la banda de frecuencia theta. Sin embargo, cuando se realizó la comparación de la cara neutra desconocida contra la condición de atención, se encontró que los bebés nacidos a término tuvieron mayor potencia absoluta en la región frontal izquierda y

parietotemporal derecha a 4.69 Hz. Mientras que los bebés prematuros en esta misma comparación obtuvieron mayor potencia absoluta en regiones frontotemporales derechas de 4.69 a 5.86 Hz. Estudios previos de percepción de caras neutras desconocidas en bebés (Nakato et al., 2011 y Grossmann et al., 2008) reportan la participación de regiones temporales y frontales. Se ha descrito que el surco temporal superior, que corresponde en el EEG a la posición de electrodos temporales anteriores y posteriores (Nakato et al., 2011), participa en la percepción de rostros y que la estructura cerebral que por excelencia responde a caras es el giro fusiforme, pero por su localización anatómica medial y basal resulta difícil conocer su participación en la actividad eléctrica cerebral registrada en este estudio. En ambos grupos de bebés se observó mayor potencia absoluta en derivaciones posteriores (temporales, parietales y occipitales) en comparación con la condición de reposo y atención, lo que permite postular que los estímulos fueron percibidos como caras. Así mismo, se observó la activación de regiones frontales en ambos grupos de bebés; se ha postulado que las caras, incluso sin la expresión de alguna emoción, son en sí un estímulo emocional (Nelson, 2001; Haxby et al. 2000, 2002), principalmente por la importancia que tienen los estímulos sociales para los seres humanos y por ser animales altriciales y depender hasta pasada la infancia de algún otro congénere (en la mayoría de los casos la madre). Por otra parte, la experiencia que tienen los bebés a las caras, sobre todo en ese periodo de dependencia total, la hacen aún más un estímulo potentemente atractivo. Por ejemplo, a pesar de que la naturaleza y el desarrollo de las habilidades cognitivas sociales son, en la actualidad, objeto de mucho debate, estudios con simios y niños de 2.5 años de edad muestran que ambos poseen habilidades cognitivas muy similares al enfrentarse a la física del mundo, pero los niños tienen habilidades más sofisticadas que los simios cuando se trata de habilidades en el mundo social (Herrmann et al. 2007). Esto podría apuntar a que es una habilidad fundamental y específica de los seres humanos relacionarse con los demás desde un ambiente temprano, producto de las demandas del mundo intensamente social en el que están insertos. La participación de regiones frontales ante la cara neutra desconocida nos permite inferir que ambos grupos de bebés no sólo están viendo el estímulo, sino que incluso éste podría estar generándoles algún tipo de recurso emocional (Grossman et al., 2008 y Bazhenova et al., 2007).

Apoyando estas ideas, un estudio reciente realizado por Kouider et al. (2013) mostró que bebés de cinco meses de edad son capaces de percibir la imagen de una cara aún cuando esté enmascarada y sea presentada en periodos muy cortos de tiempo (entre 17 y 300 ms) comparada con el estímulo control. Específicamente, reportaron la aparición de una onda posterior negativa a los 150ms en regiones mediales y occipitales seguida de dos componentes clásicamente asociados al procesamiento facial en bebés: la N290 en las mismas regiones y P400 en regiones temporales bilaterales y occipitales. Adicionalmente a estos marcadores electrofisiológicos, la onda lenta positiva tardía aparecía en todos los tiempos de presentación de las caras, onda principalmente involucrada en el proceso de memoria de reconocimiento, atención y detección de la novedad. Los autores interpretan este hallazgo como que los mecanismos que subyacen el umbral de percepción consciente ya están presentes desde los cinco meses de edad. Estos trabajos permiten afirmar que según el rango de edad en que son registrados los bebés del presente estudio ya son capaces de percibir el estímulo presentado.

Cara neutra materna contra reposo y atención

Cuando se realizó la comparación de la cara neutra materna contra el reposo, en bebés a término se observó con claridad un aumento de potencia absoluta en las derivaciones: frontales derechas, temporales izquierdas y parietales centrales y bilaterales, en 4.30 Hz (nuevamente la banda de frecuencia theta), este hallazgo se observa con una sincronía fastuosa. Esto no sucede en bebés prematuros, en ellos ante esta comparación hay actividad aislada de P3 y C4 a distintas frecuencias. Sin embargo, cuando se compara la cara neutra materna contra la atención se observó que en los bebés nacidos a término desaparece la actividad frontal pero se agregan derivaciones parietales, temporales y occipitales bilateralmente, también en la frecuencia de 4.30 Hz. De la misma forma, la actividad frontal desaparece en los bebés prematuros ante esta comparación añadiéndose actividad parietotemporal derecha a 3.91 Hz. Lo anterior demuestra que el cerebro de los bebés a término requiere de la participación de más poblaciones de neuronas en una misma sincronía para el procesamiento de la cara de una persona conocida en comparación con una desconocida, quizá porque se tengan que hacer varios procesos a la vez: discriminar, reconocer, buscar en el almacén de memoria, etc.

Los resultados de los bebés a término ante la cara neutra materna concuerdan con los obtenidos por Carlsson et al. (2008), quienes encontraron que en bebés de 6 a 9 meses de edad las regiones frontotemporales derechas participan al ver la cara materna en comparación con una cara desconocida. De igual forma, de Haan y Nelson (1997) comprobaron a través de potenciales relacionados a eventos que la amplitud de los componentes negativos de mediana latencia en el electrodo temporal anterior derecho (T4) fue mayor para la cara de la madre en comparación con la cara desconocida. Esto se interpreta como que los bebés prestaron más atención a la cara materna. Este mismo hallazgo se replica en los presentes resultados, en bebés a término en ambas comparaciones (reposo y atención), mientras que en bebés prematuros solamente contra la condición de atención. El hecho de que en el hemisferio derecho se haya encontrado mayor amplitud concuerda con estudios de PET que señalan que este hemisferio se encarga de discriminar caras familiares de no familiares. De igual forma, estos resultados concuerdan con los hallazgos descritos por Grossmann et al. (2008), ellos encontraron que la sonrisa de un extraño acompañada de la mirada mutua activa áreas corticales en el cerebro del bebé que corresponden a las regiones del cerebro implicadas en procesos emocionales en los adultos. La aportación elegante de este estudio es que utilizan dos técnicas que podrían resultar complementarias, una con fortalezas espaciales NIRS y otra con temporales el EEG. Con ambas técnicas los autores observaron la participación del giro temporal superior y la corteza frontopolar derecha, ellos interpretaron esta lateralización derecha como el indicio del desarrollo de la percepción facial a principios de la ontogenia, puesto que esta lateralización no se observa en estudios con adultos. Además, debido al tipo de tarea experimental que utilizan, se puede afirmar que las regiones frontales participan en procesos comunicativos, sociales e intencionales.

En los bebés prematuros en estas mismas comparaciones se observan hallazgos distintos. Primero, ante la cara neutra materna comparada con el reposo se observa la activación de regiones aisladas en topografía y frecuencia; efecto contrario al que presentan los bebés a término con mayor potencia absoluta en derivaciones cercanas topográficamente y a la misma frecuencia. Los resultados de Grossmann et al. (2008) sugieren una especialización temprana de regiones corticales implicadas en la percepción de las señales de comunicación faciales imprescindibles para la efectiva interacción social de los años venideros. La

ausencia de la participación de estas regiones en bebés prematuros podría sustentar los hallazgos encontrados acerca de su reactividad emocional, impulsividad y toma de decisiones, prolongadas hasta la niñez, adolescencia y adultez (Johnson et al., 2009; Perricone y Morales 2011; Clark et al., 2008). Segundo, en la comparación de la cara neutra materna contra la atención se observa un agrupamiento de regiones temporoparietales en una frecuencia específica 3.91 Hz. Lo cual puede significar, que ante esta comparación se requiera un incremento en la sincronía neuronal, debido a que están oscilando a frecuencias muy similares en zonas adyacentes, efecto muy similar al encontrado en bebés a término.

Sonrisa desconocida contra reposo y atención

Cuando se compara la sonrisa desconocida contra el reposo, en bebés a término se elimina la actividad frontal que estuvo presente ante las caras neutras (desconocida y materna) pero se genera actividad parietotemporal derecha permaneciendo la sincronía en la frecuencia 4.30 Hz. Sin embargo, ante la comparación de esta misma condición pero contra la atención, la actividad posterior es la misma pero con adición de actividad frontal izquierda. En prematuros, la comparación de la sonrisa desconocida contra el reposo, es muy parecida a la comparación con la cara neutra desconocida, solamente que se añade la participación de regiones frontales centrales e izquierdas en la banda de frecuencia theta. Mientras que comparada con la atención generó respuestas aisladas en regiones frontales y temporales lateralizadas al lado derecho, también en la banda de frecuencia theta. Estudios previos con EEG y la presentación de una sonrisa desconocida han mostrado picos espectrales en derivaciones temporales y frontales en la banda de frecuencia theta (Bazhenova et al., 2007). En los presentes resultados se observó mayor potencia absoluta en ambos grupos de bebés en las derivaciones F7, F8 y T6 a 4.30 Hz ante este mismo estímulo. Se ha descrito que el aumento en la amplitud de theta en los seres humanos se asocia con un aumento en la activación emocional de estímulos con valencia tanto positiva como negativa (Panksepp et al., 1995). De hecho, la banda de frecuencia theta está presente en este estudio desde la presentación de las caras sin valencia emocional, lo que nos permite interpretar que nuestros participantes no sólo están percibiendo una cara sino que muy probablemente la están interpretando como un estímulo emocional.

Adicionalmente, estudios con animales han puesto de manifiesto que la actividad theta está relacionada con la atención, movimientos voluntarios, la excitación, la exploración y la orientación (Vinogradova, 1995).

Con los hallazgos derivados de este trabajo pudimos conocer que los bebés de 7 y 8 meses de edad, a término y prematuros, utilizan regiones frontales y temporales específicamente en la banda de frecuencia theta, ante la presentación de caras: neutras, sonrientes, conocidas y desconocidas.

Sonrisa materna contra reposo y atención

Por último, en los bebés a término ante la comparación de la sonrisa materna contra el reposo ocurre un efecto que no había sucedido ante las otras caras, existe una sincronía bilateral, frontal y temporal, en la frecuencia theta. De igual modo, cuando se compara con la atención, existe una sincronía en frecuencia (4.30 Hz) y topografía en zonas occipitales, temporales y frontal izquierdo. Sin embargo, en los bebés prematuros la actividad es igual que en la sonrisa desconocida pero sin las derivaciones frontales esto comparado con el reposo; mientras que con la condición de atención se ve un efecto más aislado, frontal y temporal, en el lado derecho. El hecho de que el grupo de bebés a término presentara mayor potencia absoluta en derivaciones frontales bilaterales a frecuencias altas, concuerdan con los hallazgos de Minagawa-Kawai et al. (2009), quienes encontraron mayor consumo de oxihemoglobina ante la percepción de la sonrisa materna en bebés de 11 meses de edad en la corteza orbitofrontal. Esta región ha sido asociada al vínculo madre hijo (en humanos y en primates), al circuito de la recompensa y según estudios de neuroimagen también se encarga de percibir el afecto positivo, además se le ha atribuido una participación fundamental en “la red del cerebro social” (Frith 2007). Lo que permite concluir que en los bebés a término de ocho meses de edad, estos procesos cognitivos tan complejas podrían ya estar manifiestos.

Estos resultados no son así de contundentes en los bebés prematuros, en donde la mayor potencia absoluta se encuentra en regiones aisladas. Esto lo podemos explicar con la hipótesis de la falta de empatía propuesta por Msall (2010) en donde encuentra que los niños nacidos extremadamente prematuros (≤ 28 semanas de gestación) y muy prematuros (de 28 a 31 semanas de gestación) son vulnerables a desarrollar autismo comparados con los niños nacidos a término. La

principal deficiencia en los niños autistas, es la empatía, altamente vinculada con la capacidad de leer las expresiones faciales, la alta incidencia de autismo en bebés prematuros, sugiere que estos hallazgos electrofisiológicos están posiblemente sustentando la relación entre el autismo y la prematuridad. También, aunque aventurándonos un poco, podría indicar que a esa edad, los bebés prematuros, aún son incapaces de identificar a la cara como un estímulo emocional, o bien, que es menos emocional en comparación como lo percibe un bebé a término. Este hallazgo es sumamente importante porque da evidencia fisiológica de la falta de maduración del cerebro del bebé prematuro ante procesos emocionales y quizá también de socialización. Esta hipótesis concuerda con los reportes de bebés prematuros con manifestaciones de deficiencias en la regulación de las emociones y los impulsos, que frecuentemente presentan problemas de comportamiento y de ajuste en las relaciones sociales con su grupo de pares, y que en la adolescencia y en la adultez manifiestan conductas de riesgo y de búsqueda de la novedad (Johnson et al., 2009; Perricone y Morales 2011; Clark et al., 2008). Así mismo, esta hipótesis es respaldada con estudios conductuales que reportan que los bebés prematuros prestan menos atención y presentan más afecto negativo durante la interacción social (Hui-Chin y Suh-Fang, 2008; Eckerman et al., 1999; Garner y Landry, 1992; van Beek et al., 1994). En conjunto, estos hallazgos sugieren que los bebés prematuros tienen una percepción diferente de los estímulos emocionales en comparación con un bebé nacido a término.

Existe una clara diferencia entre el comportamiento electrofisiológico de los bebés prematuros y nacidos a término ante ambos tipos de sonrisas. Con lo anterior se puede interpretar que existe mayor sincronía (a nivel de derivaciones y frecuencias) ante la percepción de un estímulo emocional positivo y más sí es conocido, solo en bebés nacidos a término.

Interacciones

En el grupo de bebés prematuros en comparación con el grupo de bebés a término, se encontró que existe mayor potencia absoluta en la condición de atención en comparación con ambas sonrisas, desconocida y materna, en la derivación frontal izquierda. Esta primera interacción se podría explicar por dos razones ya descritas en la discusión. La primera, es que en el grupo de bebés prematuros la

percepción de estímulos emocionales genera mayores demandas atencionales, reflejadas, como encontró antes García-Gomar et al. (2013) en una diferencia de potencia absoluta en regiones frontales indispensables para el ejercicio de esta función cognitiva. Y la segunda es que, estas diferencias solo se observan ante los estímulos emocionales (las sonrisas) lo que concuerda con lo descrito anteriormente acerca de que los bebés prematuros tienen problemas en el manejo de situaciones emocionales (Eckerman et al, 1999; Garner y Landry, 1992; van Beek et al., 1994). Por ejemplo, Hui-Chin y Suh-Fang (2008) compararon la conducta de bebés nacidos a término y bebés nacidos prematuros a los dos meses de edad en el paradigma "still-face", ellos encontraron que los bebés prematuros muestran más afecto negativo ante una situación emocional y socialmente estresante en el vínculo con su madre mientras que los bebés a término no presentan este tipo de conducta. Los autores sugieren que los datos son consistentes con investigaciones previas que muestran que los bebés prematuros presentan mayor sensibilidad a la angustia y presentan menos capacidad para regular el sufrimiento una vez que lo hayan empezado a sentir (Feldman, 2006). La capacidad de regulación emocional es soportada en gran medida por los lóbulos frontales, lo que concuerda topológicamente con los presentes resultados.

Las siguientes interacciones se encontraron a favor del grupo de bebés a término, mayor potencia absoluta en la región frontal central en 6.64 Hz ante la cara neutra de un extraño en comparación con la atención. Esto concuerda con lo reportado en la literatura de que las regiones frontales participan en la percepción de rostros sin y con valencia emocional y, en bebés de 6 a 9 meses de edad en la banda de frecuencias theta (Bazhenova et al., 2007).

En esa misma derivación, se encontró que los bebés nacidos a término tienen mayor potencia absoluta en frecuencias desde nueve hasta 13 Hz a favor de la cara neutra materna en comparación con la sonrisa materna. Es interesante que la cara neutra materna genere mayor actividad frontal que la sonrisa materna. Esto podría deberse a que los niños están más habituados a mirar la cara de su madre sonriente que con expresión neutra y por ello, la mayor respuesta ocurra ante el estímulo novedoso. Otra posible explicación es que, las regiones frontales están implicadas en procesos de emoción, atención y toma de decisiones podría ser que ante esta comparación, los niños nacidos a término estén procesando la diferencia entre los estímulos, mientras que los niños prematuros no son capaces de hacerlo.

Y finalmente, se encontró que los bebés nacidos a término tienen mayor potencia absoluta en la región parietal derecha mientras observan la sonrisa materna en comparación con la cara neutra materna en las frecuencias de 8.20, 10.16 y 10.94 Hz. De primera instancia llama la atención que en esa región cerebral se hayan encontrado interacciones puesto que en esencia las regiones parietales no están involucradas con las emociones. Sin embargo, Estos resultados concuerdan con los hallazgos encontrados por Grossmann et al. (2006), quienes encontraron que bebés de seis meses de edad tienen activación eléctrica cortical de regiones frontales ante la percepción de la cara sonriente de un desconocido en comparación con una cara enojada. Si bien, los estímulos son distintos la explicación que dan estos autores al respecto es valiosa. Ellos argumentan, que a estas edades los niños no tienen contacto con emociones negativas, por lo que serán más responsivos a las caras felices. los presentes resultados coinciden con los obtenidos por Mash et al. (2013) quienes encontraron que bebés de tres meses de edad presentan mayor desincronización beta en regiones parietales ante la cara de la madre neutra en comparación con la cara de una desconocida. Lamentablemente ninguno de estos autores da una explicación de por qué los resultados se encuentran en esa región. Sin embargo, es bien sabido que el lóbulo parietal es un dominio de representación común para los eventos percibidos y las acciones planificadas (Chong et al., 2008). Bajo esta premisa existen varias investigaciones con adultos que lo muestran, por ejemplo, Sarkheil et al. (2012) evaluaron la percepción de caras mostrando enojo y felicidad de manera dinámica, es decir, que poco a poco se va generando la emoción en los rasgos de la persona y encontraron a través de fMRI que ante ambas emociones el lóbulo parietal inferior está involucrado. Los autores argumentan que, para que ocurra el reconocimiento de las emociones de otra persona es necesaria la simulación emocional, simulación que se genera como una acción planificada, aunque quizá no ocurra motrizmente. Estos argumentos coinciden con un estudio realizado por Adolphs et al. (2000) quienes encontraron que pacientes con lesiones en el lóbulo parietal derecho tuvieron dificultades para el reconocimiento de las emociones faciales. Los autores argumentan que el reconocimiento del estado emocional de un individuo ocurre mediante la generación de representaciones internas somatosensoriales, que simulan cómo la otra persona se sentiría al mostrar una cierta expresión facial. Lo que coincide con el hecho de que la corteza somatosensorial derecha participa críticamente junto con estructuras

como la amígdala, el giro temporal superior y la corteza visual derecha en la recuperación de la información socialmente relevante de rostros (Adolphs et al., 1996).

Desde hace ya varios años se ha propuesto y mostrado que las oscilaciones en el electroencefalograma, que indican la actividad periódica de grandes poblaciones neuronales sincronizadas, están involucradas en una gran variedad de procesos cognitivos, por ejemplo, la integración sensorial, la representación del objeto, la atención selectiva, la discriminación, la memoria de codificación y de recuperación y la comprensión del lenguaje (Mesulam, 1990; Avcilla-Ramírez et al., 2011). Los presentes resultados concuerdan con los reportes en la literatura sobre la respuesta electrofisiológica ante la percepción de caras, además aportan información novedosa acerca del procesamiento cerebral que realiza un bebé prematuro ante este tipo de estímulos.

10. CONCLUSIONES

- A. Los niños nacidos a término y los niños prematuros no presentan diferencias conductuales ante los estímulos emocionales. En ambos grupos de niños predomina el afecto neutro y la conducta motora leve.
- B. En el estado de reposo, el grupo de niños nacidos a términos se comporta como lo esperado según las normas electrofisiológicas. Sin embargo, los niños prematuros presentan actividad anormal alfa en regiones frontales. Este tipo de anomalía electrofisiológica está presente en distintas patologías, por ejemplo en niños con TDAH.
- C. Los niños prematuros tienen mayor potencia absoluta en la región frontopolar izquierda en la condición de atención en comparación con ambos tipos de sonrisas, lo que nos sugiere que requieren mayores demandas atencionales ante los estímulos emocionales en comparación con los bebés a término.
- D. Ambos grupos de niños mostraron mayor potencia absoluta en derivaciones temporales y frontales, específicamente en la banda de frecuencia theta (3.91, 4.30, 4.69, 5.08, 5.86 Hz) ante la cara neutra desconocida en comparación con la condición de reposo y de atención, lo que nos permite postular que los estímulos fueron percibidos como caras.
- E. Ante la percepción de la cara neutra materna, los niños a término continuaron con el patrón de activación frontotemporal con una sincronía neuronal en 4.30 Hz en comparación con el reposo. Sin embargo, los niños prematuros presentan actividad cortical en dos derivaciones aisladas en topografía y frecuencia, sugiriendo una respuesta disminuida ante los estímulos emocionales.
- F. En el grupo de niños nacidos a término, ante ambos tipos de sonrisas, la actividad cerebral es bilateral en regiones frontales, parietales, temporales y occipitales en la frecuencia de 4.30 Hz en comparación con el reposo y la atención. Mientras que en los niños prematuros la actividad ante estos mismos estímulos es unilateral y en menos regiones cerebrales. Sugiriendo una respuesta disminuida ante los estímulos emocionales.

11. PERSPECTIVAS Y LIMITACIONES

La principal limitación del presente trabajo fue el tamaño de la muestra. Únicamente participaron diez niños en cada grupo, es un número muy limitado para dar resultados concluyentes. Además, la muestra de niños prematuros fue muy heterogénea en cuanto a los factores de riesgo para daño cerebral perinatal, sin embargo así es la naturaleza de esa población, por lo que es muy difícil controlarlos. Se propone que en futuras investigaciones las muestras sean más grandes para poder realizar diferentes subgrupos según los factores de riesgo presentados y así conocer de manera más certera las secuelas emocionales del daño cerebral perinatal. Incluso podrían segregarse los grupos con base en medidas de resonancia magnética, por ejemplo, el coeficiente de difusión aparente, y así aunque la muestra siga teniendo múltiples factores de riesgo podrá agruparse por sus características imagenológicas.

Otra limitación fue que los estímulos se presentaron en blanco y negro, esto generó que los niños se desinteresaran en ellos a lo largo de la tarea experimental. En futuras investigaciones, podrían utilizarse imágenes a color para que sean más llamativas para los niños e incluso utilizar videos en lugar de fotos. En la presente tesis no se utilizaron fotografías a color porque generan mayor variabilidad experimental, es complicado controlar los colores de la piel, ojos, cabello y ropa de las personas, lo que podría generar que los niños les presten más atención por resultarles más llamativos y no por ser caras conocidas o emotivas.

Finalmente, se propone que se realice un programa psicológico que se encargue de monitorear el comportamiento social/emocional de los niños prematuros a edades tempranas, según los presentes resultados, a partir de los ocho meses de edad corregida, a fin de prevenir en lo posible las alteraciones emocionales ya descritas en la literatura a edades escolares y así facilitar la inserción social de estos niños en sus vidas adultas.

12. REFERENCIAS

- Abel EL y Kruger ML. 2010. Smile intensity in photographs predicts longevity. *Psychol Sci.* 21, 542-544.
- Adolphs R, Damasio H, Tranel D y Damasio AR. 1996. Cortical systems for the recognition of emotion in facial expressions. *J Neurosci.* 16, 7678–7687.
- Adolphs R, Damasio H, Tranel D, Cooper G y Damasio AR. 2000. A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping. *J Neurosci.* 1, 20-27.
- Anders S, Lotze M, Erb M, Grodd W y Birbaumer N. 2004. Brain activity underlying emotional valence and arousal. A response-related fMRI study. *Hum Brain Mapp.* 23, 200-209.
- Avecilla-Ramírez GN, Ruiz-Correa S, Marroquin JL, Harmony T, Alba A y Mendoza-Montoya O. 2011. Electrophysiological auditory responses and language development in infants with periventricular leukomalacia. *Brain Lang.* 3,175-183.
- Balconi M y Pozzoli U. 2003. Face-selective processing and the effect of pleasant and unpleasant emotional expressions on ERP correlates. *Int J Psychophysiol.* 49, 67-74.
- Bard P. 1928. A diencephalic mechanism for the expression of rage with special reference to the central nervous system. *Am J Psychol.* 84, 490–513.
- Bazhenova OV, Stroganova TA, Doussard-Roosevelt JA, Posikera IA y Porges SW. 2007. Physiological responses of 5-month-old infants to smiling and blank faces. *Int J Psychophysiol.* 63, 64-76.
- Blumenthal I. 2004. Periventricular leukomalacia, a review. *Eur J Pediat.* 163, 435–442.
- Bradley MM y Lang PJ. 1995. Measuring emotion, the self assessment manikin and the semantic differential. *J Behav Ther Expe Psychiatry.* 25, 49-59.
- Bradley MM y Lang PJ. 2000. "Measuring emotion, behavior feeling and physiology". En: Lane R y Nadel L. *Cognitive Neuroscience of Emotion.* New York, Oxford University Press. pp. 242-273.
- Bushnell IWR. 1991. Mother's face recognition in newborn infants, learning and memory. *Infant and Child Dev.* 10, 67-74.
- Cannon WB. 1927. The James–Lange theory of emotions, a critical examination and an alternative theory. *Am J Psychol.* 39, 106–124.
- Campanella S, Quinet P, Bruyer R, Crommelinck M y Guerit JM. 2002. Categorical perception of happiness and fear facial expressions, an ERP study. *J Cogn Neurosci.* 14, 210-227.
- Carlsson J, Lagercrantz H, Olson L, Printz G y Bartocci M. 2008. Activation of the right fronto-temporal cortex during maternal facial recognition in young infants. *Acta Paediatr.* 97, 1221–1225.

Chakabarti B, Kent L, Suckling J, Bullmore E y Baron-Cohen S. 2006. Variations in the human cannabinoid receptor (CNR1) gene modulate striatal responses to happy faces. *Eur J Neurosci.* 23, 1944- 1948.

Chiappa KM . 1997. Principles of evoked potentials and Pattern-shift visual evoked potentials, Methodology. En: Chiappa KM. *Clinical Medicine*. Philadelphia, Lippincott-Raven Publishers. pp. 1-30.

Chong TT, Cunnington R, Williams MA, Kanwisher N y Mattingley JB. 2008. fMRI adaptation reveals mirror neurons in human inferior parietal cortex. *Curr Biol* 18, 1576-1580.

Clark CAC, Woodward LJ, Horwood LJ y Moor S. 2008. Development of emotional and behavioral regulation in children born extremely preterm and very preterm, *Biological and Social Influences*. *Child Dev.* 79, 1444-1462.

Codispoti M, Ferrari V y Bradley MM. 2007. Repetition and event-related potentials, distinguishing early and late processes in affective picture perception. *J Cogn Neurosci.* 19, 577–586.

Counsell SJ, Rutherford MA, Cowan FM y Edwards DA. 2003. Magnetic resonance imaging of preterm brain injury. *Arch. Dis. Child Fetal Neonatal.* 88, 269-274.

Darwin C. 1872. *The expression of the emotions in man and animals*. Chicago University Press. Chicago, 1872-1965.

Dalgleish T. 2004. The emotional brain. *Nat Rev Neurosci.* 5, 582-589.

Damasio A. 2001 . Fundamental feelings. *Nature.* 413,781.

Danner DD, Snowdon DA y Friesen WV. 2001. Positive emotions in early life and longevity, findings from the nun study. *J Pers Soc Psychol.* 80, 804–813.

de Haan M y Nelson CA. 1997. Recognition of the Mother's face by six-month-old infants, a neurobehavioral study. *Child Dev.* 68,187-210.

Deruelle C y de Schonen S. 1991. Hemispheric asymmetries in visual pattern processing in infancy. *Brain Cogn.* 16, 151–179.

Eckerman O, Hsu H, Molitor A, Leung EHL y Goldstein RF. 1999. Infant arousal in an en-face exchange with a new partner: Effects of prematurity and perinatal biological risk. *Dev Psychol,* 35, 282–293.

Ekman P. 1992. Facial expressions of emotion - an old controversy and new findings. *Philos Trans R Soc Lond B-Biol Sci.* 335, 63–69.

Ekman P y Davidson RJ. 1993. Voluntary smiling changes regional brain activity. *Psychol Sci.* 4, 342-345.

Ekman P, Davidson RJ y Friesen WV. 1990. The Duchenne smile, emotional expression and brain physiology II. *J Pers Soc Psychol.* 58, 342–353.

Ekman P y Friesen WV. 1976. Measuring facial movements. *Env Psychol NVerbal Behav.* 1, 56-75.

Ekman P, Friesen WV y Ancoli S. 1980. Facial signs of emotional experience. *J Pers Soc Psychol.* 39, 1125–1134.

Ekman P, Sorenson ER y Friesen W. 1969. Pan-cultural elements in facial displays of emotion. *Science.* 164, 86-88.

Feldman R. 2006. From biological rhythms to social rhythms: Physiological precursors of mother–infant synchrony. *Dev Psychol.* 42, 175–188.

Fernandez T, Harmony T, Silva J, Galan L, Diaz-Comas L, Bosch J, Rodriguez M, Fernandez-Bouzas A, Yanez G, Otero G y Marosi E. 1998. Relationship of specific EEG frequencies at specific brain areas with performance. *NeuroReport.* 9. 3681-3687.

Frank MG, Ekman P y Friesen WV. 1993. Behavioral markers and recognizability of the smile of enjoyment. *J Pers Soc Psychol.* 64, 83–93.

Frith CD. 2007. The social brain? *Phil. Trans. R. Soc. B* 362, 671–678.

García-Gomar ML, Santiago-Rodríguez E, Rodríguez-Camacho M y Harmony T. 2013. Visuospatial Working Memory in Toddlers with a History of Periventricular Leukomalacia: An EEG Narrow-Band Power Analysis. *Plos one.* 8, 1-11.

Garner PW y Landry SH. 1992. Preterm infants' affective responses in independent versus toy-centered play with their mothers. *Infant Ment Health J.* 3, 219–230.

Gosselin P, Perron M, Legault M y Campanella P. 2003. Children's and adults' knowledge of the distinction between enjoyment and nonenjoyment smiles. *J NVerbal Behav.* 26, 83–108.

Gosselin P, Perron M y Maassarani R. 2010. Children's ability to distinguish between enjoyment and non-enjoyment smiles. *Infant and Child Dev.* 19, 297–312.

Grossmann T, Striano T y Friederici AD. 2006. Developmental changes in infants' processing of happy and angry facial expressions: a neurobehavioral study. *Brain Cogn.* 64, 30-41.

Grossmann T, Johnson MH, Lloyd-Fox S, Blasi A, Deligianni F, Elwell C y Csibra G. 2008. Early cortical specialization for face-to-face communication in human infants. *Proc Biol Sci.* 275, 2803–2811.

Harker L y Keltner D. 2001. Expressions of positive emotion in women's college yearbook pictures and their relationship to personality and life outcomes across adulthood. *J Pers Soc Psychol.* 80, 112–124.

Haxby JV, Hoffman EA y Gobbini MI. 2002. Human neural systems for face recognition and social communication. *Biol Psychiatry.* 51, 59–67.

Haxby JV, Hoffman EA y Gobbini MI. 2000. The distributed human neural system for face perception. *Trends Cogn Sci.* 4, 223–233.

Herrmann E, Call J, Lloreda M, Hare B y Tomasello M. 2007. Humans have evolved specialized skills of social cognition: the cultural intelligence hypothesis. *Science* 317, 1360–1366.

Hernández-Cabrera MA, Flores-Santos R, García-Quintanilla JF, Hernández-Herrera RJ, Alcalá-Galván LG y Castillo-Martínez NE. 2007. Prevalencia de leucomalacia periventricular en neonatos prematuros. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 47, 147-150.

Hoehl S y Striano T. 2010. Infants' neural processing of positive emotion and eye gaze. *Soc Neurosci.* 51, 30-39.

Hui-Chin H y Suh-Fang J. 2008. Two-month-olds' attention and affective response to maternal still face: A comparison between term and preterm infants in Taiwan. *Inf Beh & Dev* 31:194–206.

Izard CE. 1994. Innate and universal facial expressions, evidence from developmental and cross-cultural search. *Psychol Bull.* 115, 288-299.

Johnson S, Fawke J, Hennessy E, Rowell V, Thomas S, Wolke D y Marlow N. 2009. Neurodevelopmental disability through 11 years of age in children born before 26 weeks of gestation. *Pediatrics.* 124, 249-257.

Kanwisher N, McDermott J y Chun MM. 1997. The fusiform face area, a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *J Neurosci.* 17, 4302–4311.

Khwaja O y Volpe JJ. 2008. Pathogenesis of cerebral white matter injury of prematurity. *Arch Dis Child Fetal Neonatal.* 93, 153-161.

Klimesch W, Sauseng P y Hanslmayr S. 2007. EEG alpha oscillations: the inhibition-timing hypothesis. *Brain Res. Rev.* 53, 63–88.

Kouider S, Stahlhut C, Gelskov SV, Barbosa LS, Dutat M, de Gardelle V, Christophe A, Dehaene S y Dehaene-Lambertz G. 2013. A neural marker of perceptual consciousness in infants. *Science*, 340: 376-380.

LeDoux JE. 2000. Emotion circuits in the brain. *Annu Rev Neurosci.* 23, 155–184.

Leppänen JM, Moulson MC, Vogel-Farley VK y Nelson CA. 2007a. An ERP study of emotional face processing in the adult and infant brain. *Child Dev.* 78, 232–245.

Leppänen JM, Kauppinen P, Peltola MJ y Hietanen JK. 2007b. Differential electrocortical responses to increasing intensities of fearful and happy emotional expressions. *Brain Res.* 166, 103-109.

Levenson RW, Eckman P y Friesen WV. 1990. Voluntary facial action generates emotion-specific autonomic nervous system activity. *Psychophysiology.* 27, 363-384.

Litt B y Fisher RS. 1990. EEG Engineering Principles. En: Daly DD y Pedley TA Eds. *Current practice of clinical electroencephalography.* Second Edition. New York. Raven Press. pp. 1-26.

MacLean PD. 1949. Psychosomatic disease and the 'visceral brain', recent developments bearing on the Papez theory of emotion. *Psychosom Med.* 11, 338–353.

Mai X, Ge Y, Tao L, Tang H, Liu C y Luo Y. 2011. Eyes are windows to the chinese soul, evidence from the detection of real and fake smiles. *Plos One.* 6. 5., e19903.

Mesulam MM. 1990. Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language, and memory. *Ann. Neurol.* 28, 597–613.

Minagawa-Kawai Y, Matsuoka S, Dan I, Naoi N, Nakamura K y Kojima S. 2009. Prefrontal activation associated with social attachment: facial-emotion recognition in mothers and Infants. *Cereb Cortex*. 19, 284-292.

Msall ME. 2010. Central nervous system connectivity after extreme prematurity, understanding autistic spectrum disorder. *J Pediatr*. 156, 519–521.

Nagy E. 2012. From symmetry to asymmetry? The development of smile. *Cortex*. 8, 1064-1067.

Nakato E, Otsuka Y, Kanazawa S, Yamaguchi MK y Kakigi R. 2011. Distinct differences in the pattern of hemodynamic response to happy and angry facial expressions in infants. A near-infrared spectroscopic study. *NeuroImage*. 54, 1600–1606.

Nelson CA . 2001. The development and neural bases of face recognition. *Infant and Child Dev*. 10, 3-18.

Olofsson JK, Nordin S, Sequeira H y Polich J. 2008. Affective picture processing, an integrative review of ERP findings. *Biol Psychol*. 77, 247–265.

Orekhova EV, Stroganova TA y Posikera. 2001. Alpha activity as an index of cortical inhibition during sustained internally controlled attention in infants. *Clin Neurophysiol*. 112, 740-749.

Otero GA, Harmony T, Pliego-Rivero FB, Ricardo-Garcell J, Bosch-Bayard J, Porcayo-Mercado R, Fernández-Bouzas A, Díaz-Comas L, Galán L, Vieyra-Reyes P y Fernández T. 2011. QEEG norms for the first year of life. *Early Hum Dev*. 87: 691–703.

Panksepp J, Knutson B y Bird L. 1995. On the brain and personality substrates of psychopathy. *Behav Brain Sci*. 8, 568–600.

Papez JW. 1937. A proposed mechanism of emotion. *Arch Neurol Psych*. 38, 725–743.

Pascalis O y de Schonen S. 1994. Recognition memory in 3- to 4-day-old human neonates. *NeuroReport*. 8, 1721-1724.

Pascalis O, de Schonen S, Morton J, Deruelle C y Fabre-Grenet M. 1995. Mother's face recognition by neonates. A replication and extension. *Inf Behav Dev*. 18, 75-85.

Pelphrey KA, Viola RJ y McCarthy G. 2004. When strangers pass, processing of mutual and averted gaze in the superior temporal sulcus. *Psychol Sci*. 15, 598–603.

Perricone G y Morales MR. 2011. The temperament of preterm infant in preschool age. *Ital JPediatr*. 37, 4.

Sarkheil P, Goebel R, Schneider F y Mathiak K. 2013. Emotion unfolded by motion: a role for parietal lobe in decoding dynamic facial expressions. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 8, 950-957.

Schupp HT, Cuthbert BN, Bradley MM, Cacioppo JT, Ito T y Lang PJ. 2000. Affective picture processing, The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*. 37, 257-261.

Speckmann EJ y Elger CE. 2005. Introduction to the neurophysiological basis of the EEG and DC potential. En: Niedermeyer E y da Silva FL (Eds.), *Electroencephalography*:

basic principles, clinical applications, and related fields. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. pp. 17-30.

Striano T, Brennan PA y Vanman E. 2002. Maternal depressive symptoms and 6-month-old infants' sensitivity to facial expressions. *Infancy*. 3, 115-126.

Stroganova TA, Orekhova EV y Posikera IN. 1999. EEG alpha rhythm in infants. *Clin Neurophysiol*. 110, 997-1012.

Tettamanti M, Rognoni E, Cafiero R, Costa T, Galati D y Perani D. 2012. Distinct pathways of neural coupling for different basic emotions. *NeuroImage*. 59, 1804-1817.

Thibault P, Gosselin P, Brunel ML y Hess U. 2009. Children's and adolescent's perception of the authenticity of smiles. *J Exp Child Psychol*. 102, 360-367.

Thomas KM, Drevets WC, Whalen PJ, Eccard RE, Ronald ED, Neal DR y Casey BJ. 2000. Amygdala response to facial expressions in children and adults. *Biol Psychiatry*. 49, 309-316.

van Beek Y, Hopkins B y Hoeksma JB. 1994. Development of communicative behaviors in preterm infants: The effects of birth weight status and gestational age. *Infant Behav Dev*. 17, 107-117.

Vinogradova OS. 1995. Expression, control, and probable functional significance of the neuronal theta-rhythm. *Prog Neurobiol*. 45, 523-583.

Volpe JJ. 2001. Neurobiology of periventricular leukomalacia in the premature Infant. *Pediatr Res*. 50, 553-562.

Volpe JJ. 2009. Brain injury in premature infants, a complex amalgam of destructive and developmental disturbances. *Lancet Neurol*. 8, 110-124.

Volpe JJ, Kinney HC, Jensen FE y Rosenberg PA. 2011. Reprint of "The developing oligodendrocyte, key cellular target in brain injury in the premature infant". *Int J Dev Neurosci*. 29, 565-582.

Woodward LJ, Anderson PJ, Austin NC, Howard K y Inder TE. 2006. Neonatal MRI to predict neurodevelopmental outcomes in preterm infants. *N Engl J Med*. 355, 685-694.

Yuki M, Maddux WW y Masuda T. 2007. Are the windows to the soul the same in the East and West? Cultural differences in using the eyes and mouth as cues to recognize emotions in Japan and the United States. *J Exp Soc Psychol*. 43, 303-311.

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Fotografía del libro “Mecanisme de la Physionomie Humaine” 1862 de Guillaume Duchenne.....	8
Figura 2. Ejemplos de emoticonos.....	10
Figura 3. Self-Assessment Manikin.....	16
Figura 4. Componentes de la Leucomalacia Periventricular.....	25
Figura 5. Diseño del estudio.....	31
Figura 6. Carta de tiempo de la tarea experimental.....	33
Figura 7. Conducta mirada.....	37
Figura 8. Conducta afecto.....	39
Figura 9. Conducta motora.....	40
Figura 10. Análisis del espectro de frecuencias del ANOVA global del Factor 1.....	41
Figura 11. Análisis del espectro de frecuencias del ANOVA global del Factor 2.....	42
Figura 12. Análisis post-hoc del factor uno, grupo.....	44
Figura 13. Comparaciones post-hoc del segundo factor, condiciones vs. reposo	46
Figura 14. Comparaciones post-hoc del segundo factor, condiciones vs. atención.....	47
Figura 15. Interacciones del ANOVA global.....	51
Tabla 1. Características de la muestra.....	36
Tabla 2. Interacciones significativas en el ANOVA global.....	50

APÉNDICE I



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Santiago de Querétaro a _____ de _____ del 20__.

Yo _____ madre, padre o tutor del niño/a _____ acepto nuestra participación en el proyecto de investigación titulado *“Análisis de la percepción de la sonrisa materna en niños sanos a término y prematuros”* que se realizará en la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo “Dr. Augusto Fernández Guardiola” del Instituto de Neurobiología de la UNAM, campus Juriquilla. Declaro que he recibido información detallada acerca de lo que se trata el estudio y que todas mis dudas han sido contestadas en términos que he podido entender. He comprendido que no existen riesgos ni molestias posteriores al procedimiento de registro electroencefalográfico y que los resultados derivados de mi participación serán estrictamente confidenciales y usados únicamente con fines de investigación. Expreso que estoy consciente de que la participación en este estudio es voluntaria y gratuita, y que me puedo rehusar a participar o suspender la participación en el estudio en cualquier momento.

Nombre y Firma del padre/madre o tutor

Testigo

Dr. Efraín Santiago Rodríguez
Responsable del Proyecto
Investigador Titular “A”TC
Neurología y Neurofisiología Clínica

Psic. Maribel Delgado Herrera