



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

**“CARACTERIZACIÓN DEL ELECTROENCEFALOGRAMA RELACIONADA
CON EL PROCESO DE HABITUACIÓN A LA FOTOESTIMULACIÓN Y DE
ASOCIACIÓN VISO-MOTORA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS”**



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN PSICOLOGÍA

PRESENTA:

YESSICA MARTÍNEZ SERRATO

NUMERO DE CUENTA: 310276113



Director: **DR. HÉCTOR BRUST CARMONA**

Revisor: **DR. RODOLFO SOLÍS VIVANCO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX., 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Contenido

Resumen.....	6
1. Descripción del EEG.....	7
1.1 Bases neurofisiológicas del EEG.....	8
1.2 Componentes del EEG	10
1.3 Análisis espectral de frecuencias.....	11
1.4 Transformada de Fourier.....	13
1.5 El EEGc como técnica de análisis en neurociencias.....	15
1.6 El EEGc de una muestra de población joven normal.....	15
1.7 Oscilaciones; sincronización y desincronización de frecuencias en circuitos cerebrales.....	16
1.8 El EEGc ante la: fotoestimulación repetida y la asociación visual-motora en procesos de aprendizaje simple.....	16
1.9 Diferencias entre géneros en la actividad cerebral.....	18
2. Elementos cognitivos.....	19
2.1 Definición de atención.....	19
2.2 Áreas cerebrales implicadas en la atención.....	20
2.3 Definición de memoria.....	24
2.4 Áreas cerebrales implicadas en la memoria.....	27
2.5 Evaluación de procesos de atención y memoria.....	30
3. Significado funcional de oscilaciones cerebrales	30
3.1 Significancia de las oscilaciones del rango de frecuencia delta.....	30
3.2 Significancia de las oscilaciones del rango de frecuencia theta.....	31
3.3 Significancia de las oscilaciones del rango de frecuencia alfa.....	32
3.4 Significancia de las oscilaciones del rango de frecuencia beta.....	33
4. Justificación.....	33
4.1 Pregunta de investigación.....	34
5. Método.....	34
5.1 Objetivos.....	34
5.1.1 Objetivo general.....	34
5.1.2 Objetivos específicos.....	34
5.2 Definición de variables.....	35

5.3 Tipo y diseño de estudio.....	35
5.4 Hipótesis.....	35
5.5 Participantes.....	36
5.6 Criterios de inclusión.....	37
5.7 Criterios de exclusión.....	37
5.8 Instrumentos.....	37
5.9 Procedimiento.....	38
6. Análisis estadístico.....	40
7. Resultados	41
8. Discusión.....	54
9. Conclusiones y aportaciones.....	61
10. Limitaciones.....	62
11. Bibliografía.....	63
12. Anexos.....	71

Agradecimientos Institucionales

A la Universidad Nacional Autónoma de México, alma máter, por haberme asignado aquel número de cuenta que definiría mi formación académica, profesional y personal.

Al Instituto Nacional de Rehabilitación, específicamente al Laboratorio de Electroencefalografía por mostrarme el trabajo institucional y la importante labor en materia de salud y de investigación que se realiza.

Al Dr. Héctor Brust Carmona, por darme la oportunidad de colaborar en el laboratorio y poder llevar a cabo este proyecto, gracias por lo invaluable de cada uno de los conocimientos que supo transmitirme, la pasión por la investigación en el EEG que me contagió, el tiempo que dedicó desde el inicio hasta el fin de esta tesis, la paciencia que me brindó en todos los momentos, pero por sobre todo agradezco inmensamente la primera gran oportunidad de incursionarme en el mundo de la investigación. Siempre le tendré enorme gratitud.

Al Dr. Rodolfo Solís porque sus conocimientos y dominio total del tema determinaron que sus comentarios y sugerencias siempre fueran para mejorar la investigación. Gracias por las ideas aportadas y por la asesoría brindada.

Al Dr. Antonio Zainos por su apoyo incondicional y siempre oportuno, su aportación fue vital para llevar a cabo este trabajo. Gracias por ser lo que llamo un excelente profesor, que otorga no sólo conocimientos sino motivación y apoyo a sus alumnos.

A los ingenieros Oscar Yáñez y Javier Alducín por la activa y constante colaboración en la creación del programa de análisis que empleamos para llevar a cabo la presente tesis.

Agradecimientos personales

A mi madre, padre y hermana, porque siempre han sabido ser pilar y base principal, por nunca dejarme caer y siempre creer en mí. Lo bueno que he sido, soy y pueda ser, es por y para ustedes.

A toda mi familia, en especial a mi madrina Maribel y padrino Jaime, quienes me han dado mucho más de lo que he requerido, y a mis abuelos Otilia, Rodolfo, Porfiria y Sadót, su apoyo, cariño e inspiración, estarán siempre grabados en mi mente.

A Rebeca, gracias por todas las risas compartidas dentro y fuera de la cámara de Faraday, todos los registros que hicimos juntas jamás hubieran sido tan divertidos sin ti. Me diste tu ayuda y amistad sincera, lo segundo te lo agradezco aún más.

A Vania, amiga y compañera de batalla, compartimos el largo y atareado camino de hacer una tesis, nos comprendimos, apoyamos y alentamos en los momentos difíciles, persiguiendo un objetivo común.

A mis amigos de siempre, Karla, Erick y Verónica porque siempre han estado, en risas y en llantos, es un regalo compartir la vida con ustedes.

A todas las personas que pasaron por mi vida en este transcurso y me brindaron palabras de aliento cuando hice tormentas en vasos de agua, por escucharme, soportarme y aconsejarme.

A los más de 40 estudiantes de la Facultad, que me ofrecieron su tiempo y su total disposición para colaborar en este proyecto, gracias por su ayuda y por todos los buenos deseos.

RESUMEN

La conducta resulta de la interacción sincrónica de la actividad bioeléctrica de ensamblajes glioneuronales que componen los circuitos cerebrales. Sin embargo, para identificar estos circuitos es primordial describir perfiles de potencia absoluta (PA) del espectro con su topografía en condición basal (CB: ojos cerrados) y sus modificaciones en procesos de aprendizaje simple. El propósito del presente estudio es analizar simultáneamente cuatro frecuencias del EEG (δ , θ , α y β) en CB, habituación a la fotoestimulación repetida (FR) y asociación visual-motora (aso-vm) describiendo posibles diferencias entre géneros y correlacionar la PA de la CB con el desempeño en evaluaciones neuropsicológicas. Participaron un total de 40 estudiantes (20 ± 2 años) de licenciatura divididos en un grupo de mujeres (GM) y un grupo de hombres (GH). Se registró el EEG en CB y antes (pre-FR) y durante FR de 20 series de 2 s a 5 Hz (condición de habituación). Se realizó similar FR con la indicación de que al percibirla se presionara con la mano dominante un interruptor (condición aso-vm). El análisis de EEGc reveló diferencias entre géneros en el espectro de potencia: El GH mostró mayor PA de δ con respecto al GM, mientras en las demás bandas (θ , α y β) ocurrió el fenómeno contrario. En la habituación se presentó predominio de actividad sincronizadora (entendiéndose como mayor actividad inhibitoria), mientras que durante la aso-vm se observó mayor desincronización (mayor activación). Finalmente, se encontró correlación de la PA de θ en CB con el puntaje total de memoria. Estos datos debidamente identificados podrían establecerse como biomarcadores de electroencefalografía cuantitativa para el apoyo de diagnósticos neurológicos y de seguimiento de las intervenciones de neuro-rehabilitación cognitiva.

CAPÍTULO 1. Descripción del EEG

El electroencefalograma (EEG) es el registro de la actividad eléctrica cerebral mediante electrodos colocados en el cuero cabelludo y en el cual una diversidad de potenciales multifásicos de la superficie cortical puede ser detectados, por lo que es una técnica no invasiva, relativamente fácil de realizar y de bajo costo (Silva-Pereyra, 2011).

La expresión “EEG cuantitativo” (EEGc) incluye desde la simple digitalización de la información para observarla en un monitor, hasta la aplicación de complejos algoritmos, con la ventaja de proveer un análisis más objetivo de la información provista por el EEG convencional (Coburn et al., 2006). De esta forma, la electroencefalografía cuantitativa (EEGc) implica el procesamiento de la señal eléctrica del EEG convencional para cuantificar el espectro de potencia, con la contribución relativa a toda la señal de las oscilaciones separadas en diferentes rangos de frecuencia (Brust-Carmona et al., 2013; Wallace, Wanger y McDeavitt, 2001).

El primer paso para lograr la cuantificación del EEG es la digitalización de la señal que consiste en tomar muestras de voltaje de las ondas del EEG a ciertos intervalos predefinidos y equidistantes de tiempo, y asignarles sus valores numéricos. La frecuencia de este muestreo debe ser igual o doble de la frecuencia de interés más alta (frecuencia de Nyquist), de otra forma se pierde los componentes de mayor frecuencia por la frecuencia de muestreo. Con base en estas muestras, es posible reconstruir el trazo original en la computadora con bastante exactitud, obteniendo la cantidad exacta de las ondas en las diferentes bandas y su amplitud (Silva-Pereyra, 2012).

El análisis computarizado del EEG involucra numerosos factores tales como a) la morfología de las ondas, b) la integración y distribución de las frecuencias, c) el voltaje, medido como la amplitud de las señales eléctricas y con procedimientos computacionales representarlo en potencia, d) la localización de los generadores de las frecuencias, e) simetría interhemisférica (simetrías de voltaje y de frecuencia), f) reactividad a estimulaciones sensoriales e internas producidas por ejemplo por la hiperventilación voluntaria (Cantor, 1999). Este tipo de análisis de la señal de EEG permite un seguimiento de los cambios eléctricos asociados a tareas cognitivas o presentación de estímulos,

sea en voltaje o en potencia, en los diferentes rangos de frecuencia (Marosi, 2008). Además, el EEGc tiene una resolución temporal excelente que le otorga la posibilidad para una gama de mediciones tanto en estado de reposo como en respuesta a estímulos y tareas cognitivas. (Başar E, Başar-Eroğlu C, Güntekin B y Yener G, 2013).

1.1 Bases neurofisiológicas del EEG

Las señales medidas por EEGc reflejan las acciones cooperativas de un gran número de células cerebrales, no sólo de neuronas, sino también de la glía. Aún más, el flujo sanguíneo al modificar la concentración de los iones del líquido extracelular puede contribuir al campo eléctrico registrado como EEG. De esta forma el espacio extracelular refleja el comportamiento “promedio” de grandes números de ensamblajes glio-neuronales que interactúan (Buzsáki, 2006).

Las células realizan un sinnúmero de intercambios de iones y sustancias entre el interior y el exterior de la membrana citoplasmática, estableciendo una diferencia activa en la distribución de iones (carga eléctrica) entre el interior y el exterior de la célula. El interior de las células es más negativo que el exterior (Silva-Pereyra, 2011). Sin embargo, la llegada de un potencial de acción a la célula nerviosa provoca un cambio de voltaje y permite que los canales de sodio sensibles a éste, se abran y generen una corriente entrante de cargas positivas, por lo que, al menos en ese punto, el interior de las células es positivo respecto del exterior (la polaridad del registro se invierte). El cambio de voltaje también permite que canales de potasio lentos se activen con el voltaje y ocurra una salida de cationes (rectificación), por lo que el interior de las células tiende a repolarizarse. En esta repolarización transcurre un periodo refractario en el que las células no son capaces de responder a la estimulación (Silva-Pereyra, 2011).

Cuando las células excitables están en reposo, aparentemente disminuyen los flujos de corriente. Sin embargo, la neurona tiene en el soma un potencial de membrana diferente del que se registra, en el axón o en las dendritas, estableciéndose un dipolo (Woodbury, 1965). Como el potencial de acción se propaga a lo largo del axón, ocurren cambios dinámicos en los valores del potencial de membrana en las diferentes regiones de la célula (Brinley, 1980).

Entonces, se producen flujos de corriente de una parte de la neurona a otra, a través del líquido extracelular que modifican el dipolo (Silva-Pereyra, 2011).

Al estimular una neurona se puede registrar el potencial de campo extracelular, obteniendo una onda trifásica producida por la diferencia de potencial debida al cambio en la localización de los sumideros y las fuentes de salida de los iones. A la zona donde las corrientes fluyen hacia el interior de las células se le denomina sumidero o pozo (corrientes entrantes activas), mientras que a la zona donde salen se le llama fuente (corrientes salientes que cierran el circuito (Destexhe y Sejnowsky, 2003).

En el registro extracelular, las corrientes salientes se observan como deflexiones positivas y las corrientes entrantes, como deflexiones negativas. Por lo general, la medición en los registros se realiza al comparar los voltajes entre el electrodo colocado cerca de la neurona y el otro de referencia, situado a distancia. A la neurona se le puede considerar como un dipolo eléctrico, ya que durante el pico del potencial de acción en la membrana del soma se da lugar a una corriente activa (sumidero), mientras que en las dendritas se da una corriente pasiva (fuente) que cierra el circuito; ambas siendo positivas respecto del soma (Bulmore y Sporns, 2009).

Las aferentes sinápticas dan lugar a cambios en estos potenciales de membrana. En ese sentido las entradas sinápticas excitatorias que dan lugar a una corriente entrante en las dendritas (sumidero) producen en el soma corrientes salientes pasivas (fuente). Debido a que estas corrientes cambian con el tiempo y el espacio, es común obtener ondas trifásicas, que representan la propagación de potencial de acción y dendríticos (Bulmore y Sporns, 2009).

Cuando se registra cerca de los somas neuronales, se observa solamente una onda bifásica que consiste en una onda negativa seguida de otra positiva. Esto se debe a que el potencial produce una rápida despolarización de la membrana por las corrientes entrantes de sodio, así como una rápida repolarización por las corrientes salientes de potasio (Nuñez y Srinivasan, 2006). El componente negativo corresponde a la despolarización de la membrana del soma por el flujo de corriente entrante, mientras que la fase positiva corresponde a la reversión en el flujo de corriente (Nuñez y Srinivasan, 2006).

Además, se sabe que el registro de la actividad eléctrica cerebral por medio del EEG depende del arreglo perpendicular que tienen las neuronas piramidales en

la corteza cerebral. Dicho arreglo de la estructura neuronal puede ser representado eléctricamente por un gran número de dipolos colocados verticalmente (Swartz y Goldensohn, 1998). Las neuronas piramidales de la corteza muestran tal arreglo estructural porque sus axones están colocados en forma perpendicular a la superficie; es decir, son paralelas una con otra. (Swartz y Goldensohn, 1998).

Por lo tanto, se puede decir que la actividad eléctrica de la corteza cerebral que se puede registrar mediante el EEG tiene su origen en fuentes de diversa procedencia y presenta un comportamiento eminentemente oscilatorio. Se emplea el término oscilación o actividad oscilatoria para referirse a las fluctuaciones rítmicas de los potenciales de un grupo neuronal (potenciales de campo local), de una región cortical o a los patrones de descarga rítmicos en los potenciales sinápticos excitadores o inhibidores en las sinapsis de un grupo neuronal (Artieda, 2014). Esas oscilaciones difieren en frecuencia y en amplitud, según el sitio donde están colocados los electrodos de registro y el estado de vigilia del individuo, entre otros factores. En teoría, los cambios en las ondas del EEG podrían servir como un índice directo de cambios en la actividad de la corteza cerebral (Artieda, 2014).

1.2 Componentes del EEG

Frecuencia

Las principales frecuencias seleccionadas del EEG, son: delta (δ , 0.5-4 Hz), theta (θ , 4-7 Hz), alfa (α , 8-13 Hz), beta (β , 14-30 Hz) y gamma (γ , >30 Hz) (Brust-Carmona et al., 2013). La distribución y la frecuencia de cada una de las bandas depende de factores como la edad, el estado de alerta, la localización de los electrodos, el consumo de medicamentos y el género (Brötzner, Wolfgang, Klimesch, Doppelmayr, Zauner y Kerschbaum., 2014).

Amplitud

Se determina por la medición y comparación desde el punto más alto de la onda hasta el punto más bajo, y es expresada en microvoltios (μV). La amplitud general del EEG se acepta entre los 10 y los 150 μV y se ha descrito una gran variabilidad entre sujetos (Tejeiro-Martínez, 2005). Un factor que impacta en las amplitudes registradas es el tipo de montaje que se use para el registro: los

montajes monopolares siempre registran amplitudes mayores en comparación con los montajes bipolares, en función de que la actividad registrada en el electrodo se compara con una referencia cuya actividad eléctrica es teóricamente cero. Por otro lado, en los montajes bipolares los electrodos se encuentran más cercanos entre sí y la diferencia de voltaje resulta menor (Reilly, 1982). La frecuencia de la actividad eléctrica espontánea del cerebro refleja tanto las propiedades intrínsecas de las membranas de una neurona, como la organización e interconectividad de la red a la que pertenecen (Lopes da Silva, 1991). Estas redes pueden ser del tipo local, y estar formadas por neuronas de una región de la corteza cerebral, o bien estar distribuida por diferentes partes del cerebro, abarcando un gran número de neuronas. La actividad sincrónica de un gran número de neuronas produce señales eléctricas de mayor amplitud y baja frecuencia, como por ejemplo el ritmo cerebral alfa. Por el contrario, cuando las neuronas sincronizadas son menos y se encuentran en una región más localizada, se manifiestan a mayores frecuencias y con menores amplitudes, como los ritmos beta o gamma (Lopes da Silva y Pfurtscheller, 1999; Neuper y Pfurtscheller, 2001).

1.3 Análisis espectral de frecuencias

El análisis espectral del EEG se encuentra en el dominio de la frecuencia, de tal forma que la suma del cuadrado de los valores de seno y coseno de cada banda es proporcional a la cantidad de voltaje (medida en potencia) en el EEG de dicha frecuencia ($\mu\text{V}^2/\text{Hz}$) (Marosi, 2008).

Ritmo Delta

El ritmo Delta va de >0.5 hasta 4 Hz, y su mayor amplitud se encuentra en regiones fronto-laterales. Este ritmo se incrementa de manera importante durante las etapas de sueño profundo, mientras que disminuye su amplitud al despertar (Tejeiro-Martínez, 2005). Se ha observado una asociación entre su aumento y la inhibición de neuronas colinérgicas. Riekkinen et al. (1991) observaron en ratas que una lesión o de-aferentación de un grupo de neuronas colinérgicas generaban la aparición de ondas delta de alto voltaje, aunque estudios anteriores proponían que la generación de dicho ritmo estaba dada por la inhibición de las células piramidales de las capas II-III y V de la corteza

(Marosi, 2008). Algunos autores han relacionado al tálamo como un oscilador de dicha frecuencia (Steriade et al., 1990), proponiendo que la hiperpolarización de neuronas del tálamo generaría la aparición de esta actividad. Esta hipótesis se ha apoyado en casos de lesiones locales en sustancia blanca y estructuras talámicas, que se acompañan de la aparición de ritmo Delta (Deschenes, Roy y Steriade, 1982; Rapp et al., 2015). Otros autores han descrito como fuente de la actividad Delta a la parte posterior de la circunvolución del cíngulo (Área de Brodman 26-31), la corteza motora primaria (AB 4) y el giro frontal inferior (AB 44), lo cual indicaría que en cierta medida el ritmo Delta también está generado por actividad cortical (Michels et al., 2013).

Ritmo Theta

El ritmo Theta está compuesto por ondas de diversa morfología de entre 4-8 Hz, con distribución principal, en regiones temporales. Su actividad se incrementa durante el sueño de ondas lentas y tiende a disminuir al despertar (Tejeiro-Martínez, 2005). Fue descrito originalmente en el hipocampo en modelos animales, y se ha relacionado con la actividad de las células de CA1 y CA2, así como de regulación por inhibición del septum (Marosi, 2008). Del mismo modo, ha sido posible relacionar la actividad Theta con oscilaciones en la corteza parietal y el precúneo (AB 39 Y 7), la corteza pre-frontal medial (AB 9), así como la corteza pre-frontal dorsolateral (AB 46) (Michels et al., 2013).

Ritmo Alfa

Es una actividad de entre 8 a 13 Hz. Se ha relacionado con un estado de relajación y reposo y es posible observar este ritmo con mayor amplitud en derivaciones posteriores y estaría íntimamente relacionado con la actividad de la vía visual (Tálamo-geniculado) (Marosi, 2008). También se ha descrito a la corteza cerebral como un oscilador del ritmo Alfa. Lopes de Silva (1982) propuso que dicha actividad se originaba en la corteza occipital en los somas y dendritas de las capas IV y V, donde se ubicarían áreas llamadas “epicentros” y de ahí la actividad se propagaría vía conexiones cortico-corticales y cortico-subcorticales. Estudios más recientes han relacionado la actividad Alfa con osciladores en la corteza parietal (AB 39), la ínsula (AB 16), la corteza visual

(AB 17), la corteza pre frontal dorsal y medial (AB 9 y 46), así como el tálamo (Eonomoto et al., 1986; Michels et al., 2003).

Ritmo Beta

Es un ritmo entre los 13 y los 30 Hz, tiene baja amplitud (5-15 μV) y se distribuye principalmente en regiones temporo-occipitales, en condición de ojos cerrados. Se ha descrito que es reactivo a la apertura y cierre palpebral ya que incrementa su actividad en regiones frontales y disminuye en derivaciones posteriores ante la apertura de ojos (Barry, Clarke, Johnstone y Brown, 2009; Barry et al., 2007). Se ha relacionado la aparición de ritmo Beta con condiciones de alerta y otros estados de activación y se ha mencionado que depende de un sistema intacto de fibras corticales dopaminérgicas originadas en el área tegmental-ventral (Marosi, 2008).

Ritmo Gamma

Las ondas gamma, regularmente tienen una frecuencia que oscila de 25 a 100 Hz, sin embargo, se pueden considerar otros rangos de ondas gamma, por ejemplo: rápidas de 100-400 Hz y ultrarrápidas de 400-800 Hz. (Hughes, 2008). Las ondas gamma son el reflejo de una alta actividad eléctrica del cerebro que se relacionan con una activación emocional o con procesos cognitivos superiores, siendo el reflejo de un uso coordinado de diferentes regiones cerebrales (Hughes, 2008).

1.4 Transformada de Fourier

La Transformada de Fourier (TF) es el procedimiento matemático que descompone una señal en las frecuencias que le forman. Fourier determinó que era posible expresar una función como la suma de senos y cósenos de diferentes frecuencias y amplitudes hasta lograr determinar la función original (Semmlow, 2014). Para llevar a cabo el análisis de frecuencias, se selecciona un grupo de segmentos de EEG, libres de artefactos y de actividad paroxística, y en cada uno se aplica la transformada de Fourier (Artieda, 2009). Por medio de este análisis, se descompone la señal original, en este caso el EEG, en una serie de ondas sinusoidales de diferentes frecuencias, cada una de las cuales

va a tener una amplitud y una fase características de acuerdo con las peculiaridades de la señal.

A partir de esto, se calcula el espectro de potencia, que es una gráfica de la potencia en función de la frecuencia, es decir, del cuadrado de la amplitud de la sinusoide en cada frecuencia (Artieda, 2009; Figura 1).

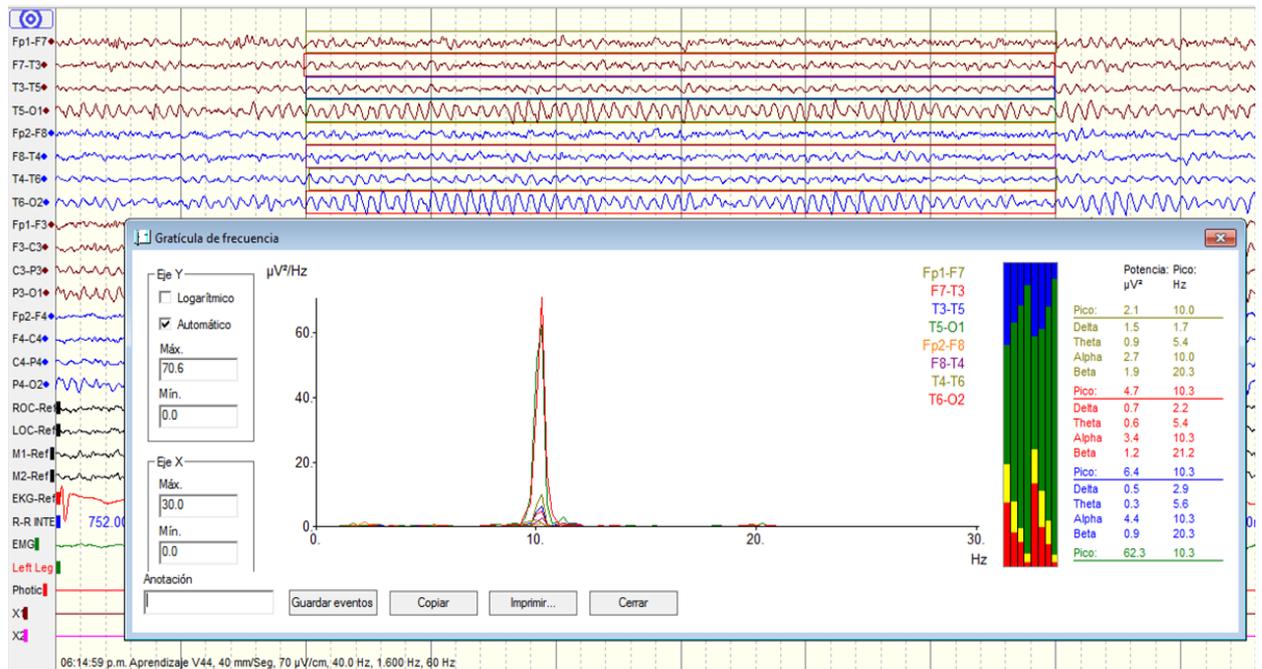


Fig.1: Espectro de potencia de EEGc de una participante; la gráfica del lado izquierdo representa en el eje de las ordenadas la PA medida en mV^2 y el eje de las ordenadas la frecuencia en Hz. Y la imagen de la derecha la potencia relativa (PR).

Sin embargo, la TF posee limitaciones severas para ofrecer información en el tiempo; es decir no indica los instantes en los que ocurren ciertos eventos importantes de la señal.

Cuando el espectro de potencia se calcula vía TF y posteriormente se promedia, se conoce entonces como periodograma (Semmlow, 2014).

El periodograma se calcula dividiendo la señal en un número determinado de segmentos temporales (bines), posiblemente traslapados, y evaluando la TF en cada uno de estos segmentos.

El traslape asociado al periodograma calculado vía método de Welch ayuda a mejorar la correlación de los datos, sus propiedades estadísticas y por ende, la confiabilidad de la estimación (Smith, 2007).

1.5 El EEGc como técnica de registro en neurociencias.

El desarrollo tecnológico ha puesto a la orden de los investigadores en neurociencias nuevas técnicas de neuroimagen como la tomografía por emisión de positrones (PET), la tomografía axial computada (TAC) y las imágenes de resonancia magnética funcional (RMf) y, además, amplió las posibilidades del registro electroencefalográfico y magnetoencefalográfico (EEG cuantitativo y MEG). Así, tenemos métodos más precisos y eficientes para el estudio de las funciones superiores mentales (Silva-Pereyra, 2011). Cada una de estas técnicas tiene ventajas y desventajas. Por ejemplo, los estudios de neuroimagen, aunque tienen una alta resolución espacial, tienen una baja resolución temporal y son de alto costo. Por el contrario, el EEG tiene excelente resolución temporal y es de bajo costo, pero ofrece una baja resolución espacial. Todos estos estudios permiten una evaluación más precisa de la actividad cerebral durante la ejecución de diferentes tipos de tareas cognitivas, y a la vez un mejor entendimiento de la organización y funcionamiento del cerebro (Silva-Pereyra, 2011).

1.6 El EEG de una muestra de población joven normal.

La actividad eléctrica, generada por el cerebro en condiciones normales, varía dependiendo de diversos factores del sujeto (edad, sexo, vigilia-sueño, estado psicoafectivo, factores metabólicos) y externos (ambientales, toma de fármacos, procedimientos de activación (hiperventilación, estimulación luminosa) (Tejeiro, 2005).

Por estos motivos, es difícil definir el EEG normal, con base en la presencia de los múltiples patrones eléctricos que pueden observarse en personas sin enfermedad. La actividad EEG estadísticamente rara o inusual, no debe ser considerada necesariamente patológica (Tejeiro, 2005).

1.7 Oscilaciones, sincronización y desincronización de ritmos cerebrales

La existencia de actividad oscilatoria cortical es un hecho bien conocido desde los primeros registros electroencefalográficos.

Las oscilaciones registradas en el EEG, electrocorticografía o potenciales de campo locales reflejan el resultado de la suma de los potenciales postsinápticos generados en la región próxima al electrodo de registro (Artieda et al., 2008).

Existe un acuerdo general en que la actividad oscilatoria constituye un mecanismo básico del funcionamiento cerebral (Buzsáki, 2009). La actividad oscilatoria aparece a diferentes niveles cerebrales, participando en procesos perceptivos, cognitivos y motores. La actividad oscilatoria y sincronización son fenómenos distintos, aunque asociados. Así, la actividad oscilatoria facilita la sincronización de la descarga de potenciales de acción de grupos neuronales o áreas corticales cercanas o distantes (Varela, Lachaux, Rodriguez y Martinerie, 2001). Se ha descrito que las oscilaciones, al transmitirse electrotónicamente, modifican la excitabilidad de las membranas neuronales, constituyendo un sistema de comunicación entre circuitos, o bien, un proceso de regulación de la excitabilidad de ensambles de neuronas (Brust et al., 2013) que se suma a los efectos de potenciales de acción de interneuronas y de neuronas a distancia.

Dichos ensambles neuronales ante un estímulo (evento), de acuerdo con el grado de excitabilidad, pueden aumentar su potencial de membrana (hiperpolarización) que se manifiesta en el EEG como sincronización; o disminuirlo (despolarización), registrado como desincronización; ambos fenómenos están caracterizados por una mediana localización topográfica, comportamiento fásico y especificidad frecuencial (Pfurtscheller G., 2006).

1.8 El EEGc ante la estimulación fótica intermitente, la fotoestimulación repetida (habituaación) y la asociación visual-motora en procesos de aprendizaje simple.

Fotoestimulación repetida (FR)

Los procesos de activación son métodos empleados para inducir la aparición de actividad que no se manifiesta espontáneamente o bien incrementar la actividad patológica (Tejeiro-Martínez, 2005). En estos, la fotoestimulación implica el uso de destellos estroboscópicos situando una lámpara entre 20 a 50

cm del rostro de los participantes registrados, este método fue empleado inicialmente para apoyar el diagnóstico de epilepsia al provocar crisis paroxísticas. Actualmente, en los laboratorios de EEG, el empleo de este método es común, con frecuencias de estimulación desde 1 hasta 30 Hz de varios segundos de duración. Este tipo de procedimientos genera respuestas como el arrastre fótico (photic driving), la respuesta foto-mioclónica y la respuesta foto-paroxística (Takahashi, 1982), así como respuestas de desincronización/sincronización relacionada a eventos (Da Silva, Infantosi y Nadal, 2010; Brust Carmona et al. 2013).

Habitación

La estimulación repetida, en el mismo escenario, sin cambios importantes para la homeostasis del organismo pierde gradualmente su capacidad para activar los circuitos neuronales; es decir, aumenta la actividad de las interneuronas inhibitoras, lo que conduce a respuestas reducidas, disminuyendo la desincronización alfa y se ha denominado "habitación". Al disminuir la desincronización, también disminuyen las respuestas, como el reflejo de orientación, fenómeno confirmado por Sokolov (Brust Carmona et al., 2013). Si la estimulación continúa, la información se califica como "no significativa" y el organismo aprende a no responder, proceso que en gatos se ha descrito mediante la disminución en la magnitud de potenciales provocados visuales (Brust, 1963), y en niños por la disminución de la potencia en la frecuencia alfa (Brust et al, 2009). Todo lo cual se ha integrado dentro del proceso de aprendizaje por habitación.

Asociación Visual-Motora

Al asignar un significado a la fotoestimulación (presionar un botón), modifica los procesos que producen la desincronización y conduce a un aumento en la actividad de las interneuronas facilitadoras que activan las regiones corticales y subcorticales (principalmente circuitos extrapiramidales) involucrados en la respuesta motora. Al mismo tiempo, se produce una disminución de la actividad inhibitora de las interneuronas (Brust-Carmona H, Martínez-Serrato Y, Flores-Ávalos B, Alducín-Cstillo J, Yáñez-Suarez O., 2017).

1.9 Diferencias entre sexos en la actividad cerebral

Una gran cantidad de descubrimientos relacionados con la influencia del género en la función cerebral, está llevando rápidamente este campo a la atención de la mayoría de las áreas de las neurociencias. Es así, que, a nivel anatómico, el grupo de Allen (2003) demostró en sujetos adultos sanos que en todas las estructuras cerebrales, los volúmenes masculinos fueron mayores que los de las mujeres, pero la relación materia gris / materia blanca fue consistentemente más alta en las mujeres que en los hombres. Además, estas diferencias entre sexos también se presentan en la forma de las estructuras. Allen et al. (1991) encontraron diferencias significativas en la forma del cuerpo calloso: la evaluación subjetiva indicó que la región posterior del cuerpo calloso, el esplenio, era más bulbosa en las mujeres y más tubular en el grupo de hombres. Por otro lado, a nivel molecular, el grupo de Jazin y Cahill (2010) demostró que los efectos de modificación de vías de señalización están sustancialmente modulados por el sexo. Por su parte, las neurociencias conductuales se han interesado por estudiar el sustrato neuroanatómico del comportamiento en las diferencias relacionadas con el sexo; el grupo de Gur (2012) demostró que los hombres muestran un mejor desempeño en tareas espaciales y motoras, mientras que las mujeres destacan en tareas verbales y de memoria. Al correlacionar estos datos con estudios de PET y RMf, obtuvieron diferencias volumétricas en regiones cerebrales relacionadas con la memoria, sugiriendo sustratos neuronales para las diferencias de sexo en la cognición. Finalmente, en términos genéticos, el grupo de Bramen, (2011) encontró genes específicos y redes de genes que impulsan rasgos del desarrollo y variantes genéticas que subyacen a las diferencias relacionadas con las diferencias de sexo, sugiriendo implicaciones importantes en los enfoques de intervención clínica.

Aunque la diferencia de sexos ha sido descrita en todos los niveles mencionados, ningún estudio ha examinado las diferencias entre sexos en la actividad eléctrica cerebral en muestras de sujetos sin patología. La integración de estos datos con las evaluaciones pertinentes, permitiría crear procesos de neuro-rehabilitación cada vez más personalizados a las características de cada paciente, iniciando con la diferenciación de sexos.

CAPÍTULO 2. Elementos cognitivos

2.1 Definición de atención

La atención es un proceso indispensable para el procesamiento de la información por parte del sistema nervioso de cualquier modalidad y para la realización de cualquier actividad. Para William James (1880) la atención es la toma de posesión por la mente de forma vívida y clara de uno de muchos objetos o trenes de pensamiento entre otros. Además, es un proceso activo, no estático, que mantiene un esquema o programa en función de una serie de determinantes basados en la experiencia, tales como los motivos, el contexto y otros (Luria, 1984). Tudela (1992) menciona que es un mecanismo central de capacidad limitada cuya función primordial es controlar y orientar la actividad consciente del organismo conforme a un objetivo determinado. Asimismo, Grieve (1993) propone que la atención puede referirse a estados de alerta y despertares que hace tomar conciencia de lo que sucede alrededor. Es la capacidad para seleccionar en qué nos concentramos y dar respuestas tomando decisiones en circunstancias particulares. Por su parte, Holmes y Adams (2002) mencionan que para procesar la información que es relevante para el individuo, el cerebro filtra ésta y es capaz de organizarla de acuerdo al grado de importancia, y así poder emitir una respuesta adecuada a cada estímulo. Para Gómez, Ostrosky y Próspero (2003) la atención es una capacidad cognoscitiva multidimensional crítica para la memoria, el aprendizaje y otros aspectos cognoscitivos; actúa como una compuerta para el flujo de información que llega al cerebro además de ser la habilidad para orientarse hacia y enfocarse sobre un estímulo específico y es la capacidad para elegir los estímulos relevantes para una tarea y evitar la distracción por estímulos irrelevantes.

La atención es un proceso básico con el que inicia el procesamiento de la información; ocurre o antecede con otros procesos, como la percepción, y la memoria a corto y largo plazos, de los cuales no le es posible desprenderse en la acción misma (Téllez, 2002). Como la atención debe dirigirse hacia alguna información, implica la participación de la percepción. La información atendida y percibida es mantenida en la memoria a corto plazo. La atención implica la

selección de información relevante, y para determinar qué es lo relevante se requiere de la participación de la memoria a largo plazo. En este sentido, se considera que la atención implica siempre la participación de estos procesos íntimamente relacionados (Téllez, 2002).

Tradicionalmente, se ha considerado a la atención como un proceso que depende de la información de entrada. Ciertamente, las características de los estímulos ambientales desempeñan un papel importante; sin embargo, se debe resaltar la influencia de lo aprendido con anterioridad sobre la información hacia la cual se dirige la atención (Cohen, 1993). Así, la atención no es un proceso que se realice siempre de la misma manera. Existen diferencias dependiendo de si el material es nuevo o si se trata de algo ya conocido. Así los aspectos motivacionales y las experiencias modifican la estructura psicológica de la atención (Téllez, 2002).

Se pueden distinguir diferentes tipos de atención. *La atención focalizada* implica concentrarse en un determinado estímulo; la *atención selectiva* requiere la concentración en un estímulo o información mientras se inhiben las respuestas a otros estímulos distractores; *la atención mantenida o sostenida* consiste en la persistencia y el mantenimiento de la atención durante la ejecución de una tarea (Forns y Amador, 1995).

La atención es un pre-requisito para el funcionamiento de procesos cognitivos más complejos, ya que no es posible evaluar la percepción, la memoria o cualquier otra actividad mental sin tener en cuenta los procesos de atención (Forns y Amador, 1995).

2.2 Áreas cerebrales implicadas en la atención.

Atender a una información conlleva la participación de muchas estructuras cerebrales, ya que implica una toma de decisiones, el análisis perceptual, los movimientos de búsqueda y la activación cortical y subcortical. Por lo anterior, debe entenderse que en cada acción dirigida se emplea un sistema funcional de la atención que sirve de base para para la realización de actividades más complejas (Tellez, 2002).

Las estructuras cerebrales principales que participan en el proceso de la atención son la formación reticular, los colículos superiores, el tálamo, el

cíngulo anterior, el lóbulo parietal posterior y el lóbulo frontal, los cuales se encuentran organizados en sistemas funcionales para realizar un trabajo conjunto diferente en cada situación (Banich, 1997). Cada estructura realiza una función compleja de diferente nivel. En términos generales, la formación reticular realiza el trabajo más básico, mientras que el lóbulo frontal el más especializado (Banich, 1997).

Formación reticular

Localizada en el centro del tallo cerebral se asocia con el mantenimiento de un estado de alerta. Esta función se inserta dentro de otra más amplia, como lo es la regulación del ciclo sueño-vigilia. La formación reticular es responsable, en cierto grado, de la atención sostenida, ya que de ella depende el grado en que el cerebro se encuentre alerta y atento (Banich, 1997; Gaddes y Edgell, 1994). Esta estructura conduce hasta la corteza los impulsos que se originan en eventos cíclicos biológicos que se originan de base y la mantiene en vigilia. También regula la entrada de información sensorial que proviene del mundo exterior, primero pasando por las secciones superiores del tronco encefálico, haciendo un relevo en los núcleos del tálamo, y llegando a la corteza cerebral. El sistema reticular a través del tálamo, interactúa con áreas límbicas y corticales para producir patrones de activación en determinadas tareas o necesidades específicas, impactando así la conducta (Cohen, 1993).

Colículos Superiores

Brindan una aportación muy grande en la atención en la modalidad visual, ya que son ellos los que permiten que dicho proceso pueda moverse de una posición a otra, o bien, de un objeto a otro. Su función se asocia con el control del movimiento ocular y de llevar los estímulos externos al campo visual (Banisch, 1997).

Núcleo Pulvinar

Dentro del tálamo se encuentra una estructura llamada núcleo pulvinar, que para algunos investigadores regula la atención selectiva. Se piensa que este núcleo del tálamo filtra la información para que después pueda ser procesada por otras estructuras (Gaddes y Edgell, 1994).

Cíngulo

El giro del cíngulo de la corteza cerebral es la estructura que participa incorporando un contenido emocional a la información recibida para que de esta manera se pueda dar una respuesta adecuada (Cohen, 1993).

Lóbulo frontal

Participa en las respuestas de preparación motora, el control voluntario de los ojos y se caracteriza por realizar un trabajo más especializado de la atención (Banich, 1997). Los lóbulos frontales participan en la regulación de casi todos los procesos psicológicos, en estos lóbulos se producen oscilaciones eléctricas, las llamadas “ondas de espera”, que se intensifican cuando son mayores las probabilidades de que se presente la señal esperada y disminuyen cuando las probabilidades de que la señal se presente son menores (Casey, Giedd y Thomas, 2000). Dicha actividad electroencefalográfica desaparece cuando se anula la probabilidad para esperar que la señal aparezca. Estos patrones de activación muestran cambios en la ontogenia y se correlacionan con el desarrollo cognitivo (Casey, Giedd y Thomas, 2000). Durante un estudio se logró comprobar que los cambios en el espectro de alfa de la actividad eléctrica del cerebro, están ausentes en sujetos con lesiones frontales durante la ejecución de tareas que exigen una atención aumentada (Knigth, 1991). La región frontal participa también de otra manera. La selección atencional visual-espacial es influida por procesos de exploración, los cuales a su vez reciben influencia de los campos visuales de la región frontal. Dicha exploración contribuye directamente en la búsqueda de una información específica, posibilitando el proceso selectivo de ciertos datos provenientes de la información visual. Se han identificado las conexiones neuronales entre regiones frontales, parietales y del cíngulo que podrían participar en la atención dirigida (Gaddes y cols, 1994).

Corteza prefrontal

Interviene en la inhibición o demora de respuestas provenientes de estructuras cerebrales subcorticales, como el hipotálamo. Al presentarse un daño en los lóbulos prefrontales, algunos pacientes actúan de manera impulsiva. En estos

casos los parámetros de la atención que resultan afectados son la dirección y la estabilidad. Por otra parte, las áreas prefrontales desempeñan un papel importante en la secuencia de las respuestas. En caso de haber algún daño en dicha región, la habilidad para organizar la respuesta se encuentra deteriorada en el espacio temporal, por lo que se afecta la conducta orientada a una meta (Tellez, 2002).

Por supuesto, la interacción entre las estructuras mencionadas no es simple, ni sigue un patrón único, sino que existen variantes que adquieren forma en función de la actividad específica que se realiza. Por ejemplo, las áreas visuales de la corteza cerebral, así como los colículos superiores, están involucrados en la iniciación de movimiento que se requiere para cambiar la atención a través del espacio. La ejecución de una secuela comportamental completa (en la que tanto la atención como la respuesta motora, cambian en relación con un punto meta en el espacio) requiere una actividad integrada de poblaciones neuronales localizadas en amplias áreas dispersas en la corteza cerebral y en estructuras subcorticales, incluyendo el cerebro medio, el núcleo pulvinar y regiones parietales (Cohen, 1993).

Seleccionar una información implica resaltarla sobre otras, así como la participación de mecanismos inhibitorios. Los procesos inhibitorios parecen desempeñar un papel crítico en varios procesos como la habituación, así como en el control de la atención voluntaria. La inhibición está presente en todos los niveles del sistema nervioso, por lo que se considera un aspecto intrínseco de la conducta. En consecuencia, la atención es controlada por la interacción inhibitoria y facilitadora de influencias en los múltiples niveles del sistema nervioso (Gaddes y cols., 1994).

Lóbulo parietal

Participa en el procesamiento y el uso de los aspectos espaciales de la atención. Gracias a su función, la atención puede localizar estímulos específicos o particulares. Se cree que esta estructura es como un mapa que orienta y dirige a la atención hacia los estímulos que intenta localizar (Banich, 1997). El lóbulo parietal también se encuentra al servicio de relaciones específicas del cuerpo y el espacio en el que se mueve (Cohen, 1993).

En forma sintética, el sistema atencional es complejo y depende de una amplia red de conexiones glioneuronales que incluyen grupos neuronales de diversas estructuras, entre las cuales destaca el lóbulo frontal, participando en la dirección de la actividad y la orientación de la atención, mientras que la formación reticular es responsable en buena medida de generar la activación que la región frontal dirige. La corteza parietal aporta un esquema de coordenadas espaciales en las que se realiza la atención, y por su parte los lóbulos temporal y parietal participan en el análisis de la información del ambiente, en las modalidades correspondientes (Tellez, 2002). Las redes de circuitos neuronales existentes entre estas estructuras cerebrales, de manera coordinada, logran que ocurra el proceso de atención; por supuesto, cada red cumple una función muy específica y diferente a las otras.

2.3 Definición de memoria

En sentido amplio, la memoria se refiere a la capacidad de utilizar el pasado al servicio del presente, otorgando la facultad de retener y hacer un uso secundario de una experiencia.

La memoria es definida por Tulving (1987) como la capacidad de los organismos de adquirir, retener y utilizar conocimiento o información, de forma que la memoria participa de todo ingreso de información, sea este deliberado o completamente involuntario. Por su parte, Luria (1984) definió la memoria como la impresión (grabado), retención y reproducción de las huellas de la experiencia anterior que le permiten al hombre acumular información.

En la evocación de una experiencia deben involucrarse tres procesos: 1) dicha experiencia debe ser almacenada en la memoria (registro o codificación); 2) luego debe ser organizada de tal manera que tenga significado (almacenamiento); y, por último 3) esta experiencia ya codificada debe ser recuperada (evocación) (Mesulam, 1990). A continuación se describen estos procesos.

- Registro o codificación: Se refiere a las estrategias cognoscitivas que implican el análisis, la síntesis, la categorización y la relación con la información previa. Se propone que la forma en que se codifique la información influye en la duración de su retención (Salmon y Butters,

1987). La codificación de la memoria es el proceso que media entre la experiencia de un suceso y el almacenamiento de la misma. La codificación explica en parte por qué unos acontecimientos se recuerdan y otros no. Rugg (1998) propone que la codificación de la memoria es afectada por muchos factores, pero un evento es más probable que se recuerde si se le pone toda la atención; es decir, si la atención no es dividida ni parcial. Los otros factores pueden ser los cambios en la homeostasis del sujeto. Además, la memoria parece mejor si esa atención es dirigida al significado, más que a los atributos físicos del estímulo y mejor si se relaciona con los posibles cambios de la homeostasis corporal y psicológica.

- Almacenamiento de la información: Se refiere a la retención de la información en los diferentes sistemas de memoria. En cuanto a la temporalidad o duración de almacenamiento, se le ha descrito como memoria a corto plazo y memoria a largo plazo. En lo que se refiere a las características propias de la información almacenada, encontramos las memorias visual, auditiva, kinestésica, espacial, emocional, semántica y episódica.
- Evocación: Se refiere a los mecanismos y estrategias de recuperación de la información que se encuentra en los sistemas de almacenamiento del cerebro. Se sabe que el lóbulo frontal es importante en el proceso de la evocación y que cualquier daño en esta región afecta el procesamiento de recuperación selectiva de la información (Tellez, 2002).

Tipos de memoria

Memoria sensorial

En este almacén, una gran cantidad de variaciones del ambiente (estímulos) llegan a receptores de vías sensoriales del tálamo y de ahí pasan a la corteza primaria y a la de asociación, reteniéndose por breves instantes (décimas de segundo). Esta información resulta de los cambios sinápticos neuronales y dendríticos y refleja la memoria a corto plazo, pudiendo disminuir y

desaparecer rápidamente. En este almacén los potenciales de acción y sinápticos pueden entrar independientemente de si la persona está poniendo atención o no; esto es, el almacén sensorial es preatentivo. Algunas características que distinguen al almacén sensorial de los almacenes posteriores son su naturaleza de una modalidad específica, una capacidad relativamente grande y su naturaleza transitoria (Vega, 1986).

Memoria a corto plazo

La memoria a corto plazo se relaciona con la activación inmediata que produce la información después de su presentación. El almacén a corto plazo se distingue de la memoria sensorial en virtud de su capacidad limitada, por el descubrimiento de que la información se pierde principalmente por un proceso de desplazamiento y por una tasa más lenta de olvido (Atkinson y Shiffrin, 1968; Shiffrin, 1993; Shiffrin y Nosofsky, 1994; Shulman, 1971; Vega, 1986).

Memoria a largo plazo. La memoria a largo plazo se refiere a los cambios más duraderos que por lo general ocurren en otras estructuras corticales después de un intervalo durante el cual la atención del sujeto se ha enfocado en otras tareas. Las diferencias entre el almacén a corto y largo plazo están bien documentadas. Mientras que el almacén a corto plazo tiene una capacidad limitada, el almacén a largo plazo no tiene un límite conocido; el olvido en el almacén a corto plazo es rápido, mientras que en el almacén a largo plazo es muy lento o el material no se olvida (Baddeley, 1966; Gillund, 1984; Shiffrin y Atkinson, 1969; Vega, 1986).

Las memorias a corto y largo plazo han sido a su vez subdivididas. Así, se ha planteado que el funcionamiento de la memoria a corto plazo no depende de un sistema único. (Baddeley, 1992, 1998; Baddeley y Hitch, 1974).

Memoria de trabajo

Es un sistema activo, que representa la capacidad de mantener la información relevante para el objetivo que se quiere lograr. Se la considera fundamental para las funciones cognitivas superiores, como el razonamiento y la comprensión de la lectura (Just y Carpenter, 1992) y la matemática (Holmes y Adams, 2006; McKenzie, Bull, y Gray, 2003).

Para Baddeley y Hitch (1974), el sistema de memoria manipula simultáneamente su contenido y actualiza la información en la memoria para alcanzar las metas de las tareas. El carácter funcional de este sistema es evidente cuando se necesita mantener la información en el corto plazo.

2.4 Áreas cerebrales implicadas en la memoria

El funcionamiento normal de la memoria depende, esencialmente, de cinco grandes áreas: los lóbulos temporales, frontales, el diencéfalo, el cerebro anterior basal y los ganglios basales (Braak y Braak, 1988).

Lóbulos temporales

La primera evidencia de un papel especializado de los lóbulos temporales en la memoria se traza a principios del siglo XX, con el informe postmortem de un paciente de 60 años que había presentado grave alteración de memoria en sus últimos años de vida, hecho por Bechterew (1900). Los hallazgos neuropatológicos mostraron anomalías en el lóbulo temporal medial, incluyendo el hipocampo y la corteza temporal medial adyacente. En la segunda mitad del siglo XX, se suman muchas más evidencias que apoyan esas primeras incursiones sobre la relevancia de estructuras temporales mediales en la memoria. De entre ellas, quizás la más relevante sea el sistema límbico, región considerada relevante para la memoria, conociéndose también su participación en el control de las emociones (Scharfman, Witter y Schwarcz, 2000). Anatómicamente, las estructuras límbicas comprenden la circunvolución subcallosa, del cuerpo calloso y del hipocampo, el hipocampo, el núcleo amigdalino, los cuerpos mamilares y el núcleo talámico anterior. El álveo, la fimbria, el fórnix, el haz mamilotalámico y la estría terminal constituyen las vías de conexión de este sistema. El estado amnésico causado por lesiones límbicas se caracteriza por disociación entre una grave alteración de la memoria declarativa episódica y una relativa preservación del aprendizaje implícito de actividades motoras y asociaciones perceptivas. Así mismo alteraciones de memoria tras lesiones temporales mediales conlleva a la incapacidad de formar nuevas memorias, como en el caso de HM (Holmes y Adams, 2006).

Lóbulo frontal

Algunos investigadores sostienen que los lóbulos frontales juegan un papel indirecto en la memoria, secundario a su participación en procesos como la atención, la codificación y la resolución de problemas. Por eso, las alteraciones mnésicas asociadas a lesiones en los sistemas frontales son bastante distintas de las que ocurren tras lesión en las estructuras temporales mediales. A las diferentes regiones frontales, se les ha atribuido distintas relaciones con la memoria. Así, a la región frontal ventromedial, área extensamente interconectada con otras zonas cerebrales, que recibe proyecciones de todas las modalidades sensoriales, que es una fuente de proyecciones a estructuras de control autonómico, y que tiene extensas conexiones bidireccionales con el hipocampo y la amígdala, se le ha atribuido una clara relación entre memoria y emoción (Tranel y Damasio, 1995). Por otro lado, en los procesos de codificación, se considera que la región frontal ventrolateral se relaciona con la actualización y mantenimiento de información, mientras que la región dorsolateral se asociaría a una función de selección, manipulación y monitorización de la información y, por último, la región frontal anterior se asociaría a la selección de procesos y subjetivos en la realización de tareas. Igualmente se ha sugerido una función clave de la corteza prefrontal izquierda en el uso de procesos ejecutivos necesarios para la creación de una estructura organizativa que facilite la codificación.

Diencéfalo

Las estructuras del diencéfalo son el tálamo y el hipotálamo. De entre las estructuras diencefálicas, algunas destacadas por su influencia en el funcionamiento de la memoria son: los núcleos anteriores y dorsomediales del tálamo, los cuerpos mamilares y dos haces de fibras relacionados: el haz mamilotalámico, que conecta el complejo hipocámpico medial con los núcleos anteriores del tálamo, y la vía amigdalofugal, que conecta la amígdala con los núcleos dorsomediales (Snell, 1994; Tranel y Damasio, 1995).

Cerebro anterior basal

Esta estructura se encuentra en la unión entre el diencéfalo y los hemisferios cerebrales y consta, principalmente, de los siguientes componentes: el área

septal, la banda diagonal de Broca, núcleo acumbens, bulbo olfativo y el área preóptica. Muchas líneas de investigación destacan la participación del cerebro anterior basal en la memoria, pero, específicamente, sugieren la especial importancia de las proyecciones colinérgicas de estas estructuras.

El cerebro anterior basal parece tener un papel crítico en la asociación de los distintos componentes modales de un determinado recuerdo. Es decir, las distintas porciones de información modal que pertenecen a un mismo recuerdo son ligadas de forma coherente por la influencia de unidades neuronales del cerebro anterior basal. Así, cuando se altera el funcionamiento de esta región, se pierde la capacidad de mantener juntos, coherentemente, los distintos componentes de episodios de memoria (Tranel y Damasio, 1995).

Corteza entorrinal

Constituye un importante lugar de convergencia para las fibras aferentes que provienen de numerosos sistemas sensoriales, por ende, está en una posición ideal para crear recuerdos que aglutinen diversos aspectos de las experiencias de la memoria, incluyendo información visual, auditiva y somatosensorial (Tranel y Damasio, 1995).

La corteza entorrinal es la interfaz principal entre el hipocampo y el neocórtex. El sistema corteza entorrinal-hipocampo juega un rol importante en las memorias autobiográficas/declarativas/de episodios y en particular en las memorias espaciales, incluyendo memoria de formación, consolidación de la memoria y optimización de la memoria durante el sueño (Tranel y Damasio, 1995).

Ganglios basales

Además de su intervención en el control motor, los ganglios basales actúan en la memoria. Los ganglios basales participan en la recuperación de información episódica y semántica para la memoria explícita y labores implícitas que requieren el inicio o la modificación de programas motores centrales (Redgrave P y Coizet V, 2007).

2.5 Evaluación de procesos de atención y memoria

Para evaluar procesos atencionales y mnésicos en términos generales se puede utilizar la observación directa en un ambiente ecológico u observando la conducta en un ambiente controlado elaborando un reporte cuantitativo.

En México se han adaptado estrategias de evaluación y tratamiento de otros países, con o sin tomar en cuenta la gran influencia que tiene el nivel sociocultural sobre las funciones cognoscitivas, y como consecuencia frecuentemente se tienen diagnósticos y tratamientos erróneos. Por este motivo, se recomienda la utilización de instrumentos de evaluación en español que midan las funciones atencionales y de memoria de una forma breve, confiable y objetiva y que haya sido validada en población mexicana. El esquema de diagnóstico neuropsicológico “Neuropsi Atención y Memoria” (Ostrosky-Solís et al., 2003), utilizado en este trabajo, tiene índices confiables que permiten hacer evaluaciones de funciones atencionales y de memoria.

CAPÍTULO 3. Significado funcional de las oscilaciones cerebrales

En recientes investigaciones el EEG se ha usado para el estudio de diversas funciones cognitivas. Se ha establecido que los procesos cognitivos surgen de procesos bioeléctricos funcionalmente organizados. El desarrollo tecnológico permite obtener una cuantificación más precisa y definición de bandas de frecuencia del EEGc (Harmony, 2013).

3.1 Significancia de las oscilaciones de Delta

En términos de su función cerebral, se ha propuesto que Delta es importante en procesos de integración cortical, así como en la atención y en el lenguaje sintáctico. Harmony et al. (1996) sugirieron que la actividad Delta en regiones frontales puede indicar procesos de atención internos durante la ejecución de tareas mentales, como, por ejemplo, cálculo mental.

Recientemente se ha descrito que las respuestas de Delta están involucradas en la toma de decisiones, inhibición, el procesamiento atencional, así como en

la percepción (principalmente auditiva). Por otro lado, investigaciones de la percepción de expresiones faciales, muestran un incremento de Delta en este proceso, principalmente ante rostros familiares en el área temporal izquierda y parietal. Sugiriendo con ello, su participación en la memoria episódica (Güntekin y Başar, 2015).

3.2 Significancia de las oscilaciones de Theta

El ritmo Theta es una de las oscilaciones lentas en el estado normal de vigilia, se ha postulado que theta es una pieza importante en la memoria episódica y en las actividades del lóbulo frontal. Se considera que el ritmo Theta es el principal portador de señales al hipocampo, observable tanto en memoria episódica, codificación y evocación (Baars, 2014). También se ha propuesto que Theta habilita la codificación y la decodificación del aprendizaje hipocampal en el neocortex, especialmente en los lóbulos frontales. Mediante el EEG se puede observar a lo largo de la línea media del cuero cabelludo cuando se recuerdan memorias episódicas (Baars, 2014).

Diversos autores mencionan que la actividad Theta podría estar vinculada con el funcionamiento hipocampal y por ende con la memoria (Klimesch, 1999; Sauseng y Griesmayr, Freunberg y Klimesch, 2010).

Klimesch et al. (2001b) mencionan que la PA de Theta muestra un incremento selectivo ante la codificación y evocación de información episódica, en este caso se hipotetizó que los procesos de memoria episódica estarían sustentados en redes de retroalimentación cortico-hipocampales. El incremento de Theta se sustenta por redes hipocampo-entorrinales que facilitarían la discriminación entre material recordado del conocido (Klimesch et al., 2001b).

Se ha observado que durante tareas de memoria de trabajo con elevada carga cognitiva. La actividad Theta tiende a incrementarse en regiones frontales, principalmente en el cíngulo anterior (Gevins et al., 2011).

En conclusión, el incremento de la actividad Theta durante tareas de memoria de trabajo podría proveer un mecanismo de filtro, definiendo ventanas de tiempo óptimas para la codificación o evocación de información (Sauseng, Griesmayr, Freunberg y Klimesch, 2010).

3.3 Significancia de las oscilaciones de Alfa

La actividad Alfa ha sido posiblemente la frecuencia del EEG más estudiada y relacionada a los procesos cognitivos de toda índole (Başar, Schürmann, Başar-Eroglu y Karakaş, 1997).

Autores como Klimesch (1997; 1999) han mostrado una relación entre la actividad Alfa y el desempeño entre tareas de atención y memoria. La actividad Alfa tiende a desincronizarse (disminuir de amplitud) ante tareas cognitivas, es decir, la PA es mayor en condiciones de reposo que durante la ejecución de tareas (Klimesch, 1999). En un estudio realizado en pacientes con Alzheimer se encontró que aquellos que presentan actividad Alfa de mayor frecuencia (≥ 10 Hz) tanto en reposo como durante la realización de una tarea, tuvieron un mejor desempeño cognitivo; resulta interesante que estas diferencias pueden ser observadas desde la etapa de reposo y se intensifica durante la actividad mental (Klimesch, 1997).

La disminución de la amplitud de la actividad Alfa ha sido vinculada a recursos atencionales mientras que su frecuencia es un indicador de velocidad de procesamiento y tiempos de reacción (Klimesch 1997; 1999). Autores como Klimesch (1999) menciona la existencia de al menos dos ritmos Alfa, diferenciables por su reactividad ante demandas atencionales o de memoria semántica: el ritmo Alfa 1 (6-10 Hz) responde a demandas atencionales decrementando su amplitud, mientras que Alfa 2 (10-12 Hz) lo hace ante tareas de procesamiento de información y semántica.

Se observó que personas adultas con predominio de actividad Alfa 2 también mostraron mejor rendimiento en tareas de atención y memoria, mientras que los de bajo desempeño tuvieron principalmente actividad Alfa 1, la menor frecuencia de Alfa en este último grupo se encontró en las derivaciones frontales, basado en estos resultados se propone que aquellas personas cuya actividad se ubica dentro del rango de Alfa 1 en los lóbulos frontales tendrían una menor capacidad de dirigir recursos atencionales ante las demandas de una tarea (Klimesch, 1997).

Se ha encontrado que la actividad Alfa incrementa en la ejecución de tareas internas como cálculo mental y en aquellas en las que se emplee memoria de trabajo (Baars, 2012). Recientes teorías sugieren que alfa refleja una supresión

selectiva de áreas y actividades de tareas irrelevantes en el cerebro (Palva y Palva, 2007).

3.4 Significancia de las oscilaciones de Beta

Las oscilaciones de beta has sido asociadas principalmente con funciones somatosensoriales y motoras. Durante procesos motores, la corteza motora primaria muestra un decremento en la amplitud de beta, mientras que esta actividad se recupera cuando los movimientos se detienen. También se ha sugerido que beta juega un papel primordial durante procesos de atención o funciones cognitivas de orden superior (Sauseng y Klimesch, 2008). Recientemente se ha señalado que la actividad beta está involucrada en el contexto de inhibición de la respuesta (Huster, Gepper, Lavallee, Falkenstein, y Herrmann, 2013). También se ha descrito que la actividad beta refleja la excitación del sistema visual en aumento de la atención visual (Güntekin, Savaş, Yener y Başar, 2013).

CAPÍTULO 4. Justificación

Muchos de los procesos diagnósticos y de tratamiento utilizados en pacientes con daño cerebral adquirido ponen en evidencia grandes lagunas en el conocimiento del funcionamiento cerebral y, por consiguiente, indican la necesidad de creación de indicadores objetivos que apoyen dichos procesos. Por ende, las investigaciones que den cuenta de las conexiones neuro-funcionales y la conformación dinámica de la actividad eléctrica cerebral en condición basal, sus modificaciones en procesos de aprendizaje simple y la comparación de los espectros de potencia entre mujeres y hombres, permitirá conocer en qué y cómo se desorganiza el cerebro ante enfermedades neurológicas adquiridas y crear procesos de neuro-rehabilitación cada vez más personalizados a las características de cada paciente, iniciando con la diferenciación de sexos (Brust Carmona, et al, 2013).

Finalmente, en el campo de las neurociencias, aun cuando se ha sugerido una estrecha relación entre el rendimiento cognoscitivo y la actividad oscilatoria intrínseca, pocos estudios han asociado la participación del espectro de

potencia EEG en tareas específicas de atención y memoria en población no patológica.

4.2 Preguntas de investigación

¿Existen diferencias de la PA de la frecuencia δ , θ , α y β en la condición basal, en la habituación a la fotoestimulación repetida y en la asociación visual-motora entre un grupo de mujeres y uno de hombres sanos?

¿Los valores de PA en condición basal tienen correlación con el desempeño en tareas de atención y memoria?

CAPÍTULO 5. Método

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivos generales

* Analizar la magnitud y distribución de la PA de δ , θ , α y β en la condición basal, durante la habituación a la fotoestimulación, y durante la asociación visual-motora en regiones corticales parasagitales.

* Evaluar la posible correlación de la PA de α y θ con las puntuaciones de atención y memoria obtenidos aplicando la prueba Neuropsi Atención y Memoria (Ostrosky, 2003).

5.1.2 Objetivos específicos

1.- Caracterizar los perfiles de la PA de las cuatro frecuencias δ , θ , α y β en condiciones basales (reposo con los ojos cerrados) y sus modificaciones durante el proceso de habituación a la fotoestimulación y asociación visual-motora en jóvenes universitarios separados por género.

2.- Analizar el cambio en la actividad de cada una de las bandas de frecuencia del estado previo a la fotoestimulación, al de durante la fotoestimulación.

3.- Analizar el cambio en la actividad de cada una de las bandas de frecuencia del estado previo a la asociación visual-motora al estado de asociación visual-motora.

4.- Correlacionar los puntajes del Neuropsi: total de Atención y total de Memoria con la PA en condición basal de las bandas de frecuencia α y θ respectivamente de ambos grupos.

5.2 Definición de variables

Variables Independientes

- Condición basal (OC): Se define como la actividad eléctrica cerebral que el cerebro tiene cuando las personas están en un "estado de reposo".
- Condición de fotoestimulación repetida (FR): Implica la aplicación de destellos estroboscópicos a través de una lámpara, siendo uno de los métodos activadores más utilizados en el EEG.
- Condición de asociación visual-motora (Aso VM): Es la asignación de un significado a la fotoestimulación (presionar un botón).

Variables Dependientes

- Potencia Absoluta: Intensidad total de energía del potencial eléctrico registrado en una determinada región cortical (derivación o canal de registro para cada banda o rango de frecuencia determinada. Es el cuadrado del área bajo la curva, es decir, el espacio bajo cada onda sinusoidal del EEG. Se cuantifica la amplitud de las ondas positivas y negativas haciendo el cálculo al cuadrado y se expresa en $\mu V^2/Hz$.
- Sincronización/Desincronización: Incremento o decremento de la potencia absoluta de una frecuencia determinada.
- Puntajes de la prueba neuropsi atención y memoria: Son un índice global de la ejecución en las áreas de Atención y Memoria.

5.3 Tipo y diseño de estudio.

Es un estudio experimental, transversal, correlacional y descriptivo.

5.4 Hipótesis

H1: La diferente organización e integración de los circuitos neuronales genera diferentes perfiles de la magnitud y distribución de las cuatro bandas de

frecuencia (δ , θ , α y β) entre el grupo de mujeres (GM) y el de los hombres (GH) en la condición basal.

H01: Los grupos no difieren significativamente en la condición basal.

H2: La habituación resulta del incremento de sincronización que se manifiesta con una pendiente de desincronización/sincronización (D/S) de cada una de las frecuencias y diferente distribución cortical.

H02: No hay pendiente ascendente de desincronización/ sincronización.

H3: En la asociación visual-motora la desincronización de las frecuencias genera pendientes de D/S menores que en la habituación.

H03: No persiste la desincronización.

H4: Los puntajes totales de atención y memoria resultan de la actividad de los circuitos neuronales que funcionan con base en las oscilaciones de los ensambles glio-neuronales, por lo tanto, puede haber una correlación entre esas variables.

H04: No hay correlación entre esas variables.

5.5 Participantes

40 sujetos, 20 mujeres (GM) y 20 hombres (GH) dentro del rango de edad de 18 a 22 años, GM ($X=20.1\pm 1.29$ años) y GH ($X=20.15\pm 1.04$ años) estudiantes sanos de segundo semestre de licenciatura de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México, con un promedio de licenciatura mayor a 8.5.

5.6 Criterios de inclusión

Grupo de hombres y mujeres
<ul style="list-style-type: none">• Edad entre 18 y 22 años.• Estudiantes del segundo semestre de licenciatura de la Facultad de Psicología de la UNAM.• Sujetos que no consuman drogas psicoactivas• Sujetos que no se encuentren o hayan estado bajo tratamiento psicofarmacológico.

5.7 Criterios de exclusión

Grupo de hombres y mujeres
<ul style="list-style-type: none">• Contar con diagnóstico de presentar o haber presentado padecimientos neurológicos como TCE, ACV, crisis convulsivas.• Tener un promedio menor a 8.5 en el último grado escolar• Haber tenido contacto directo con la prueba de evaluación psicológica Neuropsi.• Estar tomando psicofármacos.• Haber consumido alcohol o drogas en fechas cercanas al estudio.

5.8 Instrumentos.

Historia Clínica (Véase en anexos).

Cuestionario Post-protocolo (Véase en anexos).

Neuropsi atención y memoria.

- Áreas cognoscitivas y procesos que evalúa Neuropsi atención y memoria

El esquema de diagnóstico neuropsicológico “Neuropsi Atención y Memoria” es un instrumento que fue diseñado para evaluar en detalle tipos de atención entre los que se encuentran la atención selectiva, sostenida y el control atencional; así como tipos y etapas de memoria incluyendo memoria de trabajo, y memoria a corto y largo plazo para material verbal y viso espacial.

La evaluación de estas áreas incluye técnicas que reflejan las características específicas de cada una de estas funciones e incorpora los hallazgos recientes de investigaciones neuroanatómicas y de la neuropsicología cognoscitiva. Así, por ejemplo, la memoria no sólo se evalúa en términos de la capacidad de repetir o de evocar palabras simples, sino que también incluye pruebas relacionadas con la memoria semántica y episódica, así como pruebas que evalúan las etapas de codificación y evocación de la información.

Consideraciones éticas

Los participantes fueron informados sobre los objetivos de la investigación, mencionándoles que el estudio no produce ningún tipo de dolor, incomodidad y que no tiene ningún riesgo. Aquellos que aceptaron firmaron el formato oficial de consentimiento informado del Instituto Nacional de Rehabilitación INRLGII (véase en anexos).

El Comité de Ética y de Investigación institucional siguiendo las directrices de la Declaración de Helsinki, aprobó el protocolo otorgando el número 13/10 en el que se adiciona la presente propuesta de trabajo, ya que lo único que se modifica al original es el tipo y tamaño de la muestra.

5.9 Procedimiento

Inicialmente, se reclutaron a los estudiantes de la Facultad de Psicología de los primeros semestres de la carrera haciendo la invitación para participar en el estudio, se les explicó las características, así como los objetivos y alcances de la investigación. Posteriormente se les dio una cita para realizar una historia clínica (véase en anexos) en el Instituto Nacional de Rehabilitación, a partir de

la cual se recopilaron datos que permitieron incluir o no al sujeto como participante de la investigación.

Aquellos participantes que cumplieron con los criterios de inclusión tuvieron una cita subsecuente en la que se realizó el registro de EEG en una cámara de Faraday, débilmente iluminada y con ruidos atenuados. Los registros se realizaron mediante un EEG digital (Nicolet One VIASYC Health, Inc., USA, con amplificador v44, Natus, WI, EUA) prestando especial atención a la distancia entre los electrodos y en mantener la impedancia entre 5 - 10 k Ω durante todo el registro. El registro se realizó con un ancho de banda de 1.5-70 Hz y con un filtro de rechazo a 60 Hz para eliminar el artefacto provocado por la línea de alimentación.

El arreglo de electrodos utilizado fue de tipo bipolar con una distribución 10/20 tomando como referencia el electrodo Cz y de tierra en la frente. También se colocaron electrodos de registro en el lado exterior de las cuencas oculares para registrar los movimientos del ojo y el párpado al igual electrodos en los músculos maseteros, para detectar la actividad EMG y en el área precordial para el registro de actividad EKG.

Para el análisis, se utilizaron montajes bipolares para el hemisferio parasagital izquierdo (Fp1F3, F3C3, C3P3, y P3O1) y para el derecho (Fp2F4, F4C4, C4P4, y P4O2).

Para la obtención de los registros de EEG los sujetos se colocaron en posición decúbito dorsal; en la primera condición de reposo se les indicó que permanezcan con ojos cerrados (4-5 minutos), posteriormente estando con los ojos cerrados, los sujetos recibieron un estímulo visual (fotoestimulación) consistente en 20 series de estímulos lumínicos (leds, luz blanca, 182,4 lúmenes, NicLed Photic Stimulator) con una frecuencia de 5 Hz durante 2 s y con intervalos entre 20-25 segundos. Después se registró una tercer etapa que consistió en la aplicación de un procedimiento similar de fotoestimulación, pero con la indicación de presionar un interruptor eléctrico, que activa un circuito eléctrico normalmente abierto (el sujeto únicamente presiona el botón con el pulgar y tiene el brazo y mano recargados sobre la mesa de registro), dicho interruptor está colocado en un aditamento cilíndrico que sostiene con su mano dominante y liberarlo al terminar la serie de destellos, Al oprimirlo activa un

circuito eléctrico que genera un pulso que se registra en un canal del EEG y permite calificar de correcta la respuesta y medir su latencia.

Al finalizar el EEG se les aplicó un cuestionario post-protocolo (véase en Anexos) con el objetivo de cerciorar que el participante no se durmió o no haya tenido niveles altos de ansiedad y de recopilar datos cualitativos de su experiencia a lo largo del registro.

Finalmente, en una tercera sesión, se realizó una evaluación cognitiva con la batería Neuropsi atención y memoria y se calcularon los puntajes totales de atención y memoria.

Fuera de línea, el programa especialmente diseñado (UAM/INR) con algoritmos específicos fue utilizado para la disminución/eliminación de posibles artefactos (BSS; FastICA). Después el programa identifica la señal de los destellos tomando 20 muestras pre-estimulación (Pre-FR) de duración 2-s y muestras de cada serie de 20 fotoestimulaciones repetidas (habi). Posteriormente identifica otra vez la señal de la FR y toma 20 muestras de pre-asociación (Pre- Aso VM). La señal de respuesta motora voluntaria es identificada por el software y toma las muestras de cada una de las 20 asociaciones (Aso-VM) y calcula la latencia de la respuesta. Mediante la aplicación del periodograma Welch (frecuencia de muestreo de 500 Hz), el programa integra la potencia absoluta (PA) de los datos por frecuencia (δ [1,6-4 Hz], θ [4,5-8 Hz], α [8,5-13 Hz], y β [13,5-30 Hz]), de derivaciones bipolares, posteriormente se calculan los promedios de la PA (PPA) y transfiere los datos en hojas de cálculo Excel.

Los resultados se graficaron a manera de analizar los perfiles de los PPA en la condición basal y sus modificaciones antes y durante los procesos de aprendizaje.

CAPÍTULO 6. Análisis estadístico

La evaluación estadística de las diferencias de los perfiles se realizó utilizando la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis con corrección de Dunnet ($p \leq 0.05$). También se evaluaron las diferencias de los promedios de potencia absoluta de las cuatro bandas de frecuencia en las derivaciones parasagiales (PS), en la condición de pre-habitación (pre-FR) y de habitación (FR), de pre asociación (pre-Aso-VM) y, de asociación (Aso-VM). Sin embargo, como al

promediar los valores de la potencia absoluta se pierde la evolución de la potencia en cada una de las estimulaciones, esta evolución fue estudiada a través del análisis de la distribución temporal de la potencia mediante la aplicación de un modelo de regresión lineal de Spearman para cada condición. El nivel de significancia fue de $p \leq 0.05$ y la inclinación de la pendiente con una correlación mayor a 0.3 con lo que se analizó la sincronización/desincronización de los valores de dichas pendientes. El software que se utilizó para estos análisis fue: Prisma (GraphPad Prism versión 7.00 para Windows, GraphPad Software, La Jolla, CA, EE.UU.).

Por otra parte, se utilizaron estadísticos de tendencia central para la descripción del rendimiento cognoscitivo evaluados con el Neuropsi. Para el análisis de la correlación entre el puntaje de atención y memoria y la potencia absoluta de theta y de alfa se empleó el coeficiente de correlación de Spearman aceptando el nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

CAPÍTULO 7. Resultados

Cuadro 1 de características sociodemográficas de los grupos.

Grupo de mujeres					Nivel socioeconómico				
	Edad	Lateralidad	Fumadores	Ejercicio	No bebedores	Alto	Medio	Medio Bajo	Bajo
Promedio	20.1	2 zurdas	6	6	3	4	6	5	5
DE	1.29								

Grupo de hombres					Nivel socioeconómico				
	Edad	Lateralidad	Fumadores	Ejercicio	No bebedores	Alto	Medio	Medio Bajo	Bajo
Promedio	20.15	2 zurdos	6	11	4	1	6	9	4
DE	1.04								

*La prueba U de Mann-Whitney reportó que no existieron diferencias significativas en el nivel socio-económico entre los grupos.

- I. Perfil del espectro de potencia en condición basal de las 4 frecuencias (δ , θ , α , β).

δ

En el grupo de mujeres y de hombres el perfil de la potencia de δ en condición basal (reposo, ojos cerrados) muestra disminución de fronto-frontal (FF) a fronto-central (FC) y centro-parietal (CP) con aumento en parieto-occipital (PO) en ambos hemisferios, lo que se considera el perfil topográfico normal. Se observa similar potencia entre hemisferios y resalta que, aunque no existen diferencias que alcancen un nivel de significancia estadístico entre grupos, la potencia es mayor en todas las derivaciones en ambos hemisferios en los hombres que en las mujeres (Fig.2).

θ

El perfil de la potencia de θ en ambos grupos muestra una disminución de fronto-frontal (FF) a fronto-central (FC), ligero decremento a centro-parietales (CP) con aumento en parieto-occipital (PO) en ambos hemisferios. Se observa una mayor potencia en todas las derivaciones en las mujeres, con respecto a los hombres en ambos hemisferios, aunque esta diferencia sólo fue significativa en la derivación F3C3 $p \leq 0.05$ (Fig.2).

α

El perfil de la potencia de α se mostró de menor intensidad en derivaciones anteriores y mostro un incremento gradual hacia las derivaciones posteriores. Con aparente mayor potencia en el hemisferio derecho La potencia fue mayor en todas las derivaciones en ambos hemisferios en las mujeres, aunque ninguna de estas diferencias alcanzó significancia estadística (Fig.2).

β

Por último, tanto en hombres como en mujeres la potencia de β fue ligeramente mayor en el hemisferio derecho respecto al izquierdo. De igual forma, la potencia resultó ser mayor en hombres que en mujeres, aunque sin ninguna diferencia estadísticamente significativa (Fig.2).

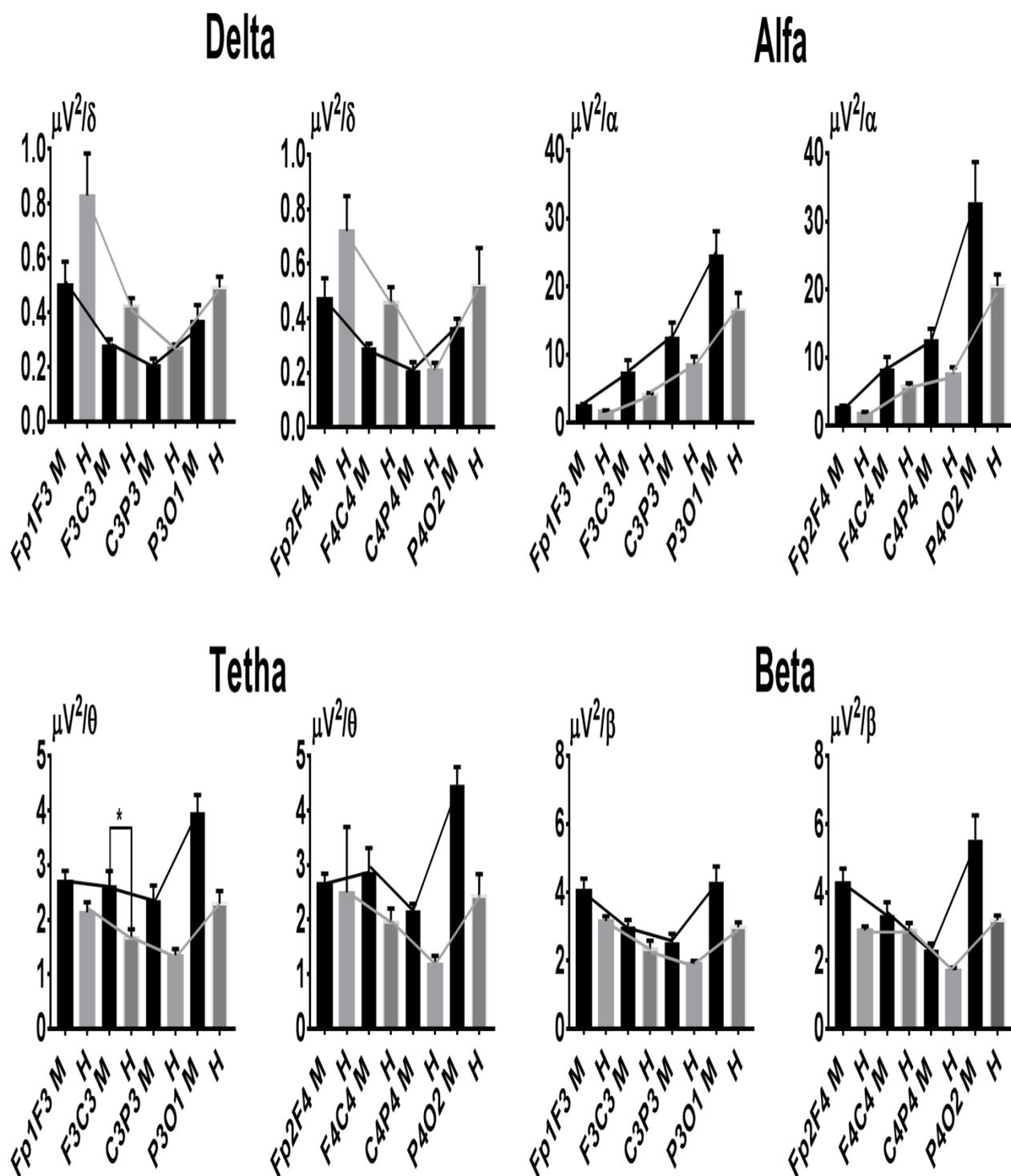


Figura 2: Perfiles de los promedios de potencia de δ , θ , α , β en la condición basal en derivaciones parasagitales en mujeres (columnas negras) así como en hombres (columnas grises). Decremento de θ en F3C3 del grupo de mujeres al grupo de hombres, estadísticamente significativo (* $p \leq 0.05$).

En resumen, el análisis de las diferencias del espectro de potencia entre mujeres y hombres en la condición basal arrojó diferencias con nivel de significancia únicamente en θ en la derivación F3C3, sin embargo llama la atención que el grupo de hombres obtuvo mayor potencia de delta en todas las regiones corticales parasagitales analizadas con respecto al grupo de mujeres. Mientras que para las demás bandas de frecuencia (theta, alfa y beta) el fenómeno contrario ocurrió, teniendo el grupo de mujeres mayores valores de potencia con respecto a los hombres.

- I. Cambios de los promedios del espectro de potencia en y en Pre y durante la asociación visual-motora en mujeres y hombres.

En la condición Pre y durante la fotoestimulación repetida sólo se obtuvieron diferencias estadísticas en el grupo de mujeres de θ en Fp1-F3 y de β en C3-P3 y P3-O1 con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ mientras que en el grupo de hombres estas diferencias solo se obtuvieron para β en derivaciones P3-O1 y P4-O2 de $p=0.0001$ y $p=0.01$ respectivamente. (Fig.3).

En la condición Pre y durante la asociación visual-motora no hubo ninguna diferencia estadísticamente significativa en el grupo de mujeres, mientras que en los hombres se obtuvo únicamente para β en Fp2-F4 de $p=0.001$. (Fig.3).

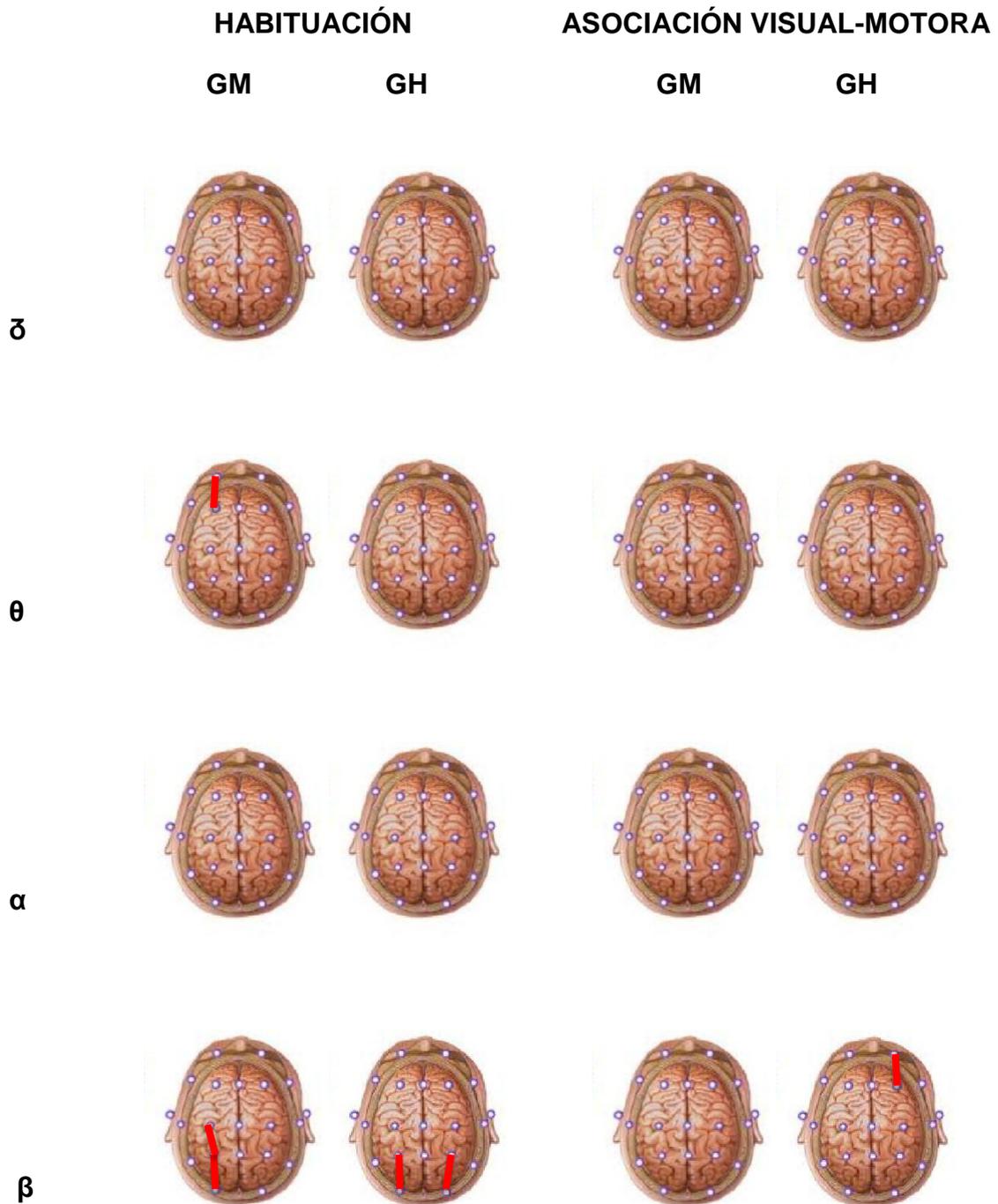


Figura 3: Se ilustran con líneas rojas las regiones que alcanzaron diferencias estadísticamente significativas de δ , θ , α y β en ambas condiciones: antes/pre y durante la fotoestimulación repetida y antes/pre y durante la asociación visual-motora en el grupo de mujeres (GM) y en el grupo de hombres (GH).

- II. Distribución temporal de cada una de las potencias en la condición pre y durante la fotoestimulación en el grupo de mujeres y hombres, análisis de pendientes.

Habitación (FR)

δ

Las potencias de δ en derivaciones fronto-centrales presentaron una distribución que generó líneas con pendientes ascendentes significativas en el grupo de mujeres, mientras que en el grupo de hombres, no resultó ninguna significancia. Las pendientes ascendentes representan incremento de la potencia absoluta medida en μV^2 en correlación con el número de ensayos de foto-estimulación repetida (Fig.4).

θ

La potencia de θ en las mujeres también generó pendientes ascendentes, aunque sólo alcanzaron significancia en derivaciones fronto centrales y parieto occipitales en ambos hemisferios (Fig. 4), mientras que en los hombres ninguna de estas pendientes fue significativa.

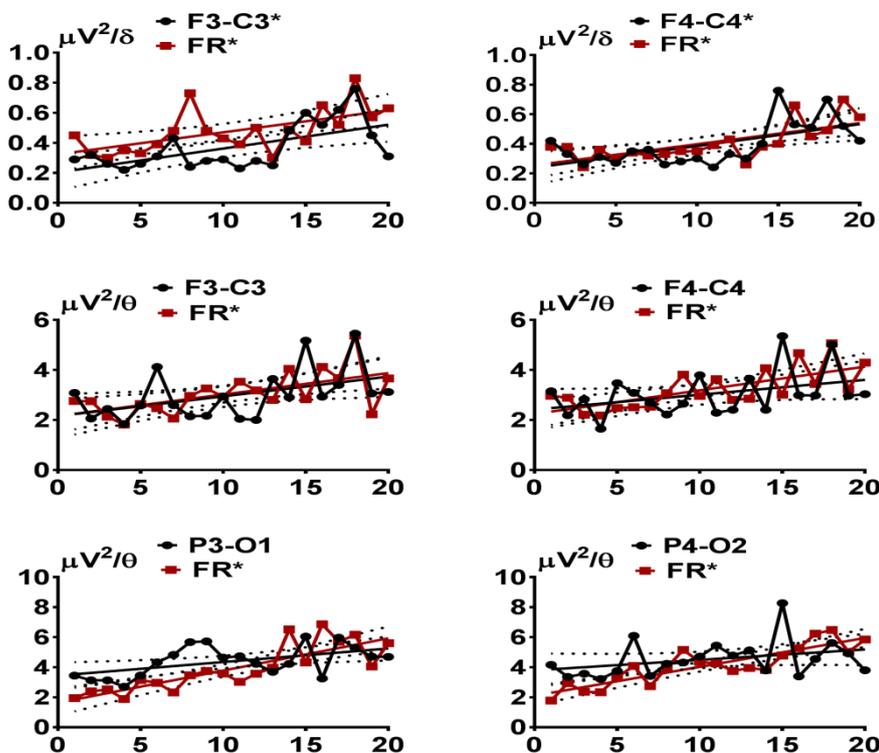


Figura 4: Pendientes que mostraron significancia estadística durante Pre-Habi (círculos y líneas negras) y durante FR (cuadrados y líneas rojas) de δ en el panel superior y θ en el inferior en el grupo de mujeres. (La ordenada representa μV^2 y la abscisa el número de ensayos Pre o de cada FR).

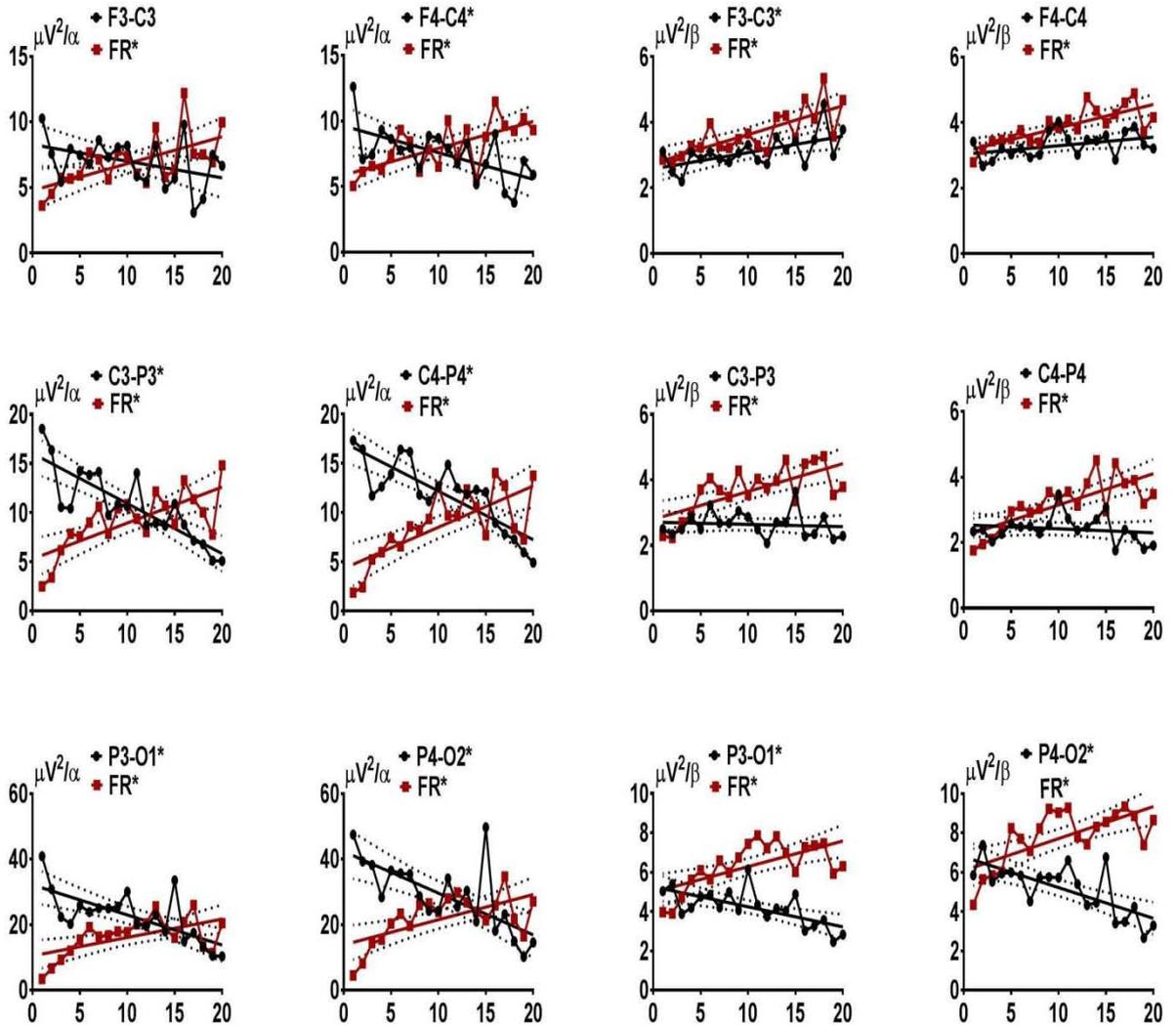
α

Las potencias de α , en Pre fueron disminuyendo progresivamente, de tal manera que se observaron pendientes descendentes (a mayor número de pre-estimulación, menor potencia absoluta en μV^2) alcanzando significancia estadística en las derivaciones: FC, CP y PO de ambos hemisferios en el grupo de mujeres. La FR produjo acentuada disminución de las potencias (desincronización) que al repetir las fotoestimulaciones fue disminuyendo (sincronización) en las derivaciones (indicador alfa de habituación). En el grupo de hombres sucedió el mismo fenómeno, pero las pendientes sólo fueron significativas en regiones PO (Fig. 5).

β

La distribución de la potencia de β generó pendientes ascendentes significativas en las derivaciones FC, CP y PO en las mujeres, mientras que en los hombres, únicamente fueron significativas en derivaciones PO (Fig.5).

Mujeres



Hombres

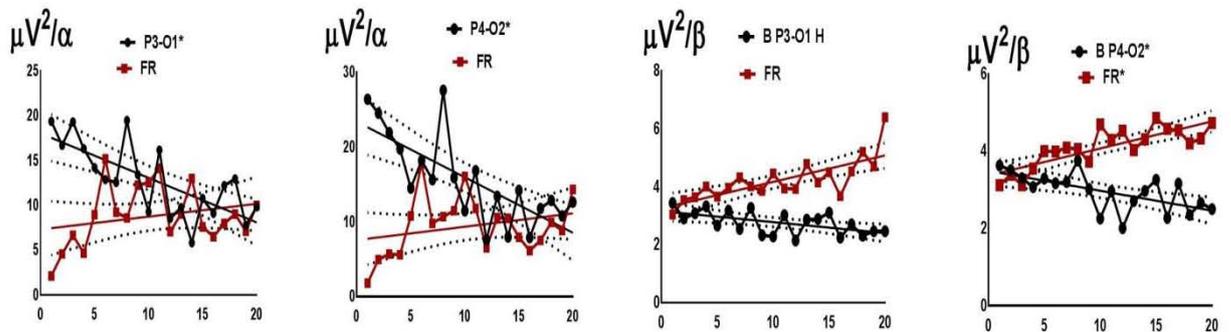


Figura 5: Pendientes durante Pre Habi (círculos y líneas negras) y durante FR (cuadrados y líneas rojas) de alfa y beta en el panel superior el grupo de mujeres y en el inferior el grupo de hombres.

- III. Distribución temporal de cada una de las potencias en la condición pre y durante la asociación visual-motora en el grupo de mujeres y hombres, análisis de pendientes.

Asociación visual-motora (Aso-VM)

Ninguna pendiente de ζ fue significativa en mujeres ni en hombres.

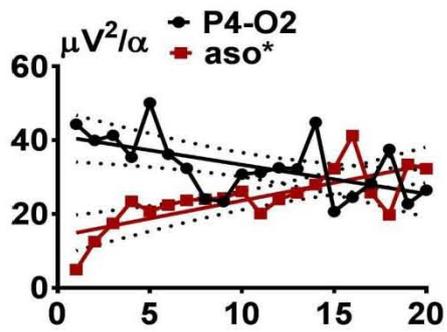
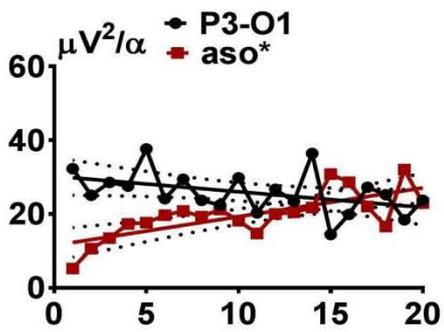
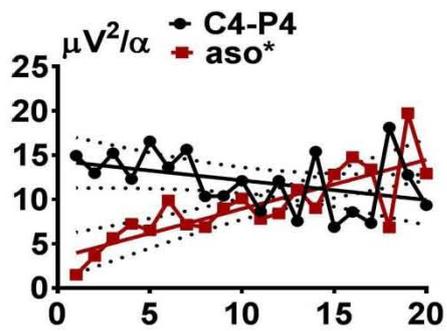
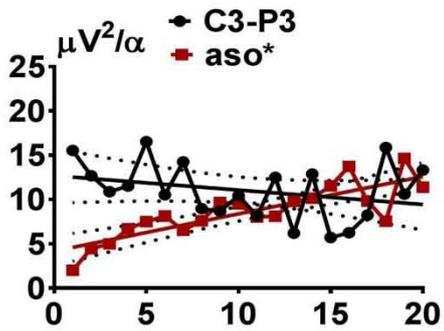
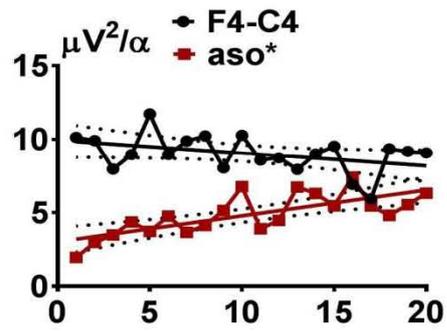
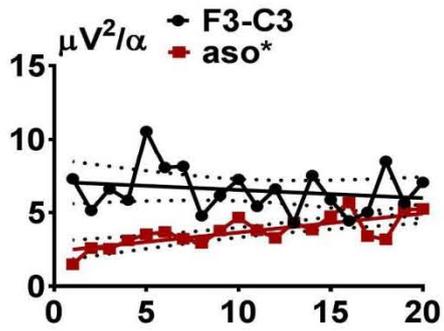
θ

La potencia de θ generó pendientes ascendentes significativas en C3-P3 y C4-P4 en el grupo de hombres, mientras que en el grupo de mujeres ninguna pendiente fue significativa (Fig.6).

α

La potencia de α en las mujeres en las derivaciones FC, CP y PO en Pre presentaron una pendiente ligeramente descendente, aunque ninguna de ellas con significancia estadística, mientras que en Aso se mostraron pendientes D/S significativas en todas las derivaciones mencionadas (Fig.6). Por otra parte ninguna pendiente fue significativa en los hombres.

Mujeres



Hombres

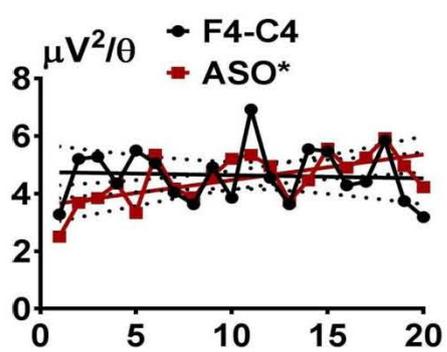
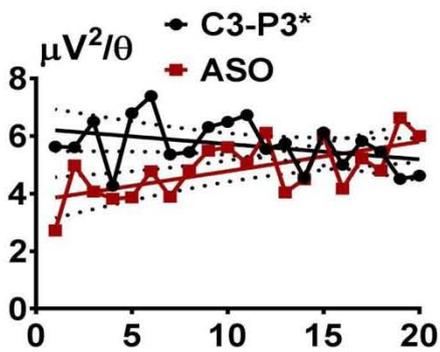


Figura 6: Pendientes durante Pre Habi (círculos y líneas negras) y durante aso-vm (cuadrados y líneas rojas) de theta grupo de hombres (panel superior) y de alfa en el grupo de mujeres (en el panel inferior).

β

Por último, la distribución de potencia de β del grupo de mujeres mostró pendientes significativas en todas las derivaciones parasagitales analizadas, sin embargo, en el grupo de hombres sólo resultaron significativas las derivaciones FF y PO de ambos hemisferios (Fig.7).

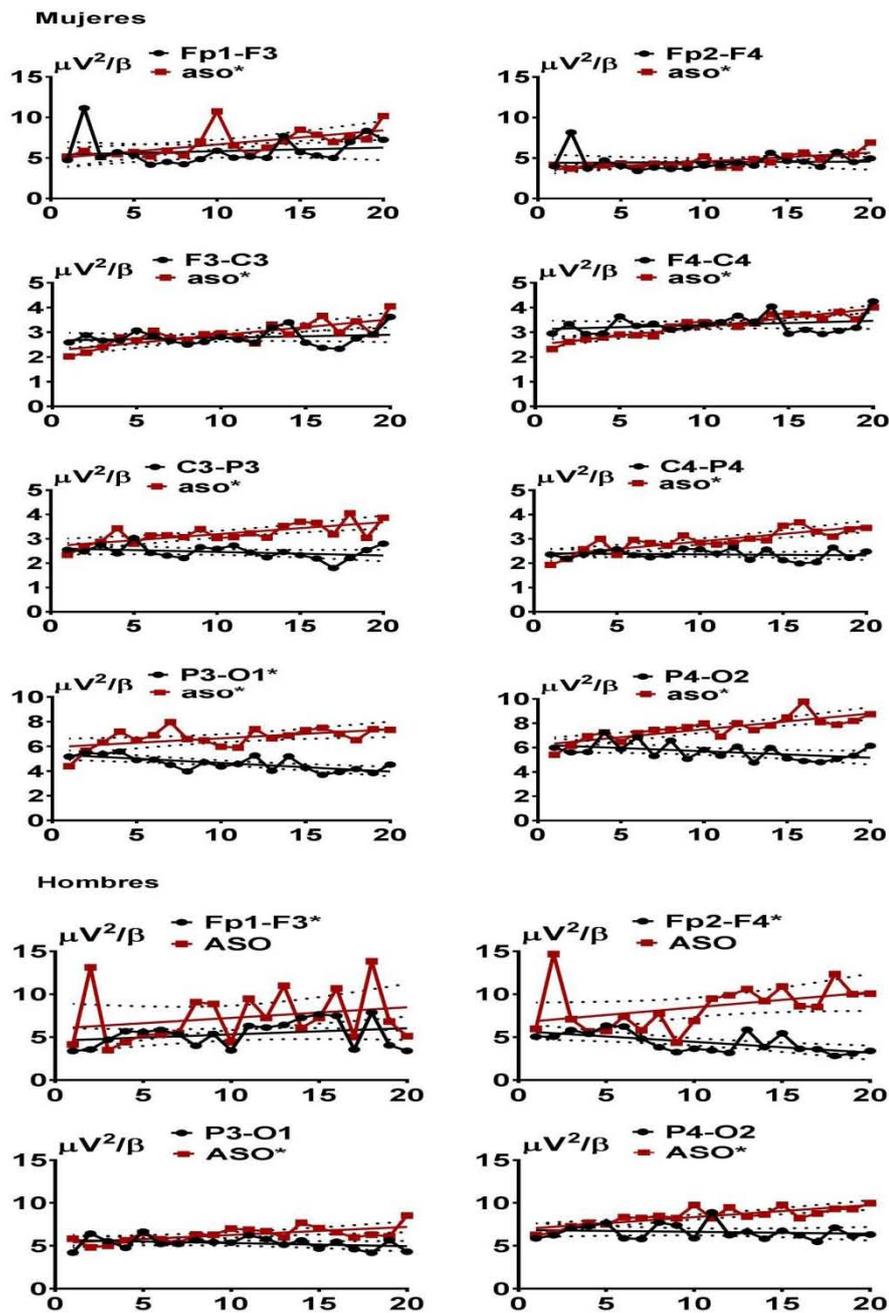


Figure 7: Pendientes durante Pre Habi (círculos y líneas negras) y durante FR (cuadrados y líneas rojas) de beta en el grupo de mujeres (panel superior) y en el grupo de hombres (en el panel inferior).

IV. Correlación de la potencia de theta con el puntaje total de memoria de Neuropsi.

Al realizar el análisis estadístico de correlación de la potencia absoluta de theta en la condición basal con el puntaje total de memoria de Neuropsi se obtuvieron correlaciones positivas en las derivaciones parasagitales que se presentan en la Fig. 8.

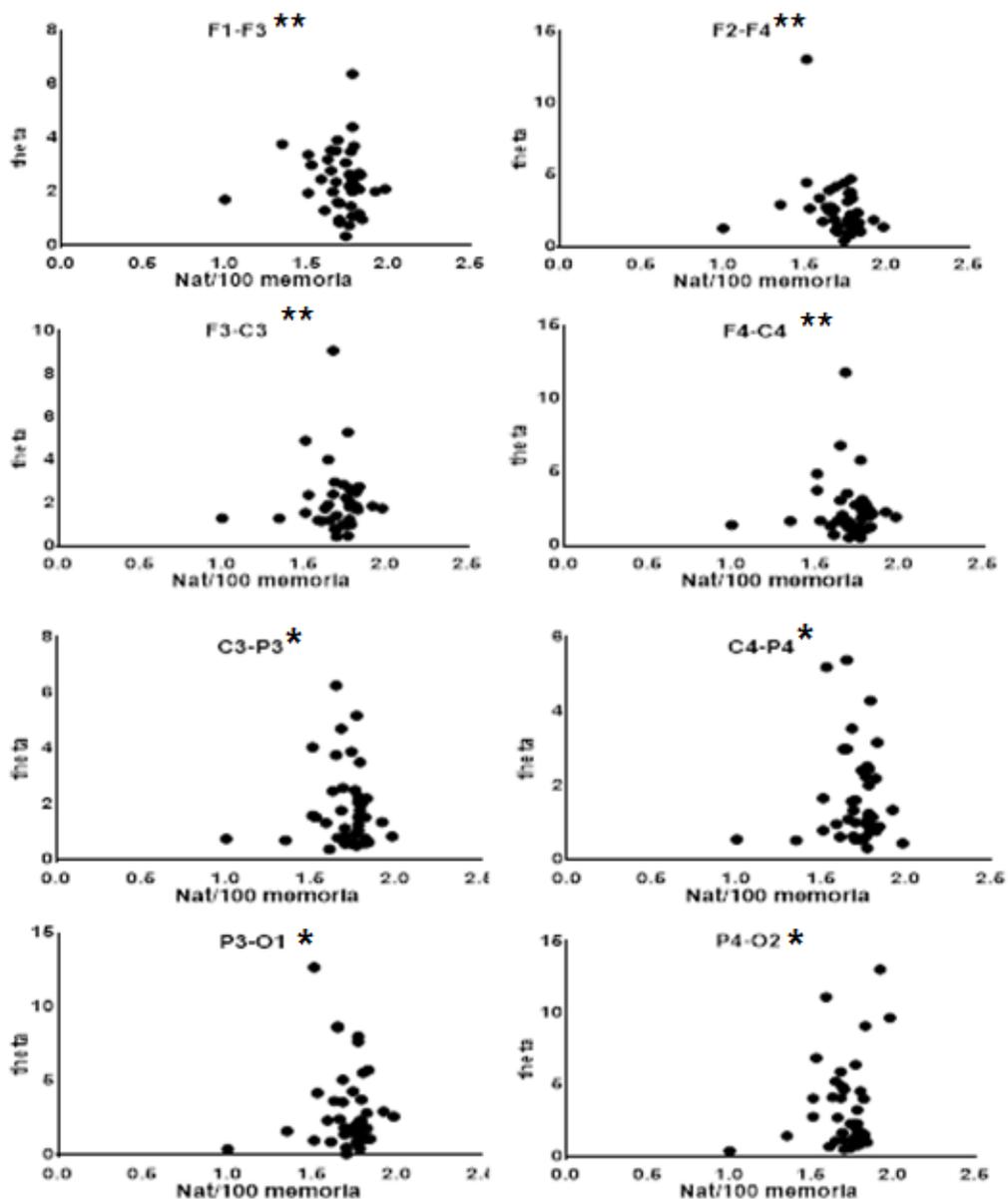


Figura 8: Correlación de la potencia absoluta de θ en derivaciones parasagitales de ambos hemisferios con el índice total de memoria (* $p \leq 0.05$; * $p < 0.01$; **). El eje de las abscisas representa el puntaje de memoria dividido entre 100 y el de las ordenadas la potencia absoluta de theta.

V. Correlación de la potencia de alfa con el puntaje total de atención y funciones ejecutivas de Neuropsi.

El análisis de rangos de la potencia absoluta de alfa con el puntaje total de atención y funciones ejecutivas de Neuropsi mostró que en ninguna derivación hubo correlación entre las variables en las derivaciones que se ilustran en Fig. 9.

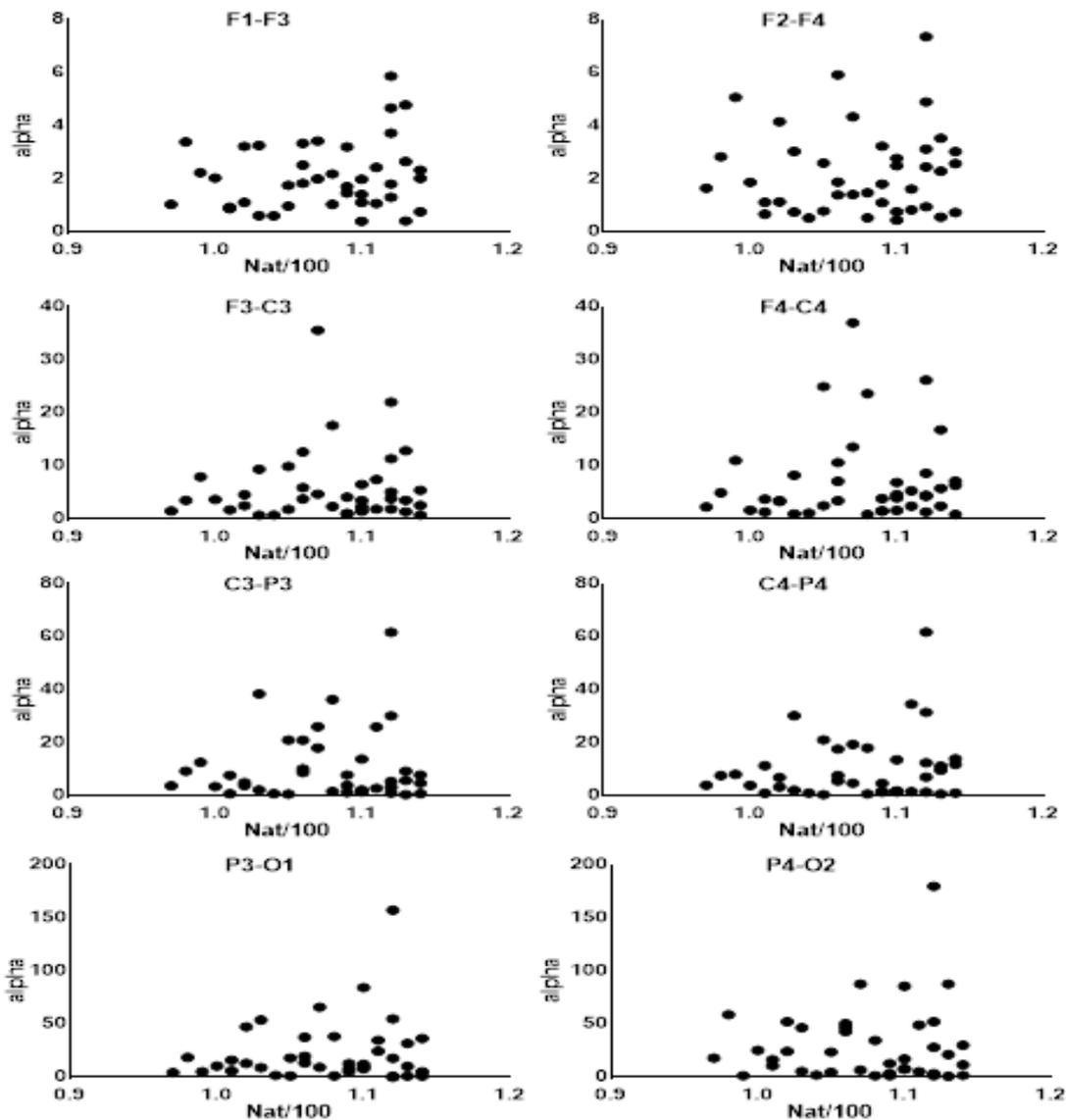


Figura 9: Correlación de la PA de α en derivaciones parasagitales de ambos hemisferios con el índice total de atención y funciones ejecutivas (* $p \leq 0.05$). El eje de las abscisas representa el puntaje de atención y funciones dividido entre 100 y el de las ordenadas los rangos de la PA de alfa.

CAPÍTULO 8. Discusión

La densidad del espectro de potencia del EEG parece estar integrada en bloques funcionales de redes cerebrales que participan en procesos de sensación, percepción, memoria, respuestas somáticas y vegetativas (Silva, 2013). La creación de perfiles de la potencia absoluta de al menos cuatro bandas de frecuencia (δ , θ , α , y β) con parpados cerrados, en vigilia y reposo en población normotípica permite establecer la localización e inferir la condición anatómo-funcional de los componentes glio-neuronales que difieren de una región a otra intra hemisferio, al igual que inter-hemisferio e inter-grupal, lo que representa importantes asimetrías eléctricas y probablemente funcionales (Brust et al, 2013).

En el caso de δ se observa una simetría inter-hemisférica en hombres y mujeres, con mayor nivel de actividad eléctrica en regiones fronto-frontales, disminución en fronto-centrales, centro-parietales y aumento en áreas parieto-occipitales. En la condición basal la potencia fue mayor en todas las derivaciones en hombres con respecto de las mujeres, pese a que no existen diferencias que alcancen un nivel de significancia estadístico entre grupos.

Los perfiles topográficos de θ tuvieron potencias similares en las derivaciones fronto-frontales y fronto-centrales, seguidas de una clara disminución en regiones centro-parietales y un incremento marcado en regiones parieto-occipitales. Se mostró simetría entre hemisferios en ambos grupos, con una sola diferencia significativa en la región fronto-central izquierda entre mujeres contra hombres en general hubo un mayor nivel de actividad eléctrica en las mujeres que en los hombres, en contraste con lo mencionado antes en relación con delta.

El ritmo α en condición basal muestra el perfil de incremento de potencia, es decir el gradiente positivo fronto-occipital, con mayor intensidad en el grupo de mujeres que en el de hombres (en particular en el hemisferio derecho que es el no dominante en la mayoría de sujetos de esta muestra, de acuerdo a su lateralidad manual).

Finalmente, lo descrito en β es una mayor potencia en regiones fronto-frontales con respecto a las derivaciones fronto-centrales y centro-parietales. De igual forma, se obtuvieron mayores niveles de actividad eléctrica en las mujeres que

en los hombres con predominio en el hemisferio derecho. Nuevamente, las diferencias no fueron significativas comparando la actividad en conjunto de todas las regiones corticales. Es importante mencionar que los datos estadísticos son resultado de la evaluación no paramétrica Anova que toma en cuenta todos los datos de las diversas condiciones por lo que se queda la duda si la comparación entre pre y post con estadístico no paramétrico mostraría diferencias.

Lo descrito en la condición basal confirma que se tiene un diferente electromorfograma en las diversas regiones corticales con diferencias de estos perfiles entre hombres y mujeres, el cual va a ser modificado por las estimulaciones sensoriales, en forma diferente. Estos perfiles apoyan la posibilidad de que dichos ritmos participen en funciones diferentes como se ha propuesto entre otros por Kopell, et al., 2010. Así, la potencia de las cuatro frecuencias analizadas se comportan de manera diferente en cada región cortical antes y durante la habituación o antes y durante la asociación visual-motora en el grupo de mujeres y en el de hombres. Durante la habituación, la potencia de δ mostró sincronización en todas las derivaciones en ambos grupos (incremento de potencia durante la fotoestimulación con respecto al estado previo), lo que interpretamos como mayor número de ensamblajes glioneuronales inhibidores activos. Sin embargo, este diferente incremento no alcanzó significancia estadística en ninguna derivación. Durante la asociación visual-motora se observó el mismo fenómeno de sincronización, pero con menos pronunciación en áreas fronto-centrales y centro-parietales. Esperábamos cambios más grandes inducidos por asociación visual-motora y, por lo tanto, interpretamos que son necesarios menos procesos inhibitorios.

Dentro de las posibles funciones del ritmo δ se ha descrito que puede ser un importante integrador de la actividad cortical en varias áreas (Bruns y Eckhorn, 2004), lo que apoya los resultados del presente trabajo al proponer que su sincronización genera disminución de la excitabilidad, proceso necesario para que ocurra el aprendizaje por habituación. Estas modificaciones de la potencia de δ probablemente participan en el control de la actividad neuro-vegetativa que ocurre como parte de la disminución de la respuesta a una estimulación no significativa durante la habituación. La mayor sincronización de δ podría representar un proceso inhibitorio, como se propone para α , lo que sugiere que

el ritmo δ contribuye a la inhibición de esos circuitos que intervienen en las respuestas vegetativas (Klimesch, Sauseng y Hanslmayr, 2007) (Knyazev GG, 2012). Sin embargo, no podemos descartar la posible participación de integración de δ en procesos de atención, sensoriales y motores propuesta por otros autores (Fries, 2006) (Bruns y Eckhorn, 2004). Además, otros estudios sobre δ en humanos han demostrado su implicación en la percepción, la atención, el aprendizaje, en la toma de decisiones y la memoria de trabajo (Savaş, Güntekin, Yener y Başar, 2016) (Karamacoska, Barry y Steiner G, 2017).

La potencia de θ disminuyó (desincronización, entendida como incremento de actividad neuronal) durante habituación, así como en la asociación visual-motora en todas regiones excepto en regiones fronto-frontales en las mujeres. Sin embargo, en el grupo de hombres, a pesar de mostrar similar comportamiento en la asociación visual-motora que las mujeres, durante la habituación todas las regiones excepto las fronto-centrales (las cuales mostraron sincronización) no tuvieron cambios del estado pre-habituación. Además, mostraron mayores valores de potencia en todas las derivaciones, interpretándose que los hombres requieren mayor número de circuitos neuronales inhibitorios en la asociación visual-motora, que las mujeres.

La potencia de α tanto en las mujeres y en los hombres no cambió en regiones fronto-frontales ni fronto-centrales durante Pre-habituación, pero disminuyó (desincronización) en las otras dos regiones, mientras que en Pre de asociación visual-motora, la potencia de alfa reveló desincronización en todas las derivaciones parasagitales. La desincronización la interpretamos como proceso de activación de circuitos necesarios para intervenir en los procesos de atención, codificación y almacenamiento de la información, lo cual ocurre en dos regiones corticales en la habituación y en las cuatro en la asociación visual-motora. Las primeras estimulaciones en ambos tipos de aprendizaje, habituación y asociación visual-motora, producen desincronización alfa, que representa activación de diferentes circuitos de la vía visual y del sistema córtico-talámico-mesencefálico-reticular. Esta desincronización aumenta el estado de vigilancia y activa los circuitos frontales corticales y límbicos de asociación, que participan en la integración de la estimulación sensorial (Başar y Güntekin, 2012). Estos procesos de preparación explican la desincronización

encontrada en las condiciones de pre, que se han sido descritas como expectación a un estímulo (Engel, Fries y Singer, 2001).

Finalmente, en ambos grupos la potencia de β presentó sincronización en todas las derivaciones alcanzando significancia estadística en regiones centro-parietales y parieto occipitales probablemente relacionadas con la integración y regulación de la actividad motora en las mujeres, y solo en las regiones parieto-occipitales de ambos hemisferios en el grupo de hombres. Dichos incrementos de actividad bioeléctrica en la habituación podrían indicar aumento en los procesos de filtrado de atención como intento de concentrar la actividad en redes específicas para disminuir las respuestas no significativas (Brust et al., 2013). En contraste, durante la asociación visual-motora los grupos se comportaron de manera distinta, ya que mientras en el de las mujeres se sincronizaron todas las áreas corticales excepto las fronto-centrales (no mostraron cambio de pre asociación visual-motora), en el grupo de hombres se sincronizaron áreas fronto-frontales y parieto-occipitales alcanzando significancia estadística únicamente en fronto-frontal derecho, mientras que áreas fronto-frontales y centro-parietales no presentaron ningún cambio.

Dado que al obtener los promedios de potencia absoluta, estos ocultaron la progresión de cada uno de las potencias por ensayo de habituación y de asociación visual-motora, el análisis de las pendientes proporciona dicha información de la distribución temporal. Durante la habituación la pendiente de δ fue de desincronización a sincronización en las regiones frontocentrales en el grupo de las mujeres, mientras que en el grupo de los hombres ninguna pendiente resultó significativa. Además el incremento de δ alcanzó niveles estadísticos tanto en pre como en la habituación. La desincronización que interpretamos como aumento de actividad bioeléctrica en diversos circuitos cerebrales se puede relacionar que procesos de vigilancia y atención encaminados a identificar la información y posteriormente su disminución y sincronización como proceso de inhibición. Estas modificaciones que se ocultan al analizar los promedios permiten aceptar ambas propuestas anteriormente mencionadas para la participación del ritmo delta. Como se mencionó antes, es probable que estas modificaciones espectrales de potencia δ participen en el control de la actividad neuro-vegetativa que ocurre como parte de la disminución de la respuesta a una estimulación no significativa

durante habituación. En contraste con la habituación, durante la asociación visual-motora, ninguna pendiente de desincronización/sincronización en δ fue registrada en ninguno de los dos grupos. Esperábamos mayores cambios inducidos en la asociación visual-motora y por lo tanto, interpretamos que se requiere menos inhibición.

Las pendientes de θ , al igual que en δ , se mostraron ascendentes de desincronización a sincronización, lo que significa incremento de la actividad con posterior decremento de actividad neuronal por mayor participación de circuitos inhibitorios durante la habituación. En las mujeres en la condición de habituación, las pendientes significativas se obtuvieron en las derivaciones fronto-centrales y parieto-occipitales de ambos hemisferios, mientras que en el grupo de hombres estas pendientes no fueron significativas en ninguna derivación. Mientras que en la asociación visual-motora sólo fueron obtenidas en las áreas centro-parietales en los hombres y ninguna en las mujeres. Así, interpretamos que el incremento en la actividad de theta está relacionado con los procesos de memoria necesarios en ambos tipos de aprendizaje. Sin embargo, mientras esperábamos mayores modificaciones en theta durante la asociación visual-motora, solo se mostraron pendientes significativas en regiones centro-parietales que probablemente estén relacionadas la respuesta de asociación motora. Es interesante recalcar que las mujeres presentaron mayor actividad delta y theta que los hombres datos que quedan por identificar con que parte de la conducta de habituación y de asociación visual-motora se relacionan y porque difieren.

La pendiente de α indicó claramente una activación/inactivación (desincronización-sincronización) durante la habituación en las regiones fronto-centrales, centro-parietales y parieto-occipitales de ambos hemisferios en las mujeres, sin embargo en los hombres esto sólo sucedió en las derivaciones parieto-occipitales. Durante la asociación visual-motora, las mismas regiones generaron pendientes significativas en el grupo de mujeres, pero la pendiente fue de menor inclinación y los últimos valores se mantuvieron por debajo de los valores previos a la asociación, principalmente en las regiones fronto-central y parietal central, lo que indica que una actividad neuronal persistente de desincronización podría estar relacionada con la integración de las respuestas sensoriales-motoras. Por otra parte, en los hombres, ninguna pendiente resultó

significativa. La activación de alfa podría ser el proceso neuronal utilizado para identificar y analizar el significado de las fotoestimulaciones y el escenario esperado durante la asociación, dando como resultado la activación de retroalimentación de los circuitos descendentes, los núcleos reticulares-talámico-límbicos-basales, así como para facilitar motivación, participación autonómica y de redes motoras responsables del reflejo de orientación y de la activación cortico-espinal. Todas estas acciones son manifestaciones de la función reguladora descendente del ritmo α (Engel, Fries y Singer, 2001; Hummel y Gerloff, 2005).

En los dos tipos de aprendizaje simple, habituación y asociación visual-motora, las primeras estimulaciones produjeron la activación α de los circuitos dorsal y ventral de la vía visual y del sistema mesencefálico-reticular-talámico-cortical. Esta activación aumenta el estado de vigilancia, incluidos los circuitos corticales frontales y límbicos de asociación que participan en la integración del significado de la estimulación sensorial (Gvilia, 2010; Moruzzi y Magoun, 1949). Desincronización similar se ha descrito como expectativa del estímulo (Bastiaansen y Brunia, 2001). Como era de esperar, la respuesta alfa disminuyó cuando se repitió la estimulación en el mismo escenario, sin cambios importantes en la homeostasis de los sujetos. Por lo tanto, esa información se clasifica como “no significativa”, y el organismo aprende a no responder, un proceso llamado “habituación” realizado por Sokolov 1963 (Sokolov, 1963) y propuesto como un fenómeno modelo para el estudio de sustratos neuronales de comportamiento por Thompson y Spencer desde 1966 (Ranking, 2009).

En contraste, durante la asociación visual-motora, la desincronización persistió en las regiones fronto-motor y parietales con mayor intensidad. Por lo tanto, el análisis de pendiente mostró las respuestas que no se observaron al analizar el promedio de las respuestas de 20 tareas. Estas modificaciones alfa complementan la importante modificación de la actividad delta y theta; la primera puede estar relacionada con la regulación neurovegetativa y la segunda con los procesos de memoria. Sin embargo, es interesante destacar las diferencias entre grupos que se presentaron, iniciando con que, pese a que en el grupo de mujeres resultaron significativas pendientes en las mismas derivaciones de ambos hemisferios en las dos condiciones, en el grupo de hombres la actividad no se mostró tan dispersa centralizándose más en

habituaación a zonas parieto-occipitales y en la asociaci3n visual-motora a las regiones parieto-occipitales izquierdas. Las pendientes de desincronizaci3n/sincronizaci3n de β en la habituaaci3n en las mujeres y en los hombres podr3a indicar incrementos en los procesos de filtrado de atenci3n que intentan concentrar la actividad en redes espec3ficas para disminuir respuestas no significativas, excepto la actividad motora. Por 3ltimo, la posible explicaci3n de menos cambio de la actividad beta es que, durante la asociaci3n visual-motora, la activaci3n neuronal debe estar m3s localizada en las regiones corticales motoras.

CAPÍTULO 9. Conclusiones y aportaciones.

En la presente investigación se pudieron documentar diferencias en los promedios de la potencia absoluta entre el grupo de mujeres y el de hombres en la condición basal. El grupo de hombres obtuvo mayor potencia de delta en todas las regiones corticales parasagitales analizadas con respecto al de mujeres. Mientras que para las demás bandas de frecuencia (theta, alfa y beta) el fenómeno contrario ocurrió, las mujeres tuvieron valores de potencia con respecto al de hombres. Si bien se han reportado diferencias anatómicas y hormonales cerebrales entre géneros (García y García, 2003), los resultados obtenidos en esta investigación sugieren que la diferencia se da también a nivel bioeléctrico, lo que sugiere por una parte la necesidad de investigar cuales pudiesen ser los significados funcionales de estas diferencias y de esta forma poder crear procesos de neuro-rehabilitación cada vez más personalizados a las características de cada paciente, iniciando con la diferenciación de géneros. En cuanto al análisis de pendientes en la situación de habituación a la foto estimulación repetida y asociación visual-motora, se corroboró la hipótesis inicial al encontrar predominio de actividad sincronizadora de alfa en la condición de habituación (entendiéndose como mayor actividad inhibitoria) y mayor desincronización de alfa durante la asociación visual-motora (mayor activación). Se plantea la posibilidad de que las pendientes de habituación y asociación visual-motora, relacionables con la capacidad de aprendizaje simple se utilicen como biomarcadores en apoyo de seguimiento de las intervenciones de rehabilitación neuropsicológica en pacientes con traumatismo craneoencefálico o accidente cerebrovascular.

Fue posible correlacionar la potencia de theta en condición basal con el puntaje total de memoria de Neuropsi. Esta correlación se obtuvo en todas las derivaciones parasagitales analizadas, pero con mayor nivel de significancia en áreas fronto-frontales y fronto-centrales, reforzando la hipótesis de la vinculación funcional de los procesos eléctricos oscilatorios y la conducta/cognición humana.

Limitaciones

La presente investigación tuvo por limitaciones la elevada variabilidad entre-sujetos, ya que a pesar de que los criterios de inclusión y exclusión ayudaron a tener una muestra poblacional teóricamente similar, las potencias absolutas de los sujetos fueron bastante variables entre sí, provocando que las desviaciones estándar de los promedios incrementaran y por lo tanto disminuyeran las posibilidades de alcanzar datos estadísticos significativos.

Otra limitante fue la variabilidad intra-sujetos. Es reconocido que la actividad de EEG, al ser una señal estocástica, presenta múltiples retos en su análisis, en esta investigación empleamos uno de los métodos de análisis más reportados por la literatura, como es el cálculo de la potencia absoluta a partir del periodograma de Welch, sin embargo, algunos autores añaden a este método conversiones logarítmicas con el fin de ajustar los datos a distribuciones más normales y con ello dar poder estadístico, no obstante la interpretación clínica de los datos se oscurece al no conocer los valores crudos (Cohen et al, 2008).

En el grupo de mujeres, no fue posible el registro de la fase del ciclo menstrual en la que se encontraban al momento del estudio, tomando en cuenta la relación de este último con el desempeño cognitivo de tareas (Peyton, 2007) ya que, pese a que durante la historia clínica se buscaba obtener dicha información, un gran número de participantes desconocían sus fechas de ovulación.

Finalmente, la batería Neuropsi utilizada en esta investigación obtiene el puntaje total de atención mezclado con el de funciones ejecutivas, razón por la cual, al no tener un coeficiente que midiera puramente la capacidad atencional es probable que resultara sesgada la correlación de este puntaje con la potencia absoluta de alfa, obteniendo como resultado la independencia entre ambas variables.

Bibliografía

Allen JS, Damasio H, Grabowski TJ, Bruss J, Zhang W (2003). Sexual dimorphism and asymmetries in the gray-white composition of the human cerebrum. *Neuroimage* 18(4):880–894.

Allen LS, Richey MF, Chai YM, Gorski RA. (1991). Sex differences in the corpus callosum of the living human being. *J Neurosci* 11(4):933–942.

Ardila A., Ostrosky-Solís, F. (1991). *Diagnóstico del daño cerebral: Enfoque neuropsicológico*. México: Editorial Trillas.

Artieda, J., Alegre, M., Valencia, M., Urrestarazu, E., Pérez-Alcázar, M., Nicolás, M.J., López Azcárate, J., & Iriarte, J. (2009). Oscilaciones cerebrales: papel fisiopatológico y terapéutico en algunas enfermedades neurológicas y psiquiátricas. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 32(Supl. 3), 45-60.

Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A proposed system and its control processes. En Spence, K. W. & Spence, J. T. (Eds.). *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Vol. II, New York: Academic Press.

Baars (2014) *Cognition, Brain, and Consciousness*. Second Edition. Academic, second edition Press is an imprint of Elsevier. California 92101-4495, USA. 369-422.

Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. En Bower, G. A. (Ed.). *Recent advances in learning and motivation*, Vol. 8, New York: Academic Press.

Baddeley, A. D. (1966). Short term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic, and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18: 362-365.

Banich, M. T. (1997). *Neuropsychology. The neural bases of mental function*. New York: Houghton Mifflin Company.

Barry, R. J., Clarke, A. R., Johnstone, S. J., & Brown, C. R. (2009). EEG differences in children between eyes-closed and eyes-open resting conditions. *Clinical Neurophysiology*, 120(10), 1806–1811. doi: 10.1016/j.clinph.2009.08.006

Barry, R. J., Clarke, A. R., Johnstone, S. J., Magee, C. A., & Rushby, J. A. (2007). EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting conditions. *Clinical Neurophysiology*, 118(12), 2765–2773. doi: 10.1016/j.clinph.2007.07.028

Başar E (2012) A review of alpha activity in integrative brain function: Fundamental physiology, sensory coding, cognition and pathology. *Int J Psychophysiol* 86: 1-24.

Başar E, Başar-Eroğlu C, Güntekin B, Yener GG (2013) Brain's alpha, beta, gamma, delta, and theta oscillations in neuropsychiatric diseases: proposal for biomarker strategies. *Suppl Clin Neurophysiol* 62:19–54

Başar E., Schürmann M., Başar-Eroglu C., Karakaş S. (1997). Alpha oscillations in brain functioning: an integrative theory. *Int. J. Psychophysiology*. 26, 5–29. 10.1016/s0167-8760(97)00753-8.

Başar, E., Tülay, E., Güntekin, B., (2015). Multiple gamma oscillations in the brain: a new strategy to differentiate functional correlates and P300 dynamics. *Int. J. Psychophysiol.* 95 (3), 406-420).

Bastiaansen M. C., Bocker K. B., Brunia C. H., de Munck J. C. & Spekreijse H. (2001). Event-related desynchronization during anticipatory attention for an upcoming stimulus: a comparative EEG/MEG study. *Clinical Neurophysiology.* 112, 393-403.

Braak, H. y Braak, E. (1988). Neuropil threads occur in dendrites of tangle-bearing nerve cells. *Neuropathology and Applied Neurobiology*, 14, 39-44.

Bramen JE, Hranilovich JA, Dahl RE., Forbes EE, Chen J, Toga AW, Dinov ID, Worthman CM, Sowell ER. (2011). Puberty influences medial temporal lobe and cortical gray matter maturation differently in boys than girls matched for sexual maturity. *Cerebral Cortex.* ;21:636–646.

Brinley, F. J. (1980). Volume conductor theory. En V. Mountcastle (Ed.), *Medical physiology* (14a.ed). (pp. 290-295). Estados Unidos: C.V. Mosby Co.

Brötzner, C. P., Klimesch, W., Doppelmayr, M., Zauner, A., & Kerschbaum, H. H. (2014). Resting state alpha frequency is associated with menstrual cycle phase, estradiol and use of oral contraceptives. *Brain Research*, 1577 (100), pp.36-44. [.http://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.06.034](http://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.06.034)

Bruns A., Eckhorn, R. (2004) Task-related coupling from high- to low-frequency signals among visual cortical areas in human subdural recordings. *Int J Psychophysiol* 51: 96-116.

Brust-Carmona H. Los cambios de la percepción durante algunos procesos de aprendizaje. *Gac Med Méx* 1963; 93: 497-503.

Brust-Carmona H, Galicia M, Flores ÁB, Borunda F, Yáñez O. (2013a) Las neurociencias en el diagnóstico y en la evaluación de la rehabilitación integral de secuelas de lesiones cerebrales en el INR. *Investigación en Discapacidad* 1:8-37.

Brust-Carmona H, Martínez-Serrato Y, Flores-Ávalos B, Alducín-Cstillo J, Yáñez-Suarez O. (2017). Electroencephalographic Indicators in Default Mode, Habituation, and Visual-motor Association in Female College Students. *Rev Inv Clinica* 3; 69(1): 274-285.

Brust-Carmona H, Valadez G, Flores-Ávalos B, Martínez JA, Sánchez A, Rodríguez MA, Peñaloza Y, et al. (2013b) Potencia absoluta de oscilaciones corticales y su distribución topográfica en una muestra de adultos jóvenes en vigilia inactiva y en atención inespecífica. *Rev Inv Clinica* 3; 65(1): 52-64

Bullmore E, Sporns O. (2009) Complex brain networks: graph theoretical analysis of structural and functional systems. *Nat Rev Neurosci.*10:186–98. <https://doi.org/10.1038/nrn2575>

Buzsáki G., Draguhn A. (2004). Neuronal oscillations in cortical networks. *Science* 304, 1926–1929. [10.1126/science.1099745](https://doi.org/10.1126/science.1099745).

Buzsáki, G. (2006). *Rhythms of the Brain*. Oxford University Press. New York (6): 136.

Casey BJ, Giedd JN, Thomas KM. Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biol Psychol.* 2000; 54:241–257. doi: 10.1016/S0301-0511(00)00058-2.

- Chen AC, Feng W, Zhao H, Yin Y, Wang P. (2008) EEG default mode network in the human brain: spectral regional field powers. *NeuroImage*; 41:561–574. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.12.064.
- Coburn, K.L., Lauterbach, E.C., Boutros, N.N., Black, K.J., Arciniegas, D.B. & Coffey, C.E. (2006). The value of quantitative electroencephalography in clinical psychiatry: A report by the Committee on Research of the American Neuropsychiatric Association. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 18(4), 460-500.
- Cohen, R. A.; Sparling-Cohen, Y. A. & O'Donnell, B. F. (1993). *The Neuropsychology of Attention*. New York: Plenum Press.
- Craik, M. I. F. & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of verbal Learning and verbal Behavior*, 11: 671-684.
- Da Silva LF (2013) Principles of neural coding from EEG signals. Boca Raton. FL.: Taylor & Francis Group. In Quian, Q. R., & In Panzeri, S. 266-290.
- Da-Silva P.J.G., Infantosi A.F.C., Nadal J. (2010) Event-Related Synchronization/Desynchronization for Evaluating Cortical Response Detection Induced by Dynamic Visual Stimuli. In: Bamidis P.D., Pallikarakis N. (eds) XII Mediterranean vol 29. *Springer, Berlin, Heidelberg*. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-13039-7_10
- Deschênes M, Roy JP, Steriade M (1982) Thalamic bursting mechanism: a slow inward current revealed by membrane hyperpolarization. *Brain Rev* 239:289–293
- Destexhe, A. & Sejnowski, T.J. (2003). Interactions between membrane conductances underlying thalamocortical slow-wave oscillations, *Physiological Reviews*, 83(4), 53-84.
- ed.). (pp. 290-295). Estados Unidos: C.V. Mosby Co.
- Engel AK, Fries P, Singer W (2001) Dynamic predictions: Oscillations and synchrony in top–down processing. *Nat Rev Neurosci* 2: 704-716.
- Eonomoto, T., Ono, Y., Nose, T., Maki, Y., y Tsukada, K. (1986). Electroencephalography in minor head injury in children. *Childs Nervous System* 2: 72-79.
- Forns, M., Amador, J., (1995) Repertorios cognoscitivos de la atención, percepción y memoria. Barcelona. Edit. Colloums. 368-386. doi: 10.1344/402.000000144
- Fries P. (2015) Rhythms for Cognition: Communication through Coherence. *Neuron*; 88:220–235. doi: 10.1016/j.neuron.2015.09.034.
- Gaddes, W. H., & Edgell, D. (1994). Learning disabilities and brain function, New York: Springer-Verlag.
- García, E. (2003), “Neuropsicología y género”, *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 23(86):7-19.
- Gevins, A., Smith, M., McEvoy, L., & Yu, D. (2011). High-resolution EEG mapping of cortical activation related to working memory: effects of task difficulty, type of processing, and practice. *Cerebral Cortex*, 374–385.
- Gillund, G. (1984). A retrieval model for both recognition and recall. *Psychological Review*, 91 (1): 1-67.

Gómez-Pérez, E., Ostrosky-Solís, F. & Próspero-García, O. (2003). Desarrollo de la atención, la memoria y los procesos inhibitorios: relación temporal con la maduración de la estructura y función cerebral. *Revista de Neurología*, 37(6), 561-567.

Grieve, J. (1993). Neuropsicología para Terapeutas Ocupacionales Evaluación de la Percepción y de la Cognición. Montevideo: Médica Panamericana S.A

Güntekin B., Emek-Savaş D.D., Kurt P., Görsev G.G., Başar E. Beta oscillatory responses in healthy subjects and subjects with mild cognitive impairment. *NeuroimageClin*. 2013; 3:39–46.

Gur RC, et al. (2012) Age group and sex differences in performance on a computerized neurocognitive battery in children age 8-21. *Neuropsychology* 26(2):251–265.

Gvilia I (2010) Underlying brain mechanisms that regulate sleep-wakefulness cycles. *Int Rev Neurobiol* 93: 1-21.

Harmony T., Fernandez T., Silva J., Bernal J., Diaz-Comas L., Reyes A., et al. (1996). EEG delta activity: an indicator of attention to internal processing during performance of mental tasks. *Int. J. Psychophysiol.* 24 161–171. 10.1016/S0167-8760(96)00053-0

Harmony, T. (2013). The functional significance of delta oscillations in cognitive processing. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7, 83. <http://doi.org/10.3389/fnint.2013.00083>.

Holmes, Joni y Adams, John. (2006). Working memory and children's mathematical skills: Implications for mathematical development and mathematics curricula. *Educational Psychology*, 26, 339-366. doi.org/10.1080/01443410500341056.

Hughes, J. (2008). Gamma, fast, and ultrafast waves of the brain: Their relationships with epilepsy and behavior. *Epilepsy & Behavior*, 13(1), 25-31.

Hummel F, Gerloff C (2005) Larger interregional synchrony is associated with greater behavioral success in a complex sensory integration task in humans. *Cerebral Cortex* 15: 670-678.

Huster R. J., Enriquez-Geppert S., Lavallee C. F., Falkenstein M., Herrmann C. S. (2013). Electroencephalography of response inhibition tasks: functional networks and cognitive contributions. *Int. J. Psychophysiol.* 87, 217–233. 10.1016/j.ijpsycho.2012.08.001.

James, W. (1950). The principles of psychology. New York: Dover Publications, Inc. (edición original de 1890).

Jazin E, Cahill L (2010). Sex differences in molecular neuroscience: From fruit flies to humans. *Nat Rev Neurosci* 11(1):9–17.

Jimmmy, O., Almorán, F., Osrell J., (2007) Análisis de Fourier y cálculo operacional aplicados a la electrotecnia. *Ciencia y Tecnología*: 35(4): 135-154.

Karamacoska D, Barry RJ, Steiner GZ (2017) Resting state intrinsic EEG impacts on go stimulus-response processes. *Psychophysiol* 54: 894-903.

Klimesch W, Sauseng P, Hanslmayr S (2007) EEG alpha oscillations the inhibition-timing hypothesis. *Brain Res Rev*.53, 63-88. doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.06.003

- Klimesch W. (1997). EEG-alpha rhythms and memory processes. *Int. J. Psychophysiol.* 26, 319–340. 10.1016/S0167-8760(97)00773-3.
- Klimesch W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res. Rev.* 29, 169–195. 10.1016/S0165-0173(98)00056-3.
- Klimesch W., Doppelmayr M., Yonelinas A., Kroll N.E., Lazzara M., Roehm D., Gruber W. Theta synchronization during episodic retrieval: Neural correlates of conscious awareness. *Cogn. Brain Res.* 2001; 12:33–38. doi: 10.1016/S0926-6410(01)00024-6.
- Knigh, R (1991). Evoked potential studies of attention capacity in human frontal lobe lesions. *Frontal lobe and dysfunction*. New York. Oxford University Press. Chapter 4: 99-122.
- Knyazev GG (2012) EEG delta oscillations as a correlate of basic homeostatic and motivational processes. *Neurosci Biobehav Rev.* 36, 677-695. doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.10.002
- Kopell N, Kramer MA Malerba P, Whittington MA (2010) Are different rhythms good for different functions? *Front Hum Neurosci* 4: 187.
- Lezak, M. (1995). *Neuropsychological assessment*. Oxford: Oxford University Press.
- Llinas R., Urbano F. J., Leznik E., Ramirez R. R., Van Marle H. J. (2005). Rhythmic and dysrhythmic thalamocortical dynamics: GABA systems and the edge effect. *Trends Neurosci.* 28, 325–333. 10.1016/j.tins.2005.04.006.
- Lopes da Silva FH & Pfurtscheller (1999) Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clinical Neurophysiology. Official Journal of the International Federation of Clinical* 10.1016/j.tins.2005.04.006. *Neurophysiology.* 110: 1842-57. PMID 10576479 DOI: 10.1016/S1388-2457(99)00141-8.
- Lopes da Silva FH (1991) Hippocampal RSA in humans. *Trends in Neurosciences.* 14: 138, author reply 13. PMID 1710850 DOI: 10.1016/0166-2236(91)90082-6
- Lopes da Silva, F. (1982). *Event-related Potentials: Methodology and Quantification*. Electroencephalography, basic principles, clinical applications and related fields. 4ta edición, 947-957. Lippincott Williams & Wilkins: USA.
- Luria, A. R. (1980). *Fundamentos de la neurolingüística*. Barcelona. Ed. Toray Masson, S.A.
- Luria, A.R. (1984). *Conciencia y lenguaje*. Madrid: Visor
- Marosi, E. (2008) *EEG computarizado*. Electroencefalografía de la A a la Z, primera edición, 169-190 Edit. UNAM: FES Iztacala.
- Mesulam, M. (1990). Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language and memory. *Annals of Neurology*, 28, 597-613.
- Michels, L., Muthuraman, M., Lühinger, R., Martin, E., Anwar, A., Raethjen, J., Brandeis, D., y Siniatchkin (2013) Developmental changes of functional and directed resting-state connectivities associated with neuronal oscillations in EEG. *NeuroImage* 15(36): 232-244.

Moruzzi G, Magoun HW (1949) Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1: 455-73.

Neuper C, Pfurtscheller, G (2001) Event-related dynamics of cortical rhythms: frequency-specific features and functional correlates. *International Journal of Psychophysiology* (43): 41-58. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(01\)00178-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(01)00178-7)

Palva S., Palva J. M. (2007). New vistas for α -frequency band oscillations. *Trends Neurosci.* 30 150–158. 10.1016/j.tins.2007.02.001.

Paul L. Nuñez & Ramesh Srinivasan (2006) A theoretical basis for standing and traveling brain waves measured with human EEG with implications for an integrated consciousness., *Physiological Reviews*, (117), 2424-2435. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2006.06.754>

Peyton D (2017) La atención de los síntomas psicológicos durante el climaterio femenino. *Avances en Psicología Latinoamericana*. Vol.25: 44-51.

Pfurtscheller G, Guger C, Muller G, Krausz G, Neuper C. Brain oscillations control hand orthosis in a tetraplegic. *Neurosci Lett.* 2006 Oct; 292(3):211–214.

Pfurtscheller G, Lopes da Silva FH. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. *Clin Neurophysiol.* 1997;110 (11):1842–1857. pmid:10576479

Pfurtscheller, G. (1998), "Motor imagery and direct brain-computer communication", *Proceedings of the IEEE*, vol. 89: 1123-1134, ISSN 0018-9219.

Pfurtscheller, G., Aranibar, A., (2001). Foot and hand area mu rhythms. *Int. J. Psychophysiol.* 26, 121:35.

Rapp, P. E., Keyser, D. O., Albano, A., Hernandez, R., Gibson, D. B., Zambon, R. A., ... Nichols, A. S. (2015). Traumatic Brain Injury Detection Using Electrophysiological Methods. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 11. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00011>

Redgrave P, Coizet V. Brainstem interactions with the basal ganglia. *Parkinsonism Relat Disord.* 2007;13(S3):301-305.

Reilly, E.L (1982) *EEG Recording and operation of the apparatus*. Electroencephalography, basic principles, clinical applications and related fields, 122-142. Lippincott Williams & Wilkins: USA.

Riekkinen, P., Buzsáki, G., Riekkinen Jr,P., Soininen, H. y Partanen, J. (1991) The cholinergic system and EEG slow waves. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* (78): 89-96.

Rugg, D. Event-related fMRI: characterizing differential responses. *Neuroimage* 7 (1), 30-40.

Salmon, D.P. y Butters, N. (1987). Recent Developments in Learning and Memory: Implications for the Rehabilitation of the Amnesic Patient En M.J. Meier, A.L. Benton y L. Diller (Editores): *Neuropsychological Rehabilitation*, (280-293). Nueva York: Guilford Press.

Sauseng P., Griesmayr B., Freunberger R., Klimesch W. (2010). Control mechanisms in working memory: a possible function of EEG theta oscillations. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 34, 1015–1022. 10.1016/j.neubiorev.2009.12.006

- Sauseng P., Klimesch W. (2008). What does phase information of oscillatory brain activity tell us about cognitive processes? *Neurosci. Biobehav. Rev.* 32, 1001–1013.
- Semmlow, J & Benjamin G., (2014) *Biosignal and Medical Image Processing*, 3ra edición CRC Press, 630-637. CA.
- Shiffrin, R. M. & Atkinson, R. C. (1969). Storage and retrieval processes in long term memory. *Psychological Review*, 76: 179-193.
- Silva-Pereyra. S. (2011) *Medición de la actividad eléctrica cerebral.: Métodos en neurociencias cognoscitivas*, 26-39. El Manual Moderno: México.
- Smith, J., "Spectral Audio Signal Processing", March 2007 Version, Center for Computer Research in Music and Acoustic (CCRMA), Stanford University.
- Snell, R.S. (1994). *Neuroanatomía Clínica* (3ª ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana. (Traducción de A. Kaufman).
- Sohlberg, M. M. & Mateer, C. A. (1989). *Introduction to cognitive rehabilitation. Theory and Practice*. New York: The Guilford Press.
- Sokolov EN (1963) Higher Nervous Functions: The Orienting Reflex. *Rev Physiol* 25: 545-580.
- Steriade, M., Gloor, P., Llinás, R., Lopes da Silva, F., y Mesulam, M (1990) Basic mechanisms of cerebral rhythmic activities *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* (76): 481-.508.
- Swartz BE, Goldensohn ES (1998) Timeline of the history of EEG and associated fields. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 106 (2): 173-176. doi: 10.1016/S0013-4694(97)00113-2.
- Takahashi, T. (1982) *Activation Methods. Electroencephalography, basic principles, clinical applications and related fields*. 4ta edición, 261-284.
- Tejeiro-Martínez, J. (2005). *Características del EEG normal* Electroencefalografía clínica básica primera edición, 127-167. Edit. Viguera Editores.
- Tellez L., (2002) *Atención, aprendizaje y memoria. Aspectos psicobiológicos*. Vol.I. México, edit, Trillas.
- Thompson, R. F. (2009). Habituation Revisited: An Updated and Revised Description of the Behavioral Characteristics of Habituation. *Neurobiology of Learning and Memory*, 92(2), 135–138. <http://doi.org/10.1016/j.nlm.2008.09.012>
- Tranel D, Hyman BT. Neuropsychological Correlates of Bilateral Amygdala Damage. *Arch Neurol*.1990;47(3):349–355. doi:10.1001/archneur.1990.00530030131029
- Tranel, D. y Damasio, A.R. (1995). Neurobiological foundations of human memory. En: Baddeley, A.D., Wilson, B.A., y Watts, F.N. (Eds.). *Handbook of Memory Disorders* (pp. 27-50). Chichester, England: John Wiley y Sons, Ltd.
- Tulving, E. (1987). Multiple memory systems and consciousness. *Human Neurobiology*, 6: 67-80.
- Tundela, P. (1992). «Atención», Atención y percepción. Vol. 3 (pp. 119-163), Pinillos (eds.). *Tratado de psicología general*. Madrid: Alhambra.

Varela F, Lachaux JP, Rodriguez E, Martinerie J (2001) The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration. *Nat Rev Neurosci* 2: 229-239.

Vega, M. (1986). *Introducción a la Psicología cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial.

Wallace B, Wagner A, Wagner E, McDevitt J. A history and review of quantitative electroencephalography in traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil*: 16(2):165–190.

Walter, W. (1965) Physical and mathematical approaches to the study of the electrical Behavior of excitable membranes. *Journal of cellular Physiology* (66) 1-3.
doi: 10.1002/jcp.1030660504.

Woodbury, J.W.O. (1965). Potentials at a volume conductor. En T. Ruch, y H. D. Patton (Eds.), *Physiology and biophysics* (19a. ed.) (pp. 85-91). Filadelfia: W.B. Saunders Co.

SECRETARIA DE SALUD

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

El Instituto Nacional de Rehabilitación está realizando un proyecto de investigación en colaboración con la Facultad de Psicología UNAM titulado “Caracterización del electroencefalograma relacionada con el proceso de habituación a la fotoestimulación y de asociación visual-motora en estudiantes universitarios”. El objetivo del estudio es describir la potencia absoluta de cuatro frecuencias del espectro de potencia del EEG en una muestra de 20 estudiantes de licenciatura del género femenino y 20 masculinos en condiciones de reposo con ojos cerrados, durante el aprendizaje por habituación y por asociación. El estudio se está realizando en las instalaciones del Instituto Nacional de Rehabilitación en el departamento de Electrodiagnóstico.

Si usted acepta participar en el estudio, ocurrirá lo siguiente: le haremos algunas preguntas acerca de su estado de salud en general, como por ejemplo enfermedades que pueda padecer y cuestiones generales acerca de hábitos de salud o alimentación. La entrevista tendrá una duración aproximada de 10 minutos y se llevará a cabo en la sala de juntas del departamento de Electrodiagnóstico del INR. Le aclaramos que tanto las entrevistas como los registros serán realizadas por personal capacitado.

Toda la información que usted nos proporcione para el estudio será de carácter estrictamente confidencial, será utilizada únicamente por el equipo de investigación del proyecto y no estará disponible para ningún otro propósito. Usted quedará identificado(a) con un número y no con su nombre. Los resultados de este estudio serán publicados con fines científicos, pero se presentarán de tal manera que no podrá ser identificado(a).

La participación en este estudio es absolutamente voluntaria. Usted está en plena libertad de negarse a participar o de retirar su participación del mismo en cualquier momento.

Su firma indica su aceptación para participar voluntariamente en el presente estudio.

Nombre _____ del _____ participante:

Fecha: _____ Día / Mes / Año

HISTORIA CLÍNICA

FICHA DE IDENTIFICACIÓN Nombre completo:

Fecha de evaluación:

Fecha de nacimiento:

Edad:

Género:

Escolaridad:

Lateralidad:

Ocupación:

Escolaridad de la madre:

Escolaridad del padre:

Mujeres*periodo del ciclo menstrual:

OBSERVACIONES MÉDICAS Y NBEUROLÓGICAS

I.- Estado de alerta: consciente, somnoliento, estuporoso, comatoso, etc.

II.- En caso de que la persona esté tomando algún medicamento, especifique cuál, la dosis y la duración del tratamiento:

III.- Otros exámenes: angiografía, electroencefalográfica, etc.

IV.- Antecedentes médicos niños y adolescentes:

V.- Antecedentes médicos adultos:

Marque con una "X" en caso de que tenga o haya tenido alguna de las siguientes enfermedades:

() Hipertensión arterial

En tratamiento con...

() Enfermedades pulmonares

() Alcoholismo

() Farmacodependencia

¿Cuál? ¿Con que intensidad y duración?

() Disminución de agudeza visual o auditiva

Corregida con

() Traumatismos craneoencefálicos

Fecha intensidad trastornos posteriores

() Diabetes

() Tiroidismo

() Accidentes cerebrovasculares

Fecha intensidad trastornos posteriores

() Crisis epilépticas

Fecha intensidad trastornos posteriores

() Otros

ANTECEDENTES HEREDOFAMILIARES

Padres:

Hermanos:.....:

Abuelos:.....

ANTECEDENTES PERSONALES:

Hábitos Tóxicos:

Alcohol:.....

.....

Tabaco:.....

.....

Drogas:.....

.....

1) ¿Realiza usted algún tipo de ejercicio?

2) ¿Cuál?

3) ¿Cuántas veces a la semana?

4) ¿Alrededor de cuantas horas por sesión?

5) ¿Desde hace cuánto tiempo?

Alimentación

Describe grosso modo su ingestión de comida y bebidas al día

Desayuno

Comida

Cena

Entre comidas

CUESTINARIO POST-REGISTRO

Nombre del participante:

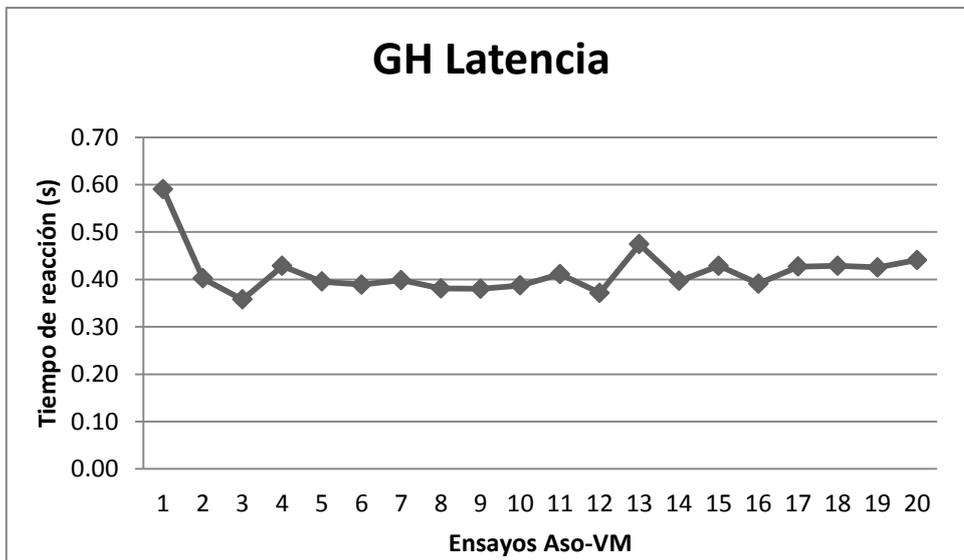
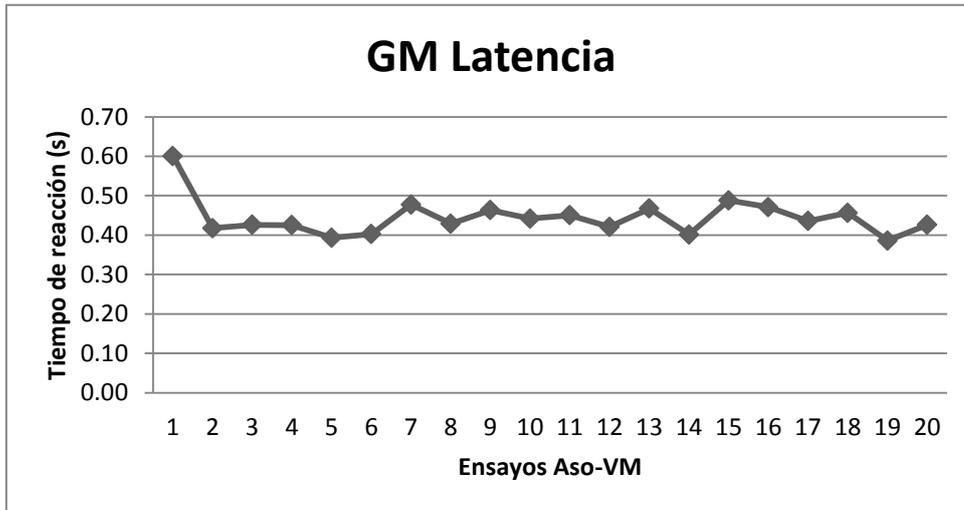
1. - ¿Se quedó dormido en algún momento del estudio?
2. - ¿En cuántas ocasiones?
3. - ¿Se quedó dormido desde en la fase de ojos cerrados? (Al inicio del protocolo).
- 4.- ¿Se quedó dormido en la fase de ojos cerrados-ojos abiertos?
5. - ¿Se quedó dormido durante la fase en la que recibió los primeros 20 destellos? (Cuando no tenía que hacer nada).
- 6.- ¿Se quedó dormido durante la fase de los segundos 20 destellos? (cuando tenía que presionar el botón).
- 7.- ¿Se quedó dormido en la etapa de hiperventilación? (respiración rápida y profunda)
- 8- ¿En qué pensó durante la primera fase de ojos cerrados?
- 9.- ¿En qué pensó durante la fase de ojos cerrados y ojos abiertos?
- 10.- ¿En qué pensó durante la fase de los primeros 20 destellos fóticos? (Cuando no tenía que hacer nada).
- 11.- ¿En qué pensó durante la fase de los segundos 20 destellos? (cuando tenía que presionar el botón).
- 5.- ¿Considera que ha dormido bien la noche previa al estudio?
- 6.- ¿Aproximadamente cuántas horas?
- 7.- ¿Realiza algún tipo de ejercicio?, ¿cuál?
- 8.- En caso de ser afirmativa la respuesta anterior ¿cuánto tiempo a la semana le dedica a la actividad física?

9. - ¿A lo largo del estudio percibió alguno de los siguientes síntomas? ¿En qué grado?

	En absoluto	Levemente	Moderadamente	Severamente
1 Torpe o entumecido.				
2 Acalorado.				
3 Con temblor en las piernas.				
4 Incapaz de relajarse				
5 Con temor a que ocurra lo peor.				
6 Mareado, o que se le va la cabeza.				
7 Con latidos del corazón fuertes y acelerados.				
8 Inestable.				
9 Atemorizado o asustado.				
10 Nervioso.				

10.- ¿Desea agregar algún comentario?

Latencia de respuesta



El eje de las abscisas representa el número de ensayos de estímulos fóticos en la condición de Aso-VM y el de las ordenadas la latencia medida en segundos.

Promedios de los tiempos de reacción del momento en el que el estímulo fótico aparecía al momento en el que los sujetos presionaron el botón en los 20 ensayos de la condición Aso-VM GM y del GH. Se obtuvo una disminución promedio de 16 segundos en ambos grupos.