

LAS ONDAS ALFA DEL ELECTROENCEFALOGRAMA CUANTIFICADO Y SU RELACIÓN CON LA EVOCACIÓN IMAGINARIA DE CONTENIDOS DIFERENCIADOS

The alpha waves of the quantified electroencephalogram and its relation to the imaginary evocation of differentiated contents

Jesús Sánchez, Marcos Jofré, Martín Burán

Laboratorio de Neuropsicología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Congreso*

RESUMEN

Las ondas alfa del electroencefalograma han sido vinculadas a diferentes estados de conciencia, procesos cognitivos y emocionales. Se trata de una actividad neurofisiológica proveniente de grupos neuronales sincronizados que nos ofrece información de áreas de la corteza cerebral con menor actividad durante la vigilia. Se construyeron Mapas Topográficos Cerebrales grupales que ilustran patrones de distribución topográfica del poder absoluto promedio durante la imaginación de objetos e imaginación de acciones. Se realizó la prueba de Friedman con post-hoc de Wilcoxon sobre cada canal individual en dos situaciones experimentales diferentes. Se concluye que existieron diferencias topográficas claras en la distribución de ondas alfa para cada condición y hubo cambios estadísticamente significativos entre las diferentes condiciones experimentales en áreas bien diferenciadas.

Palabras clave: ondas alfa, mapa cerebral, neuropsicología, potencia absoluta, imaginación, cognición.

ABSTRACT

The alpha waves of the electroencephalogram have been linked to different states of consciousness, cognitive and emotional processes. It is a neurophysiological activity from synchronized neuronal groups that offers information about areas of the cerebral cortex with less activity during wakefulness. Brain Topographical Group Maps that illustrate patterns of topographic distribution of average absolute power during the imagination of objects and imagination of actions were constructed. The Friedman test was performed with Wilcoxon post-hoc on each individual channel in two different experimental situations. It is concluded that there were clear topographic differences in the distribution of alpha waves for each condition and there were statistically significant changes between the different experimental conditions in well differentiated areas.

Key words: alpha waves, brain mapping, neuropsychology, absolute power, imagination, cognition.

* Contacto: marcosjofreneila@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las imágenes que representan la actividad eléctrica del cerebro, como el electroencefalograma cuantificado, resultan una de las formas más económicas, no invasivas y rápidas de estudiar rasgos generales de la actividad del cerebro. Estas brindan cierta información local de la actividad cerebral y, además, permiten su estudio en función de factores, condiciones y procesos cognitivos diferentes.

Construir tipologías de actividad cerebral para determinadas tareas cognitivas no es algo nuevo; sin embargo, es innovadora y relevante la observación que la Psicología puede hacer de las conductas electrofisiológicas del cerebro al momento de realizar determinadas tareas como imaginar objetos y acciones.

La información que proporcionan los mapas topográficos cerebrales refleja generalmente la dinámica de la corteza cerebral y proviene del análisis cuantitativo de la potencia de esas ondas basado en las Transformadas de Fourier, comúnmente abreviado como FFT. El análisis basado en Transformadas de Fourier permite un estudio completo de las ondas cerebrales y sus componentes (Gómez, Escera, Cilveti, Polo, Diaz y Portavella, 1992). Esta investigación pretende construir mapas topográficos cerebrales que representen al grupo de estudio y comparar las mediciones entre diferentes procesos cognitivos como la imaginación de objetos y de acciones.

Un electroencefalograma, abreviado frecuentemente como EEG, es una técnica que permite registrar la actividad eléctrica de millones de neuronas en simultáneo mediante un dispositivo llamado electroencefalógrafo, el cual capta las ondas cerebrales a través de electrodos que se adhieren al cuero cabelludo. La actividad resultante registrada a nivel del cuero cabelludo está compuesta por la suma de potenciales postsinápticos excitatorios e inhibitorios correspondiente a un área mayor debajo de dicho electrodo. Las características de las

ondas cerebrales, desde su descubrimiento, se vincula a diferentes estados de la conciencia (Pinel, 2006).

Las diferencias de potencial ínfimas (del orden de la millonésima parte de un voltio, es decir: $1,0 \times 10^{-6}$ Voltio para 1 Microvoltio) resultan posibles a través de la amplificación de las diferencias de potencial entre los electrodos que la captan (Ramos-Argüelles, Morales, Egozcue, Pabón y Alonso, 2009). Estas diferencias de potencial también reciben el nombre de registros locales de potenciales de campo (Luck, 2005) y son el resultado de la apertura o cierre de los canales iónicos por acción de los neurotransmisores sobre la membrana de la célula postsináptica.

Las ondas cerebrales varían de acuerdo a la tarea que el cerebro realiza y se clasifican según bandas de frecuencia, con un rango que varía sutilmente de acuerdo a varios autores. Las ondas delta aparecen durante el sueño profundo y se encuentran entre los 0,5 y 3 ciclos por segundo (Hertzios, abreviado como Hz). Las ondas theta están vinculadas a estados de tranquilidad profunda, tienen menor amplitud que las ondas delta y se encuentran entre los 4 y 7 Hz. Con respecto a las ondas de interés en este estudio, las alfa, tienen un predominio en momentos de relajación o escasa actividad cerebral. Son ondas lentas y de menor amplitud que las delta y las theta, su frecuencia se encuentra entre los 8 y 12 Hz. Las ondas beta predominan durante la vigilia, tareas mentales y el rango de frecuencia se encuentra entre los 13 y 30 Hz. Las ondas gamma están vinculadas a procesos muy complejos, actividad intelectual o emocional elevada y su frecuencia se sitúa entre los 30 y 50 Hz (Chopin, 2000).

Hace tiempo las ondas alfa se vincularon al estado autógeno al registrarse una producción generalizada de estas (González de Rivera, 1982). La inducción de estados alterados de conciencia por procedimientos psicológicos de concentración o meditación se acompaña de cambios fisiológicos generales y es posible notar aumento de la cohe-

rencia interhemisférica, con mayor difusión y persistencia de ritmo alfa (García-Trujillo y González de Rivera, 1992). Como se mencionó anteriormente, las ondas alfa poseen frecuencias entre 8 y 13 Hz. Se registran en sujetos normales despiertos, en estado de reposo o sin actividad y con los ojos cerrados, localizándose en la zona occipital; su amplitud oscila entre los 20 y 200 μV (Ríos Valles, Tinoco y Fernández Escarzaga, 2007). Otros estudios más contemporáneos siguen considerando a las ondas alfa dentro del mismo rango (8 a 13 Hz) y se describen como ondas más lentas asociadas con la relajación y desconexión. Pensar en algo pacífico con los ojos cerrados da un aumento de la actividad alfa. De alguna manera, las ondas alfa indican un estado relajado de conciencia, sin atención o concentración (Torres, Sánchez, y Palacio-Baus, 2014). En el adulto normal el registro de ondas alfa sucede generalmente en estado de reposo físico y mental y con los ojos cerrados con potenciales rápidos beta en las zonas anteriores y ritmos alfa en las zonas posteriores (Galeano, y Velosa Buitrago, 2011). Existe un estudio que ha vinculado este tipo de actividad con el Chagas, habiendo un incremento significativo en el grupo que padece esta enfermedad respecto del control normal (Prost, Romero Villanueva, Morikone, Polo, y Bosch, 2000). Las ondas alfa resultan ser las más estudiadas en procesos cognitivos, son registradas muchas veces en período de descanso o modo basal y tienden a ser dominantes en dichos períodos y estados; sin embargo, cuando se inicia una tarea, las ondas dominantes pasan a ser beta (Tristán, Pavón y López, 2012). La presencia de ondas alfa ha sido vinculada con la atención flotante, no concentrada, decremento de la conciencia del mundo exterior, electroencefalograma sincronizado, conducta automática y pensamiento creador (García, García, Sauri Suárez, Meza Dávalos y Villagómez, 2013).

Tendremos en cuenta que todas estas investigaciones vinculan la actividad alfa con el descenso de actividad cerebral. Sugerimos prestar atención a este aspecto ya que un incremento de ondas alfa supondrá un des-

censo del nivel de activación cortical y un decremento supondrá un aumento de ella.

En esta investigación pretendemos conocer las diferencias en la expresión topográfica del poder absoluto promedio grupal de las ondas cerebrales tipo alfa durante la imaginación evocada verbalmente con un audio-track normalizado, diferenciándose la imaginación de objetos de la imaginación de acciones.

METODOLOGÍA

Diseño

El estudio corresponde a un diseño cuantitativo transversal con alcance descriptivo, de tipo quasi-experimental (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014) con medición en línea.

Participantes

La muestra fue intencional no probabilística y estuvo compuesta por voluntarios de ambos sexos que residen en el Gran Mendoza y que alcanzaron o superaron la edad de 18 años. Como factor de exclusión se encuentra el informar alguna patología que pudiese afectar el registro, ya que el estudio tiene como objetivo conocer el funcionamiento del cerebro normal.

En total se realizaron 43 estudios, de los cuales se descartaron 11 por estar contaminados con interferencia mioeléctrica, fallos en la sincronía de disparo del audio guía y registro EEG, bajas impedancias, etc. Quedó así una muestra de 32 personas. La gran mayoría de los participantes fueron convocados dentro de la Universidad de Congreso (27 participantes).

De las 32 personas voluntarias cuyos estudios resultaron válidos para la cuantificación, 19 resultaron ser mujeres y 13, hombres, con edades entre 19 y 42 años ($ME = 24,3$ $DE = 5,88$).

Instrumentos

Se utilizó un cuestionario ad-hoc para relevar información sociodemográfica y académica, opiniones acerca de la experiencia, etc.

Los EEGs se registraron utilizando un electroencefalógrafo digital Neutronic ME-2100, con montaje monopolar, referencia auricular independiente (A1/A2) en los lóbulos de las orejas, adheridos con pasta conductora para EEG Neutronic PC-1000 y gasa. Se utilizó casco Scalp de marca Speed, con gel especial para EEG: Neutronic GC-1000. El casco distribuye los 20 canales de acuerdo al sistema internacional 10-20 de posicionamiento de electrodos, y se usaron dos cascos en dos medidas diferentes, mediano y grande. Se utilizaron dos computadoras, ambas con las características que el fabricante exige para la correcta operación del módulo EEG y software así como para la cuantificación.

Procedimiento

Las mediciones fueron llevadas a cabo en el Laboratorio de Neuropsicología de la Universidad de Congreso. Se dio cita a los participantes de manera individual. En primer lugar, los voluntarios firmaron un consentimiento informado donde se explica todo el procedimiento, fines, confidencialidad y el carácter anónimo de la investigación, también se les brindó la posibilidad de despejar cualquier duda que pudiese no estar explícita en el documento de consentimiento informado que firmaron. Luego se procedió a la colocación de los electrodos del electroencefalógrafo y se dio inicio al audio guía que indica los ejercicios a realizar.

Los participantes fueron evaluados en dos situaciones diferentes, consecutivas, en igual cantidad de tiempo y complejidad para todos según se detalla a continuación (no se incluye el tiempo de la consigna porque solo se ha cuantificado el proceso en cuestión):

1) Imaginación de objetos (12 objetos): 28 segundos.

2) Imaginación de acciones (4 acciones): 29 segundos.

El audio guía, a su vez, incluyó al comienzo una breve relajación guiada basada en respiración abdominal profunda de un minuto

de duración y tiene como objetivo reducir el nivel de ansiedad característico de la situación por estar los voluntarios sometidos a prueba. La duración total del audio es de 2 minutos. Los participantes realizaron las tareas asignadas con los ojos cerrados en todo momento y esta decisión fue tomada por las siguientes razones:

1) La entrada de información visual puede no ser tan controlable como la auditiva, las personas se pueden fijar en detalles diferentes para estímulos como videos, incluso consignas escritas, y pueden distraerse fácilmente.

2) La restricción de información visual permitiría conocer vínculos entre estos dos procesos, la imaginación de objetos y la imaginación de acciones, con más claridad.

3) La actividad alfa de fondo es más dispersa que con ojos abiertos, generando así una distribución más conocida y beneficiosa para apreciar cambios y contrastes de actividad eléctrica.

4) Los ojos cerrados reducen las interferencias de movimiento ocular permitiendo una menor interferencia de las ondas theta y delta en derivaciones frontales.

Todos los estudios fueron grabados en alta resolución. El uso o no de la puesta a tierra no mostró diferencia en los niveles de interferencia en el orden de los 50 Hz. Se utilizaron altavoces ambiente a volumen normalizado para la reproducción del audio.

PROCESAMIENTO DE DATOS

Se cuantificaron aquellas selecciones correspondientes a cada situación experimental en el intervalo de tiempo correspondiente a la resolución del ejercicio propuesto. Como criterio de selección se tuvo en cuenta la ausencia de artefactos e interferencias visibles a nivel de la exploración visual. La unidad de medida escalar utilizada fue la potencia absoluta (microvoltio elevado al cuadrado sobre Hertzio). En esta misma unidad se exportaron las tablas pro-

medio de la banda de frecuencia correspondientes a alfa. Para el procesamiento de señales se utilizó el software provisto por el fabricante: Analizador de Señales Neutronic. Se utilizó el cálculo de histograma FFT y exportación de tabla promedio a matriz de Excel. Posteriormente, se diseñaron planillas de transposición de matriz a fila para poder ser volcado a SPSS y, finalmente, se diseñó una planilla de importación para convertir los valores medios procesados por SPSS en mapas topográficos cerebrales representativos del grupo mediante el software Neutronic.

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SPSS 24.0. Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión, prueba de Shapiro-Wilk para distribución normal sobre canales individuales, prueba de Friedman como alternativa no paramétrica a la prueba de ANOVA de mediciones repetidas sobre canales individuales y prueba post-hoc de Wilcoxon sobre canales individuales, fijándose para esta un nivel de significación de $p = 0,05$ y un intervalo de confianza del 95%.

DESCRIPCIÓN INDIVIDUAL DE LA DISTRIBUCIÓN TOPOGRÁFICA DE ONDAS ALFA EN CADA SITUACIÓN

Abordaje

Es importante considerar, antes de abordar la lectura de mapas, que el aspecto global de la distribución topográfica de potencia absoluta y también de los mapas comparativos entre situaciones consecutivas puede resultar similar de situación en situación y, dependiendo del tipo de monitor, color, etc., pueden no apreciarse algunas diferencias que en la mayor parte de los casos son sutiles. Si esto sucediera, es importante acudir siempre a las tablas de valor absoluto promedio que se suman a este trabajo para completar la lectura descriptiva de los mapas, analizar posibles errores de medición, etc. Los mapas son siempre una herramienta cuali-cuantitativa que nos sirve para inferir ciertas dinámicas, regiones, distribuciones, y explorar de forma global la actividad eléctrica. Algunas de estas características no se podrían apre-

ciar desde el número absoluto; sin embargo, siempre sugerimos la lectura de los valores absolutos de las tablas y remitirse a ellas en todo momento. El orden de tablas y gráficos sigue una lógica de exploratoria en primera instancia para luego mostrar el aspecto absoluto de los estadísticos descriptivos, comparar las dos situaciones consecutivas en términos absolutos, conocer la variación porcentual entre las dos situaciones en términos relativos y localizar cambios estadísticamente significativos.

Unidades y fórmulas

Se encontrarán a lo largo del recorrido las siguientes unidades:

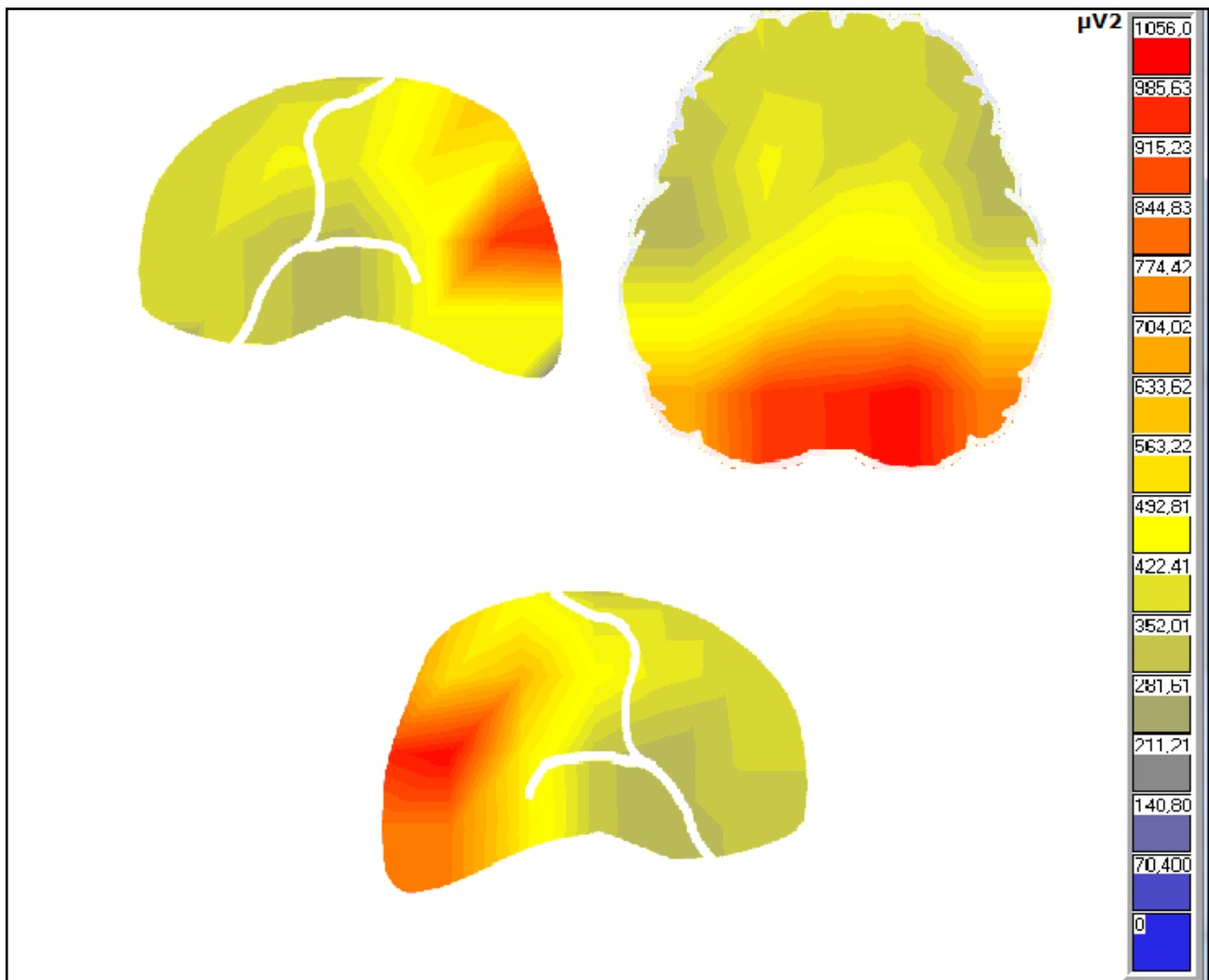
uV2: es la expresión de la **potencia absoluta** y corresponde a microvoltio elevado al cuadrado sobre Hertzio, es decir, el área bajo la curva del espectro de potencia para un rango de frecuencia en este caso correspondiente a alfa.

uV2 x 100: es la expresión de la **potencia absoluta multiplicada por 100** a fines de mejorar ciertos contrastes en los mapas. Siempre se puede conocer el valor real dividiendo el valor de la paleta por 100.

VP: Variación Porcentual. Consiste en multiplicar el valor final por 100, dividirlo por el valor inicial y restarle 100. Esta operación matemática nos **permite saber si los valores aumentaron de un momento a otro (variación porcentual positiva), si disminuyeron (variación porcentual negativa) y en qué proporción, considerando al valor inicial como el punto de partida, es decir, el 100%**. La variación porcentual es una unidad útil para cotejar con las diferencias de media y pruebas de significatividad estadística, además un auxilio importante en la estadística descriptiva.

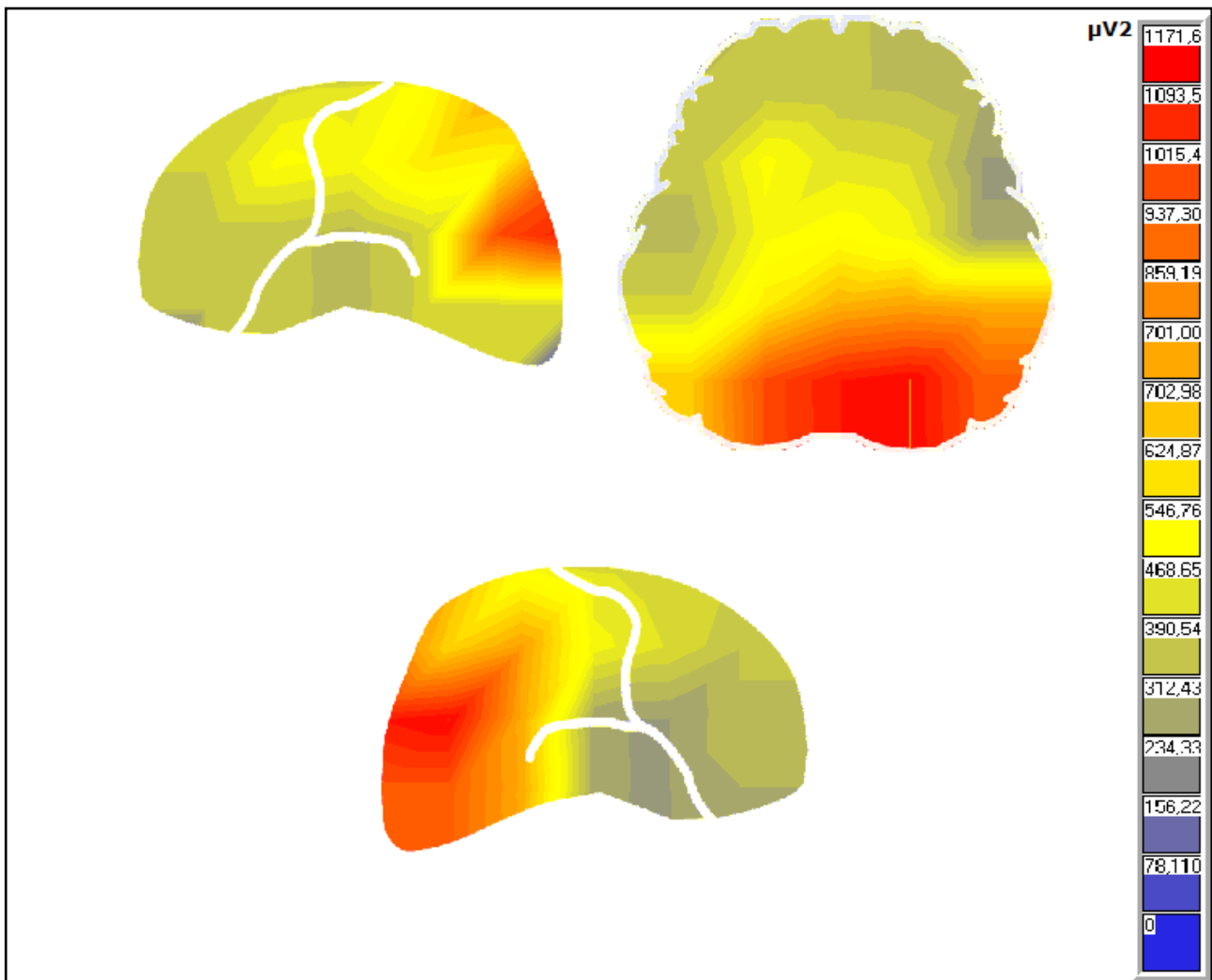
RESULTADOS

Mapa 1: Imaginación de objetos - Potencia Absoluta Alfa ($\mu V^2 \times 100$)



Durante la tarea de imaginar de objetos, la distribución de las ondas alfa resultó mayor en la zona posterior, con marcada simetría y notoria concentración en las zonas parietales superiores izquierda y derecha, con aparente dispersión de gradiente hacia la zona central, pre-central y postcentral derecha. Se aprecia tendencia a la simetría frontal. Las zonas temporales se muestran con menor actividad. Es posible que esta simetría se vincule con una participación balanceada de ambos hemisferios al momento de imaginar objetos. Las diferencias sutiles en la simetría podrían tener un valor especial pasible de ser analizado a través de otros procedimientos estadísticos y algoritmos de procesamiento de datos topográficos.

Mapa 2: Imaginación de acciones - Potencia Absoluta Alfa ($\mu V^2 \times 100$)



Al respecto de la situación de imaginación de acciones destaca un marcado contraste entre la actividad anterior y posterior. Se aprecia una distribución dispersa de la actividad alfa parietal izquierda superior, la zona central y precentral izquierda. Destaca la actividad a nivel interparietal superior y parietal derecha. También denota cierta asimetría frontal con tendencia izquierda. El nivel de actividad alfa es visiblemente menor en la zona temporal derecha, respecto de la zona temporal izquierda. Es posible inferir una mayor activación del lóbulo frontal derecho y del lóbulo temporal derecho durante esta tarea.

Tabla 1: Estadísticos descriptivos para imaginación de objetos (μV_2)

Estadísticos descriptivos - Imaginación de Objetos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
F1ALFAa	32	1,370	11,290	4,59344	2,377314
F3ALFAa	32	1,410	14,520	5,06563	3,130977
C3ALFAa	32	1,930	15,170	4,83375	3,015584
P3ALFAa	32	1,450	16,570	6,21969	4,374256
O1ALFAa	32	2,010	56,750	9,67281	10,904199
F7ALFAa	32	1,640	9,860	3,99781	2,112137
T3ALFAa	32	1,420	9,130	3,77781	1,958033
T5ALFAa	32	1,400	32,310	5,23594	5,912224
FZALFAa	32	1,640	13,620	4,52406	2,604139
CZALFAa	32	1,490	15,450	5,59563	3,368315
PZALFAa	32	2,180	22,200	7,10438	5,003643
OZALFAa	32	2,540	42,140	9,95125	8,776742
T6ALFAa	32	1,620	30,760	6,17094	6,039813
T4ALFAa	32	1,180	15,680	4,07406	3,427342
F8ALFAa	32	1,400	14,940	3,71156	2,590453
O2ALFAa	32	2,690	34,020	10,56031	8,209057
P4ALFAa	32	1,910	25,670	7,22125	5,738852
C4ALFAa	32	1,640	14,650	5,48000	3,639580
F4ALFAa	32	1,810	15,170	4,73750	2,865221
F2ALFAa	32	1,630	13,520	4,36156	2,608589
N válido (según lista)	32				

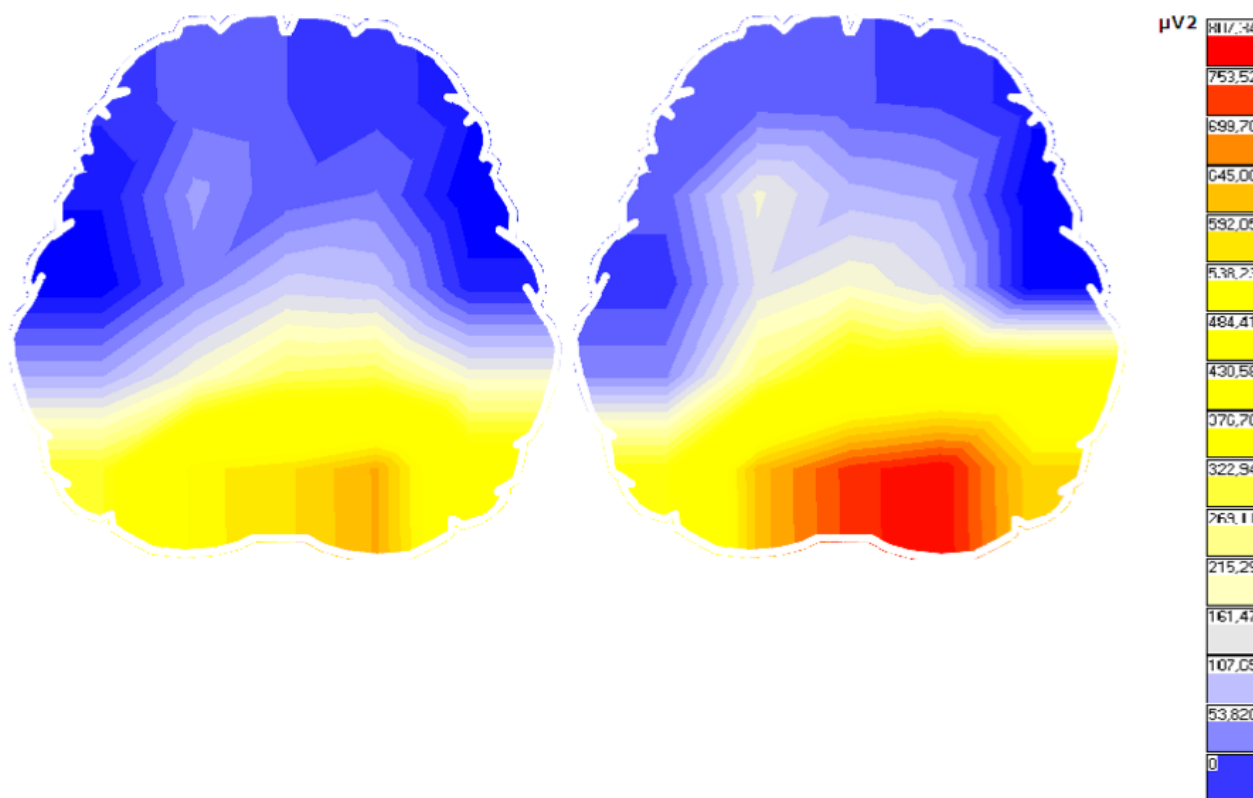
Los desvíos en las zonas occipitales indican que las ondas alfa tienden a ser de potencia diferente de persona en persona. No se eliminó el valor extremo máximo de 56,750 μV_2 en el electrodo O1 por tratarse de una medición sin errores confirmada por los grafoelementos del electroencefalograma de ese caso que presentó el valor extremo.

Tabla 2: Estadísticos descriptivos para imaginación de acciones (uV2)

Estadísticos descriptivos - Imaginación de Acciones					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
F1ALFAb	32	1,630	16,830	4,50625	2,698646
F3ALFAb	32	1,700	20,030	5,97844	3,874038
C3ALFAb	32	1,720	13,290	5,71781	3,262741
P3ALFAb	32	1,530	19,560	6,87813	4,343233
O1ALFAb	32	1,520	42,410	10,31000	8,524775
F7ALFAb	32	1,730	16,850	4,53125	3,049933
T3ALFAb	32	1,950	10,980	4,22813	2,087282
T5ALFAb	32	1,380	12,150	4,87094	2,863812
FZALFAb	32	1,700	21,330	5,25438	3,778735
CZALFAb	32	1,570	16,880	6,17094	3,682448
PZALFAb	32	2,210	17,240	8,18875	5,015628
OZALFAb	32	2,120	36,590	11,33188	8,468391
T6ALFAb	32	2,470	57,660	8,29875	10,071864
T4ALFAb	32	1,110	12,780	3,68406	2,313836
F8ALFAb	32	1,550	11,910	3,64281	2,045111
O2ALFAb	32	2,760	56,620	11,71625	10,422431
P4ALFAb	32	2,270	34,380	8,54156	6,784352
C4ALFAb	32	2,310	12,460	5,65281	2,914037
F4ALFAb	32	1,810	19,160	5,08781	3,374369
F2ALFAb	32	1,610	14,220	4,34594	2,450036
N válido (según lista)	32				

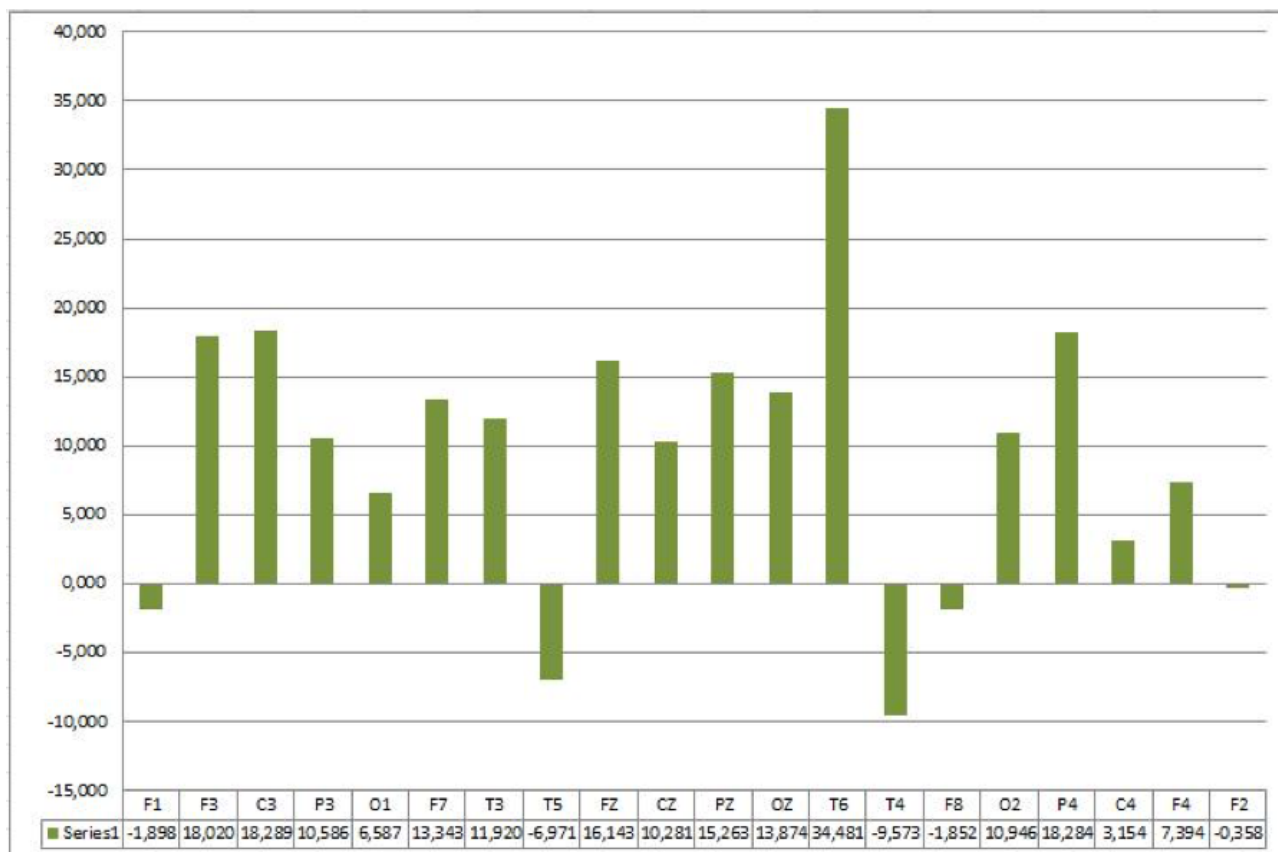
Se observan variantes similares a la tabla anterior. Obsérvese esta vez los valores máximos extremos simétricos a nivel de los electrodos O1 y O2. No se suprimen por ser variantes comunes del comportamiento de las ondas alfa occipital. Los desvíos estándar son en general elevados y se ve afectada la distribución normal para todos los canales.

Mapa comparativo 1: Imaginación de objetos - Imaginación de acciones ($\mu V2 \times 100$)



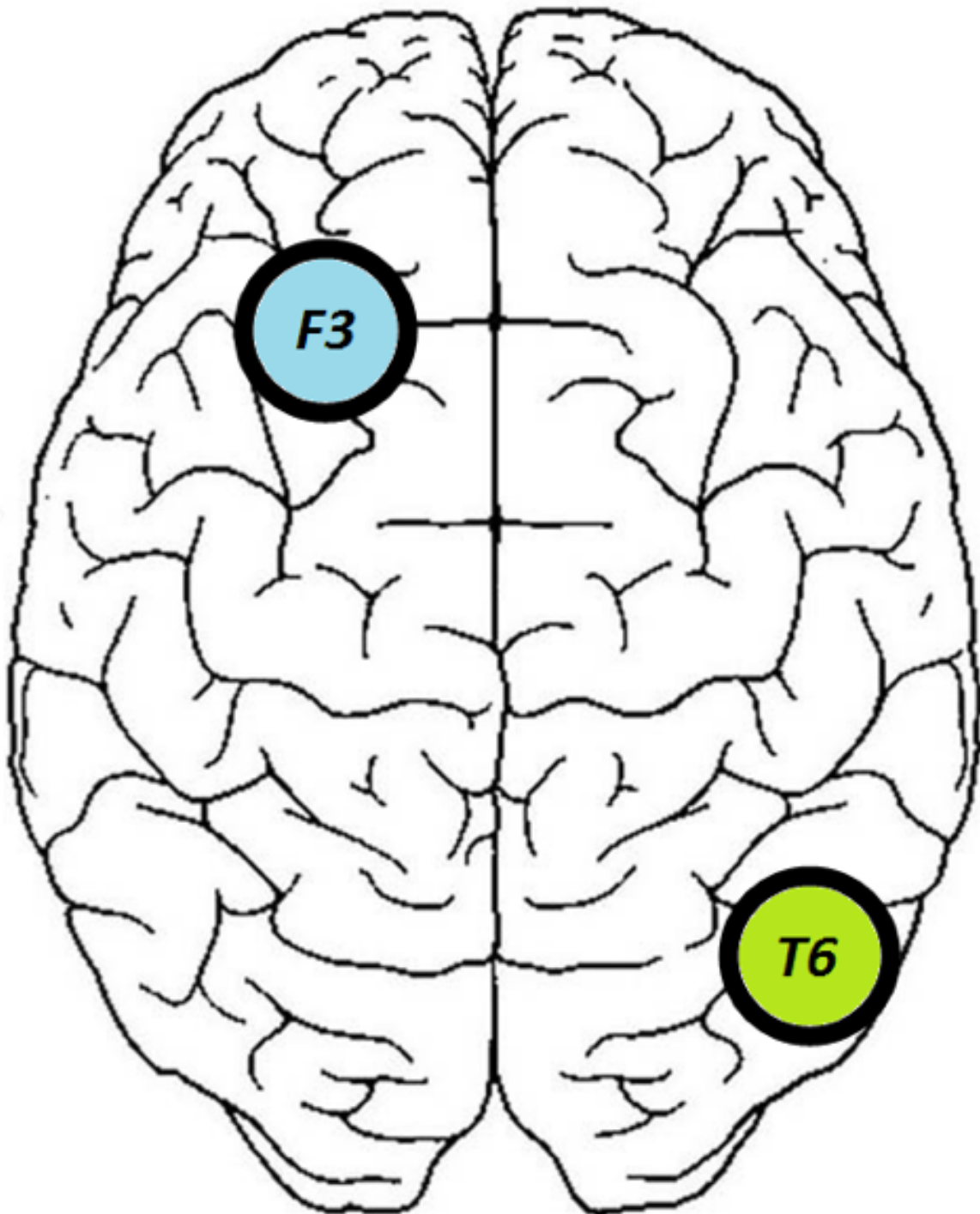
En la comparativa de imaginación de objetos e imaginación de acciones podemos notar que la actividad alfa posterior es menor en la situación de imaginación de objetos que en la de imaginación de acciones, conservando prácticamente la misma distribución. Es notorio el incremento de actividad alfa en la situación de imaginación de acciones en las zonas pre-rolándicas izquierda y derecha en la situación de imaginación de objetos. Podría inferirse que el cambio más notorio pertenece a las zonas premotoras del lóbulo frontal, posiblemente relacionado a procesos inhibitorios del movimiento en zonas premotoras.

Gráfico 2: Variación porcentual de la potencia absoluta alfa entre imaginación de objetos e imaginación de acciones.



En el pasaje de la imaginación de objetos a la imaginación de acciones destaca la variación porcentual positiva a nivel del electrodo T6, de 34,5%, y variación porcentual negativa para el electrodo T4, de -9,57%. También es notable que los canales F1, F8 y F2 tendieron a permanecer constantes con variaciones porcentuales pequeñas (F1 = -1,89%, F8 = -1,86%, F2 = -0,35%). A partir de esto sería posible inferir que hubo aumento de la activación cortical en el lóbulo temporal derecho (T4 = -9,57%) y descenso de la activación cortical en la zona tèmpero-occipital derecha (T6 = 34,48%).

Dibujo 1: Ídem dibujo 1. Pasaje de la imaginación de objetos a la imaginación de acciones.
Áreas de significancia estadística ($p < .05$).



La comparativa presente muestra contraste local de actividad alfa en zonas alejadas. Esto aumenta la posibilidad de que dichas áreas hayan participado de forma causal al cambio en el proceso cognitivo evocado, sin que estos canales puedan influirse mutuamente por efecto del gradiente de dispersión de potenciales. El canal F3 tuvo un aumento de la actividad alfa y se asume como estadísticamente significativo ($p=0,043$). En el canal T6 también aumentó la actividad alfa y se confirma como estadísticamente significativo ($p=0,004$). Tiene sentido considerar que la significatividad estadística del canal F3 se encuentra al límite de alcanzar el valor de 0,05, a diferencia de la significatividad estadística del canal T6, la cual dista notoriamente de este valor. Es posible inferir que la corteza premotora izquierda, así como la zona témporo-occipital derecha, aumentaron significativamente su actividad alfa; por consiguiente, disminuyeron su nivel de activación en el pasaje de la imaginación de objetos a la imaginación de acciones.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos analizados, fue posible extraer una tipología aproximada de actividad cerebral mediante Mapas Topográficos Cerebrales de los valores medios de la banda de frecuencia alfa para la imaginación de objetos e imaginación de acciones. Se encontr  un patrón estable de actividad alfa en ciertos canales (F3, O1 y O2) que prevaleció en las dos situaciones; se encontraron diferencias significativas que permiten señalar diferentes áreas involucradas en el cambio de actividad eléctrica entre un proceso y otro.

A efectos de atender a los cambios que podemos atribuir a la modificación de los procesos cognitivos, partiremos solo de aquellos que se encontraron estadísticamente significativos debido a que esta investigación se basó en evocar situaciones que son distintas, similares y consecutivas. Consideramos que tiene sentido compararlas consecutivamente y no respecto a una situación control (sin estímulos, sin asignación

de tarea, o con exposición al ruido blanco) ya que estos cambios pueden entenderse como los que surgen del contraste entre dos situaciones seguidas, conocidas y diferenciadas que no se libran al azar.

Con respecto a las áreas que resultaron de interés, informamos aquellas que presentaron cambios estadísticamente significativos.

Del pasaje de la imaginación de objetos a la imaginación de acciones resultan las siguientes variaciones porcentuales y sus respectivos p valores.

Canal F3, con un incremento de la potencia absoluta alfa de 18,02% y una significación estadística $p=0,04$.

Canal T6, con un incremento de la potencia absoluta alfa de 34,4% y una significación estadística $p=0,005$.

Se encontraron cambios estadísticamente significativos que apoyan a las hipótesis que motivaron esta investigación. Pretendemos que los datos obtenidos sean un aporte científico a los continuos esfuerzos por comprender comportamientos electrofisiológicos del cerebro como una dimensión más de la conducta humana que puede observarse mediante instrumentos especiales, comportamientos que por mucho tiempo permanecieron invisibles a los ojos de los Psicólogos y que hoy se presentan como una de las oportunidades más interesantes de ampliar las posibilidades de medición, diagnóstico y contribución a la Salud Mental desde una perspectiva psicológica integral que incluye la exploración de la actividad cerebral durante la realización de diferentes procesos mentales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ardila, A. y Rosselli, M. (2007) *Neuropsicología Clínica*. México DF: Ed. El Manual Moderno.
- Choppin, A. (2000). *Eeg-based human interface for disabled individuals: Emotion expression with neural networks* (Master). Tokyo Institute of Technology.
- Galeano, S. A. y Velosa Buitrago, D. M. (2011). Interpretación de la polisomnografía. *Suplemento*, 39(3), 57-65.
- García-Trujillo M. R. y González de Rivera, J. L. (1992). Cambios fisiológicos durante los ejercicios de meditación y relajación profunda. *Psiquis*, 13 (6-7), 279-286.
- García, S.; Sauri Suárez, S.; Meza Dávalos, E. y Villagómez, A. (2013). Estado de coma y trastornos de la conciencia: una revisión analítica desde un enfoque neurofuncional. Parte II. *Rev Esp Méd Quir*, 18, 142-147.
- Gómez, C.; Escera, C.; Cilveti, R.; Polo, M. D.; Diaz, R. y Portavella, M. (1992). Localización neuroeléctrica de procesos cognitivos. *Anuario de Psicología* 54, 77-96.
- González de Rivera, J. L. (1982). Del entrenamiento autógeno de Schultz a la psicoterapia autógena de Luthe. *Psiquis*, 3 (1), 16-21.
- Hernández Sampieri, Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). México D.F., McGRAW-HILL.
- Luck, S. J. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. Cambridge, MA, EE. UU.: MIT Press.
- Pinel, J. P. (2006). *Biopsicología* (6ª. ed). Madrid: Pearson.
- Prost, J. O.; Romero Villanueva, H.; Morikone, A. M.; Polo, G. y Bosch, A. M. (2000). Evidencias De Compromiso Cerebral en el Estadio Crónico de la Enfermedad de Chagas obtenidas por medio del potencial P 300 y de electroencefalografía cuantificada. *Arq Neuropsiquiatr.*, 58(2-A), 262-271.
- Ramos-Arguelles, F., Morales, G., Egozcue, S., Pabón, M., y Alonso, T. (2009). Técnicas básicas de electroencefalografía: principios y aplicaciones clínicas. *Sistema Sanitario Navarra*, 32(3), 69-82.
- Ríos Valles, J. A.; Tinoco, J. H. y Fernández Escarzaga, J. (2015). Electroencefalografía y desempeño académico en estudiantes de Medicina UJED Durango. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 3. Recuperado de <https://www.researchgate.net/profile.pdf>
- Torres, F.; Sánchez, C. y Palacio-Baus, K. (2014). Adquisición y análisis de señales cerebrales utilizando el dispositivo MindWave. *K. MASKANA, I+D+ingeniería* 2, 83-93.
- Tristán, E.; Pavón I. y López, J. M. N. (1-3 de octubre de 2012). Influencia del ruido de fondo en ambientes universitarios sobre los procesos cognitivos básicos. Ponencia llevada a cabo en el VIII Congreso Iberoamericano de Acústica, Sociedad Portuguesa de Acústica, Évora, Portugal.