

# **INFORME 1: ADQUISICIÓN DE SEÑALES EEG**

Mateo Oyuela Rivero, Juan Pablo Orozco Arrieta

## **INTRODUCCIÓN:**

En sujetos sanos, las diferencias en la actividad cerebral entre el estado de reposo con los ojos cerrados (EC) y los ojos abiertos (EO) han sido objeto de interés en la investigación neurocientífica, y es de nuestro interés como estudiantes aprender los patrones y razones de estas diferencias. Estos estudios consultados se centran en comprender las disparidades en las señales de electroencefalografía (EEG) durante EC (Eye Close) y EO (Eye Open), específicamente en las bandas de frecuencia  $\mu$  y  $\beta$ , así como en los patrones de desincronización (ERD) y sincronización (ERS) en la corteza motora. La actividad cerebral en reposo es fundamental para comprender los procesos neuronales subyacentes y puede proporcionar información sobre el funcionamiento normal del cerebro.

Investigaciones previas han revelado que EC y EO inducen cambios en la actividad cerebral, particularmente en las bandas de frecuencia  $\mu$  y  $\beta$ , que están asociadas con algunos tipos de actividad cerebral como por ejemplo, la ejecución de movimientos voluntarios. La condición de EC tiende a aumentar la actividad en la banda  $\mu$ , indicando una mayor actividad cortical en reposo, mientras que EO puede modular la actividad en regiones occipitales, parietales y frontales. Sin embargo, la comprensión de cómo estas diferencias afectan los patrones de ERD y ERS en la corteza motora durante un movimiento voluntario sigue siendo limitada. Por lo tanto, este estudio busca explorar estas discrepancias para mejorar nuestra comprensión de cómo el estado de los ojos influye en la actividad cerebral en individuos sanos.

## **ESTUDIOS EXPERIMENTALES REALIZADOS**

Uno de los experimentos implicó a quince voluntarios sanos, diestros y con agudeza visual normal, quienes realizaron una tarea de flexión isométrica del dedo índice derecho para hacer clic en un ratón de computadora bajo dos condiciones: ojos cerrados (EC) y ojos abiertos (EO). Se siguieron los principios éticos de la Declaración de Helsinki, y los participantes dieron su consentimiento informado. Las condiciones experimentales se realizaron en una habitación tranquila, con los sujetos sentados cómodamente y su brazo derecho relajado en una silla. El diseño del experimento incluyó dos condiciones separadas por ejecuciones aleatorizadas, cada una con tres ejecuciones de 5 minutos. Se registraron señales de EEG utilizando un sistema BiosemiTM Active Two de 32 canales, con electrodos ubicados en sitios específicos alrededor de la corteza motora primaria, la corteza motora, la corteza somatosensorial y la corteza occipital. Se empleó un escenario personalizado en el software OpenViBE para automatizar la adquisición de señales EEG, con una frecuencia de muestreo de 2,048 Hz. Además del EEG, se agregó un electrodo de electromiografía (EMG) para medir

la actividad del músculo extensor índice. La impedancia se mantuvo por debajo de 10 k $\Omega$  para garantizar un bajo nivel de ruido de fondo. Este diseño experimental riguroso y la cuidadosa configuración del entorno aseguraron la calidad y la fiabilidad de los datos fisiológicos recopilados para su posterior análisis.

Por otra parte, otro estudio consultado, en el que se llevó a cabo para investigar las diferencias en la actividad cerebral entre adultos jóvenes y mayores durante la realización de tareas cognitivas. Participaron 20 estudiantes universitarios jóvenes y 20 adultos mayores reclutados de una comunidad de retiro. Los adultos mayores completaron una evaluación cognitiva para asegurar su idoneidad para el estudio.

El experimento se realizó en un entorno controlado donde se registró la actividad cerebral mediante electroencefalografía (EEG). Se utilizó una gorra de electrodos con electrodos de estaño, y los datos se registraron continuamente a una frecuencia de 1000 Hz. Se registraron los movimientos oculares para corregir cualquier artefacto en los datos de EEG. Durante la tarea experimental, los participantes fueron instruidos para realizar una serie de actividades cognitivas, comenzando con períodos de línea de base con los ojos cerrados seguidos de períodos con los ojos abiertos. Durante la condición de ojos abiertos, se les pidió a los participantes que fijaran su mirada en una cruz presentada en una pantalla de computadora frente a ellos.

Un tercer estudio, que buscaba profundizar los estudios sobre la actividad de EEG en condiciones de reposo en EO y EC, se realizó por medio de la obtención de datos de EEG de 28 estudiantes universitarios durante ambas condiciones, fueron evaluados para enfermedades neurológicas, traumatismos cerebrales, discapacidades de aprendizaje y condiciones psiquiátricas. Además se les solicitó abstenerse del consumo de sustancias psicoactivas antes de la sesión de prueba. Las señales fueron adquiridas por medio de 19 electrodos utilizando el sistema 10-20 y un montaje monopolar. La toma de datos tuvo una duración de 32 minutos donde se alternaba entre EO y EC cada dos minutos.

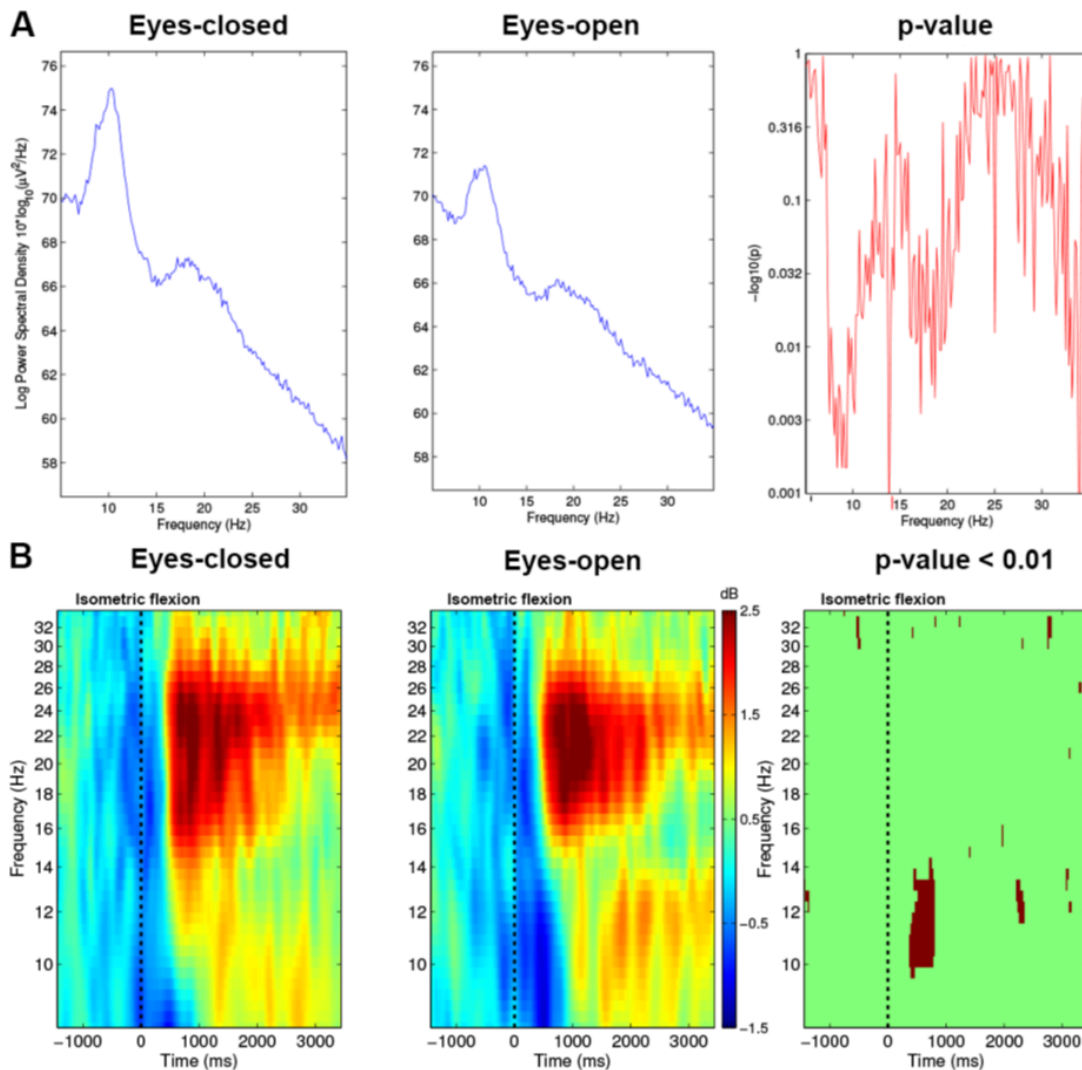
Después de la toma de los datos, se realizó un análisis de frecuencias para estimar valores en las diferentes bandas delta, theta, alpha y beta, específicamente en los primeros y últimos segmentos de la toma de los datos, discriminando aquellos que tuvieran artefactos; y se analizó la actividad en 9 regiones del cuero cabelludo. Además se tuvieron en cuenta mediciones de la conductividad eléctrica de la piel (SCL) como indicadores de nivel de excitación.

## **PROCESAMIENTO DE SEÑALES.**

En los primeros experimentos mencionados, los análisis fuera de línea se realizaron con EEGLAB y Matlab2016a. Los datos EEG se procesaron en GDF. Se filtraron, transformaron y aplicó procesamiento laplaciano. Se remuestrearon a 256 Hz y se dividieron en épocas de 6 s. Se eliminaron ensayos con ruido o artefactos. La línea base se definió 2 s antes de cada ensayo. Se eligió el electrodo C3 para analizar el control motor de la mano derecha. Estos

electrodos se usan en estudios de control motor por su ubicación sobre regiones corticales involucradas en la preparación y ejecución del movimiento. Por su parte, en el otro experimento, los datos de EEG fueron analizados para extraer las amplitudes absolutas en diferentes bandas de frecuencia (delta, theta, alpha y beta) en nueve regiones topográficas del cuero cabelludo. Se realizó un análisis estadístico para comparar las diferencias en la actividad cerebral entre los grupos de adultos jóvenes y mayores, así como entre las condiciones de ojos cerrados y ojos abiertos. Se utilizaron técnicas avanzadas de análisis, como el análisis de varianza multivariante (MANOVA), para examinar las interacciones entre diferentes factores, como la edad, la condición y la ubicación en el cuero cabelludo. En cada electrodo, se calcularon y promediaron las amplitudes absolutas en las bandas delta (0,5–3,5 Hz), theta (4,0–7,5 Hz), alpha (8,0–13,0 Hz) y beta (13,5–24,0 Hz), y se promediaron a lo largo de las épocas.

## RESULTADOS.



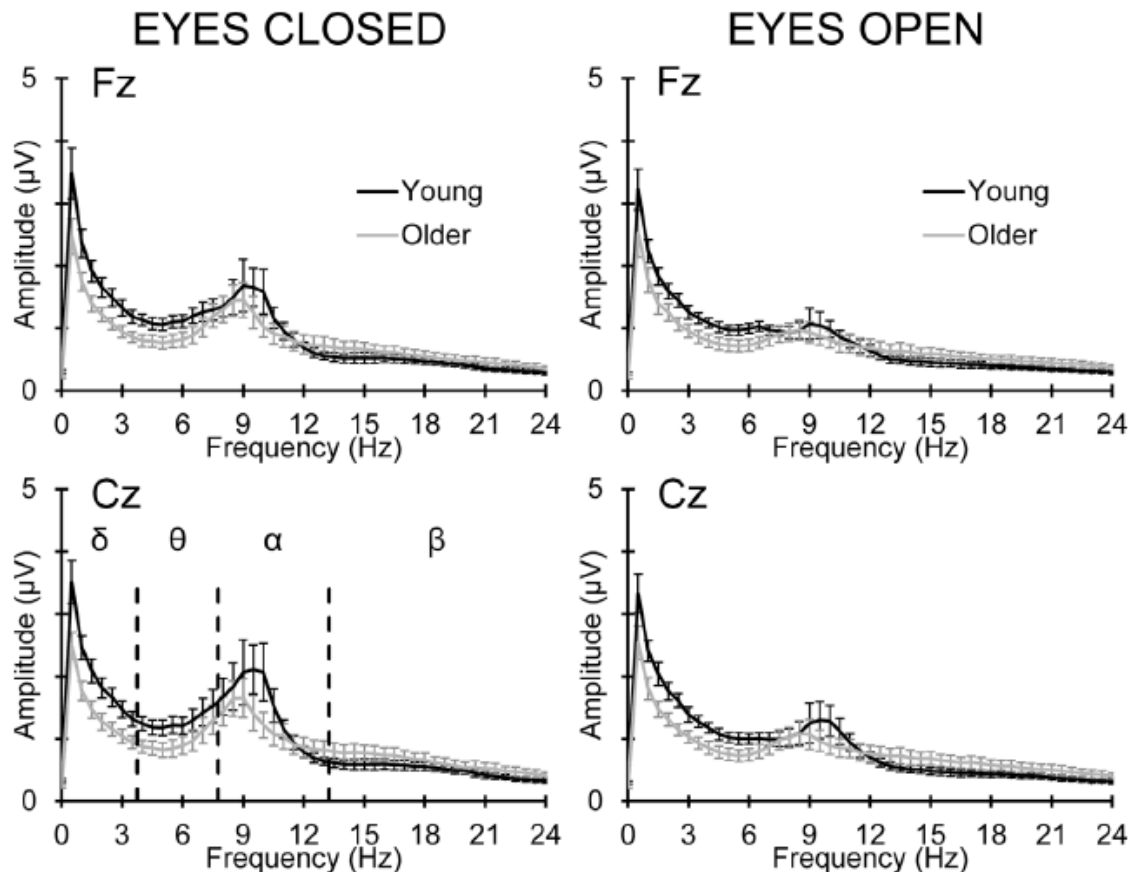
[1] Resultado de los primeros estudios, en el cual se muestra un Análisis del espectro promedio ( $n = 15$ ) de la diferencia entre la Condición 1 (EC) y la Condición 2 (EO) para el electrodo C3. (B)

*Análisis promedio de la perturbación espectral relacionada con el evento (ERSP) para la Condición 1 (EC) y para la Condición 2 (EO) para el electrodo C3. El color rojo corresponde a modulaciones fuertes en la banda de interés. Las diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) se muestran en la parte final de la figura.*

En estos primeros estudios, en primer lugar, se observó un aumento significativo en la potencia del espectro en el electrodo C3 durante la condición de EC, específicamente en el ritmo  $\mu$  superior (10-13 Hz) y la banda baja de beta (15-25 Hz). Este hallazgo sugiere una mayor actividad cerebral en reposo cuando los ojos están cerrados, posiblemente debido a la disminución de la entrada sensorial visual.

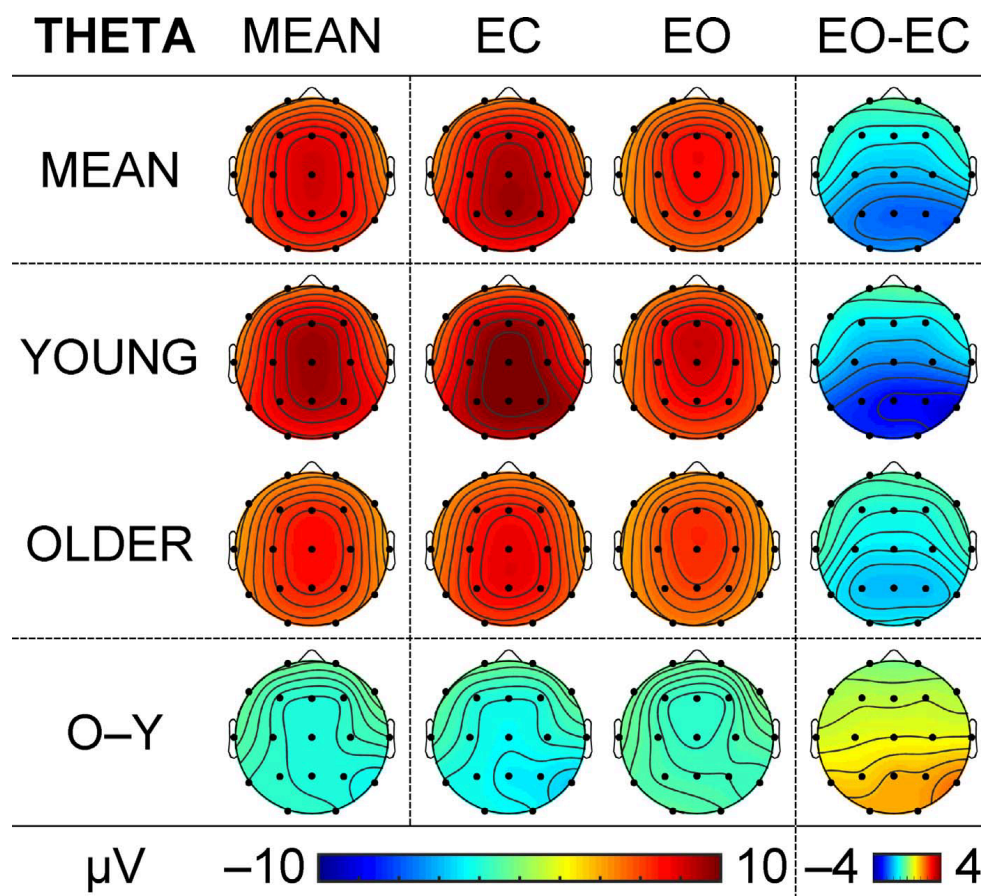
Además, se identificaron modulaciones de desincronización (ERD) y sincronización (ERS) en las bandas  $\mu$  y beta durante la ejecución de movimientos voluntarios. Se observó una desincronización en la banda  $\mu$ , un segundo antes del movimiento, seguida de una sincronización que alcanzó su máximo alrededor de los 500 ms posteriores al movimiento, siendo más pronunciada en la condición de EO. En la banda beta, se encontró una desincronización similar antes del movimiento, seguida de un aumento de potencia que se mantuvo durante aproximadamente un segundo después del movimiento. La transición de ERD a ERS fue rápida y estuvo asociada al tipo de movimiento realizado, siendo más evidente para la condición de EC en comparación con EO.

Un hallazgo interesante fue la disminución en el número de movimientos voluntarios realizados durante la condición de EC en comparación con EO, a pesar de que los participantes recibieron las mismas instrucciones y entrenamiento para ambas condiciones. Esto sugiere una influencia significativa de la entrada sensorial visual en la ejecución de movimientos voluntarios, con una disminución en la eficiencia motora cuando se priva de la entrada visual. El análisis de la potencia de EEG durante las fases pre-movimiento, movimiento y post-movimiento reveló diferencias significativas entre las condiciones de EO y EC. En la banda  $\mu$ , se observó una disminución de la potencia antes del movimiento seguida de un aumento significativo durante y después del movimiento, más pronunciado en la condición de EO. En la banda beta, se encontraron patrones similares, con una disminución antes del movimiento y un aumento posterior, siendo más evidente la disminución en la condición de EC.



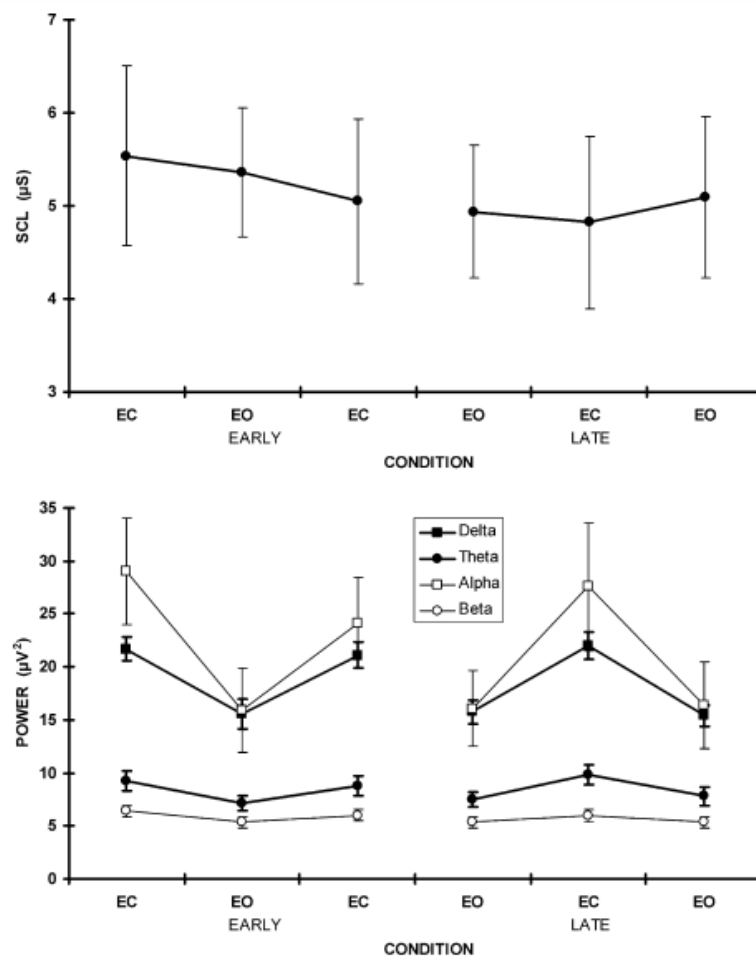
[2] Espectros de EEG con los ojos cerrados (izquierda) y los ojos abiertos (derecha) en los sitios de la línea media y el promedio O1/O2 para los grupos de adultos jóvenes y mayores. Las bandas de EEG evaluadas están indicadas en Cz para ojos cerrados, y las líneas verticales en los gráficos de O1/O2 indican las frecuencias pico medias alfa para los grupos de adultos jóvenes (negro) y mayores (gris). Las barras de error indican intervalos de confianza del 95%.

De este otro estudio, se pudo obtener que la distribución espectral general se evaluó mediante el número de épocas aceptadas en los grupos de adultos jóvenes y mayores. En el grupo joven, se aceptaron entre 75 y 90 épocas en la condición de ojos cerrados (EC) y entre 79 y 90 en la condición de ojos abiertos (EO). En el grupo de mayores, los números oscilaron entre 84 y 90 para EC y entre 69 y 90 para EO. Dado que hubo significativamente más épocas de EC en el grupo de mayores que en el grupo joven, se añadieron los números de épocas Go y NoGo aceptadas como co-variables en los análisis MANOVA. Las distribuciones espectrales en diferentes electrodos se muestran en la Figura 2, con intervalos de confianza del 95% indicados por las barras de error. Se observa mayor actividad en las bandas delta, theta y alfa en el grupo joven, mientras que el grupo de mayores muestra más actividad en la banda beta. La frecuencia pico alfa fue significativamente mayor en el grupo joven ( $M = 9.68$ ,  $SD = 0.64$  Hz) que en el grupo de mayores ( $M = 9.18$ ,  $SD = 0.81$  Hz), sin diferencias significativas según hemisferio o condición. No se encontraron interacciones significativas.

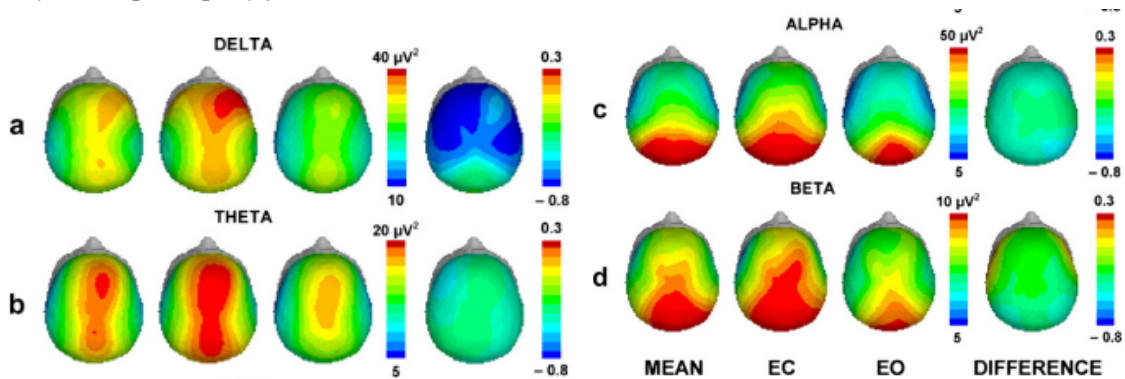


[2] Mapas topográficos para cada condición y grupo en la banda de Theta.

El análisis de los mapas promedio reveló patrones distintivos de actividad theta en función del grupo de edad y la condición visual. En general, se observó una dominancia de la actividad theta en la línea media, particularmente en el vértice, el hemisferio derecho y la región posterior, con una distribución más pronunciada hemisféricamente. Aunque la regresión sobre co-variables no mostró significancia para theta, se identificaron diferencias notables en la actividad theta entre las condiciones de ojos abiertos (EO) y ojos cerrados (EC). La actividad de theta fue significativamente menor en condiciones de EO, especialmente en la región posterior y de la línea media, aunque menos evidente en áreas centrales y el hemisferio izquierdo. Entre los grupos de edad, se encontró que los adultos mayores exhiben globalmente una menor actividad de theta en comparación con los jóvenes, con una reducción más pronunciada en la línea media, particularmente en la región frontal, y en el hemisferio derecho, más notablemente en la región posterior. Esta reducción relativa en la actividad theta en adultos mayores fue más marcada en la región posterior, especialmente en el lado derecho, durante la condición de EO en comparación con EC, en consecuencia a esto, se encontró que la actividad cerebral, especialmente en la banda alfa, mostraba diferencias significativas entre los grupos de edad y las condiciones de los ojos abiertos y cerrados. Además, se observaron correlaciones entre la actividad cerebral en diferentes regiones del cuero cabelludo, lo que sugiere patrones específicos asociados con la tarea cognitiva y la condición de los ojos.



[3] SCL promedio (superior) y promedio de los niveles en cada banda (inferior) en los periodos en EO y EC al principio y final de la toma de muestras.



[3] Efectos topográficos de los niveles de actividad de las diferentes bandas de frecuencias en condiciones EO y EC.

Se encontró una correlación negativa entre el nivel de SCL durante el reposo con los ojos cerrados y el nivel alfa medio.. Sin embargo, esta correlación mostró una disminución gradual durante los últimos 30 minutos del estudio y no resultó significativa en la etapa tardía de los ojos cerrados. Además, se observó que la apertura de los ojos generó reducciones significativas en la actividad delta, theta y beta, especialmente en las regiones frontales y posteriores del cerebro.

El estudio observó cambios topográficos en las bandas delta, theta y beta entre condiciones de ojos cerrados y abiertos. En la banda delta, la apertura de los ojos produjo reducciones significativamente mayores en las regiones frontal y lateral, sugiriendo reducciones focales que contribuyeron a la reducción global de la actividad delta. La actividad theta se redujo globalmente al abrir los ojos, con reducciones más grandes en regiones posteriores. Las reducciones beta de condiciones de ojos cerrados a abiertos fueron dominantes en regiones posteriores y del hemisferio derecho, acompañadas de un aumento único en la actividad en regiones hemisféricas frontales. Aunque se observó una reducción significativa en la potencia beta promedio en todo el cuero cabelludo al abrir los ojos, es importante tener cuidado al interpretar este resultado sin reconocer su base focal.

La banda alfa mostró una reducción generalizada de la actividad de ojos cerrados a abiertos, sin cambios topográficos. La apertura de los ojos produjo una reducción relativamente fija de aproximadamente el 40% de la actividad de ojos cerrados en cada sitio. El cambio en la potencia alfa se correlacionó negativamente con el cambio correspondiente en el SCL, confirmando la relación de excitación entre la actividad alfa y electrodermal, lo que sugiere un aumento en la excitación. Este fenómeno podría reflejar la desconexión de las interacciones tálamo-corticales para facilitar el procesamiento de la información visual. Además, los cambios topográficos en el EEG entre las condiciones sugieren incrementos separados en la activación relacionada con el procesamiento en la condición de EO en comparación con la condición de OC.

## **CONCLUSIONES.**

De estudios, se pudo evidenciar cómo cambia la señal cerebral relacionada con el movimiento voluntario cuando los sujetos tienen los ojos cerrados o abiertos. Encontramos que hubo una mayor desincronización en el ritmo miu alrededor de 500 ms después del inicio del movimiento en la condición de ojos cerrados. No observamos diferencias significativas en la banda beta. Además, notamos una disparidad en el número de movimientos voluntarios entre las dos condiciones, lo que sugiere que tener los ojos cerrados afecta el comportamiento de los participantes. La actividad cerebral varía significativamente dependiendo de si una persona tiene los ojos cerrados o abiertos. Cuando los ojos están cerrados, se observa una predominancia de actividad theta en regiones como el vértice y el hemisferio derecho, así como en la región posterior. Esta actividad sugiere un estado de relajación o reposo mental. Por otro lado, cuando los ojos están abiertos, hay una disminución generalizada de la actividad theta, especialmente en las regiones posteriores y la línea media del cuero cabelludo. Esta disminución indica una mayor activación cortical en respuesta a la entrada de estímulos visuales. Además, se registra una disminución en la actividad alfa durante los ojos abiertos en comparación con los ojos cerrados, lo que también sugiere una mayor actividad cortical en presencia de estímulos visuales. En resumen, la actividad cerebral se modula de manera dinámica en respuesta a la presencia o ausencia de estímulos visuales, destacando la importancia de considerar el estado de los ojos al interpretar la actividad cerebral en sujetos sanos.



Los resultados de los estudios resaltan la importancia de distinguir entre las condiciones de reposo con los ojos cerrados y abiertos, ya que estas no proporcionan medidas basales equivalentes de excitación/activación. Se recomienda utilizar el EEG en reposo con los ojos cerrados como referencia para estudios que no involucren condiciones con los ojos abiertos o estímulos visuales.

## REFERENCIAS

-Barry RJ, De Blasio FM. (2017). *EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting remain in healthy ageing*. Biol Psychol.

-Barry RJ, Clarke AR, Johnstone SJ, Magee CA, Rushby JA. (2007). *EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting conditions*. Clin Neurophysiol.

-Rimbert S, Al-Chwa R, Zaepfell M, Bougrain L. (2018). *Electroencephalographic modulations during an open- or closed-eyes motor task*. Peer J.