



TRABAJO DE FIN DE GRADO

Análisis comparativo del EEG en situaciones de trepa técnica en rocódromo antes y después de una práctica imaginaria.



Universidad de Valladolid

AUTOR: *Cristina Niño Delgado*
TUTOR: *Alfonso García Monge*

GRADO EN E.P. 4º CURSO.
CURSO 2022-2023



Resumen

La escalada es una actividad física altamente completa debido a los diversos requerimientos físicos, perceptuales y coordinativos que exige. Se han realizado numerosos estudios sobre su inclusión en las clases de Educación Física y las demandas cognitivas implicadas en este proceso. Sin embargo, no se han llevado a cabo estudios que analicen la actividad cerebral durante la realización de esta tarea. El objetivo de este trabajo es obtener un mayor conocimiento sobre esa actividad cerebral, específicamente al observar a diferentes personas mientras realizan una ruta de escalada predefinida, antes y después de visualizar dicha actividad. Para ello se estudió a través de técnicas de electroencefalografía la actividad cerebral en cuatro participantes realizando un recorrido horizontal en el rocódromo. Entre los resultados encontramos que, podríamos explicar cómo la visualización permite reducir la necesidad de planificación. Pero, en cambio, aumenta la carga de trabajo en el recorrido posterior a lo visualización.

Palabras clave

Actividad cerebral, escalada, visualización, electroencefalograma, bandas de frecuencia.

Abstract

Climbing is a highly comprehensive physical activity due to the physical-motor, perceptual-motor, and coordinative requirements it demands. There are numerous studies on its implementation in Physical Education classes as well as on the cognitive demands involved in this process. However, there are no studies that address the brain activity occurring during the performance of this task. The objective of this study is to gain further knowledge about that brain activity, specifically by examining the activity of different individuals before and after watching a predetermined simple climbing route. Electroencephalography techniques were used to study the brain activity of four participants while they performed a horizontal route on the climbing wall. Among the results, it was found that visualization can help reduce the necessity of planification. However, it increases the workload during the post-visualization route.

Key words

Brain activity, climbing, visualization, electroencephalogram, frequency bands.



Índice

1. Objetivo	1
2. Justificación	1
3. Fundamentación teórica	2
3.1 La escalada en el contexto escolar.....	2
3.2 EEG.....	3
3.3 Ondas cerebrales y su significado.....	4
4. Metodología.....	7
4.1 Participantes.....	7
4.2 Contexto.....	7
4.3 Procedimiento.....	7
4.4 Preprocesados de la señal.....	9
4.5 Análisis de datos y resultados.....	10
5. Resultados y análisis.....	11
5.1 Comparación de gráficas en general de cada uno.....	11
5.2 Comparaciones por bandas de frecuencias de cada participante.....	14
5.3 Comparación de las bandas de frecuencias por canales.....	21
5.4 Comparación entre la visualización y ojos cerrados.....	31
6. Conclusiones.....	33
6.1 Implicaciones para la práctica.....	33
6.2 Líneas futuras de trabajo.....	34
7. Bibliografía.....	35



1. Objetivo

El objetivo de este trabajo es analizar la actividad cerebral de distintas personas realizando un recorrido sencillo prefijados de escalada antes y después de la visualización de dicha actividad. Para ello, en este proyecto, se utiliza principalmente el registro fisiológico del electroencefalograma, para analizar los datos de varios participantes y comprender los procesos que experimentan, y cómo se diferencian, al realizar una tarea, antes y después de una visualización de esta. El estudio constará de una sesión principal, en la que se recogerán todos los datos de los participantes para un posterior análisis.

2. Justificación

La visualización de una actividad desempeña un papel crucial en el rendimiento humano al permitir que las personas creen imágenes mentales detalladas y vívidas de una actividad específica antes de realizarla. El psiquiatra Norman Doidge, en su libro “El cerebro se cambia a sí mismo”, publicado en el año 2007, afirma que al visualizar una acción se fortalecen conexiones neuronales ya existentes, y además, se pueden crear nuevas conexiones neuronales. De este modo, las visualizaciones potencian el trazo de rutas en el cerebro que facilitarán después la ejecución real. Esta técnica, ampliamente utilizada por atletas, artistas y profesionales en diversas disciplinas, ha demostrado ser una herramienta eficaz para mejorar el rendimiento, aumentar la confianza y facilitar la claridad mental.

La visualización efectiva implica imaginar con precisión los movimientos, las acciones y los resultados deseados de la actividad en cuestión, lo que tiene beneficios tangibles en términos de desarrollo de habilidades, reducción del estrés y la ansiedad, establecimiento de metas claras, refuerzo de la concentración y mejora general del desempeño. A través de la práctica constante de la visualización, los individuos pueden fortalecer las conexiones neuronales relacionadas con la actividad específica, lo que contribuye a un mejor control motor y a un mayor dominio de la técnica. Además, al visualizar con éxito la ejecución de una actividad, se fomenta la confianza en las propias habilidades y se promueve un estado mental óptimo para enfrentar los desafíos reales. En conclusión, la visualización de una actividad es una estrategia valiosa y ampliamente utilizada que puede tener un impacto significativo en el rendimiento humano al mejorar la ejecución, aumentar la confianza y optimizar la preparación mental.



Por todo esto, consideramos un tema digno de ser estudiado cómo esta visualización afecta realmente a la actividad cerebral, y observar a través de las herramientas necesarias, como cambian las ondas cerebrales al realizar una tarea con y sin visualización. Por otro lado, la escalada es una actividad motriz muy completa que demanda diferentes capacidades perceptivo-motrices, coordinativas y físico-motrices. Existen muchos estudios que nos hablan de cómo hacer progresiones en la escalada, pero encontramos pocos estudios que analicen los procesos corticales implicados. Con este trabajo intentamos aportar luz sobre lo que ocurre en esta “caja negra” que es el cerebro.

3. Fundamentación teórica

3.1 La escalada en el contexto escolar.

La escalada es una Habilidad Motriz Básica (HMB) clasificada como un desplazamiento activo, vertical y no habitual (Batalla, 2000), llevada a cabo gracias a la utilización de los miembros superiores e inferiores. Comparte su origen con el ser humano, ya que, según las teorías evolucionistas, el génesis de los homínidos partía en un principio de la vida en los árboles, donde accedían trepando. Es por ello que, a pesar de no ser habitual en nuestros días, la trepa sí fue una parte protagonista de la vida diaria de nuestros antepasados, quienes la utilizaban como un método de supervivencia esencial.

En la educación física escolar, la trepa y la escalada son contenidos que aparecen con cierta frecuencia, aunque no sean prioritarios en la mayoría de las programaciones didácticas. A pesar de esto, se le presta atención debido a su potencial educativo y a que están justificados en la legislación mediante los bloques de contenido sobre habilidades motrices y actividades deportivas. Según renombrados autores en el campo de la educación física, como son Castañer & Camerino, 1991, la trepa y la escalada tienen un gran potencial educativo y pueden mejorar las capacidades físicas, perceptivas y socio-motrices de los estudiantes. Además, su inclusión en la enseñanza escolar puede influir en aspectos transversales como las relaciones interpersonales. Y a pesar de no ser tema principal, a lo largo de este TFG se abordará la relación entre la enseñanza de la trepa y la escalada en el contexto de la educación física escolar.

Desde el ámbito educativo y como contenido de la Educación Física Escolar (EFE), se justifica legalmente encuadrando la trepa en el bloque de contenidos Bloque 3:



Habilidades motrices, por presentarse como una HMB relevante para el desarrollo integral de los niños. Además, la trepa tiene su origen en las Actividades Físicas en la Naturaleza (AFMN), razón de más para que merezca un tratamiento educativo por sus posibilidades propias y por las transversales en relación a la educación ambiental y a la interdisciplinariedad que puede suponer un trabajo en la naturaleza.

Han sido muchos los autores que han sabido ver las posibilidades de la trepa con relación al desarrollo de capacidades físicas, perceptivo-motrices y socio-motrices (Castañer & Camerino, 1991). En cuanto a componentes físico-motrices, Abardía y Medina (2004) nos exponen la mejoría integral del cuerpo en relación a la fuerza prensora de las manos, flexora-extensora de brazos y piernas, flexibilidad y composición corporal, además de un trabajo en torno a la coordinación de movimientos de los segmentos corporales, equilibrio del cuerpo al completo, estructuración espacio-temporal según el momento de exigencia motriz y sensaciones propioceptivas y exteroceptivas en lo referente a componente perceptivo-motrices.

A todo lo anterior hemos de añadirle la potencialidad de la trepa en relación a los componentes socio-motrices. Autores como Granero y Baena (2010) nos exponen que el tratamiento de la trepa en la EFE puede desarrollar el esquema corporal, ya que señalan los beneficios del trabajo de la trepa en relación a la percepción, la emancipación, el autoconcepto y la interacción con los demás. Asimismo, estos autores, en el plano emocional, dicen que la sensación de reto que proporcionan las actividades de trepa puede suscitar en los niños sentimientos desconocidos hasta el momento. La motivación siempre es un factor que la trepa consigue despertar con facilidad en la mayoría de los escolares.

3.2 EEG.

Según García Monge (2023), el electroencefalograma (EEG) es un procedimiento utilizado para evaluar la función cerebral, que registra la actividad eléctrica del cerebro en condiciones basales y mediante métodos de activación, como la hiperventilación y la fotoestimulación. La señal eléctrica capturada se amplifica y se representa en forma de líneas, lo que permite interpretar la actividad de las distintas áreas cerebrales a lo largo del tiempo.



El EEG puede revelar patrones normales y anormales que pueden indicar la presencia de lesiones o enfermedades características, por ello, uno de los campos en los que más se utiliza es en medicina. Ya que es una herramienta de diagnóstico funcional complementaria a otros estudios, especialmente los estudios radiológicos, como la tomografía computarizada (TAC) y la resonancia magnética.

Los recientes avances en dispositivos de electroencefalografía (EEG) inalámbricos han abierto la posibilidad de realizar registros en entornos fuera del laboratorio, y en otros campos también.

3.3 Ondas cerebrales y sus funciones.

Por último, vamos a hablar sobre las ondas que observamos en el electroencefalograma y que van a ser útiles para este estudio, trabajaremos con las ondas Theta, Alfa y Beta.

Comenzando con las **theta**, estas ondas son un tipo de actividad eléctrica cerebral que se encuentra en el rango de frecuencia de 3 a 7 hertzios (Hz) en el electroencefalograma (EEG). Según Sauseng et al. (2010), la actividad de frecuencia theta, estas ondas están asociadas con estados de relajación profunda, creatividad, imaginación, sueño ligero y meditación profunda.

Las ondas theta se generan en varias regiones del cerebro, incluyendo la región frontal y temporal, y están relacionadas con la memoria, los procesos emocionales y las cargas cognitivas. En relación con la memoria, las ondas theta han sido estudiadas en el contexto de la consolidación de la memoria, es decir, el proceso mediante el cual los recuerdos se almacenan y fortalecen en el cerebro. Se ha observado que las oscilaciones theta en ciertas regiones cerebrales están relacionadas con la formación de nuevos recuerdos y la recuperación de recuerdos existentes.

En cuanto a los procesos emocionales, las ondas theta parecen estar involucradas en la regulación emocional y la respuesta al estrés. Se ha encontrado que las personas con mayor actividad de ondas theta pueden tener una mayor capacidad para manejar las emociones y regular las respuestas emocionales.



En relación con el mindfulness (atención plena), las ondas theta están asociadas con estados de conciencia expandida y enfoque atento. Durante la práctica del mindfulness, se ha observado un aumento en la actividad de las ondas theta, lo que sugiere una mayor capacidad de atención y una mayor conexión con el momento presente.

Además, se ha estudiado que la actividad theta frontal refleja procesos cognitivos como el control cognitivo, la atención sostenida y la memoria de trabajo, y se ha encontrado que aumenta en tareas relacionadas con la aritmética.

Continuando con las ondas alfa, estas son un tipo de actividad eléctrica cerebral que se produce en el rango de frecuencia de 8 a 13 hertzios (Hz) en el electroencefalograma (EEG). Las descubrió Hans Berger en 1924 cuando notó que el cerebro emitía ondas de muy baja frecuencia. Según Sauseng et al. (2005), se producen en la zona occipital (posterior) cuando entras en un estado de total relajación, ayudándote a recuperar la energía perdida. Se consideran ondas de baja amplitud y alta regularidad, y son típicamente asociadas con estados de relajación y calma mental.

Estas ondas alfa son generadas principalmente en la corteza occipital del cerebro, aunque también pueden ser detectadas en otras áreas. Se producen cuando la mente está en un estado de relajación pero alerta, como durante la meditación, la relajación profunda o los períodos de vigilia tranquila. Las ondas alfa pueden desaparecer o disminuir en amplitud cuando se está concentrado en una tarea o se experimenta estrés o ansiedad. Estas, han sido estudiadas en el campo de la neurociencia y la psicología, y se utilizan en investigaciones sobre la conciencia, la atención y el procesamiento de la información.

Las ondas alfa son la base para mejorar el potencial de nuestra mente, aumentar la memoria o mejorar la capacidad de concentración. Su origen se encuentra en el lóbulo occipital cuando estamos descansando, pero no dormidos y aceleran su funcionamiento cuando prestamos atención de estímulos visuales o movimiento.

A pesar de la falta de evidencia del campo de la neurociencia sobre el aprendizaje de disciplina blanda, la actividad de la banda alfa frontal podría estar relacionada con la inhibición de la atención impulsada por estímulos, y en estudios aparece involucrada en tareas con altas demandas de procesamiento interno como la ideación creativa, e imaginación.



Continuando con **beta (altas y bajas)**, que tienen una frecuencia comprendida entre 12 y 30 Hz, y se localizan en la zona frontal del cerebro. La actividad beta aumenta habitualmente durante la somnolencia, el sueño ligero y la activación mental (Tatum, Husain, Benbadis y Kaplan, 2006). Las regiones frontales y centrales del cerebro son lugares en los que se puede observar un incremento de las ondas beta durante la actividad, la ansiedad, la resolución de problemas y la concentración profunda (Malik y Amin, 2017 citado en Nayak y Anilkumar, 2022).

Con respecto a las oscilaciones beta-frontales, según se muestra en un estudio llevado a cabo por Alezzi et al (2020), estas revelan la activación cortical neuronal que puede estar asociada al control de la atención, el procesamiento cognitivo y la regulación de las emociones. Las variaciones de las oscilaciones frontales del EEG pueden servir como indicador de la gravedad de diversos trastornos relacionados con las emociones, como la depresión y la ansiedad social. En general, el ritmo FMT y la relación entre la actividad de acoplamiento de frecuencias de la banda theta y la banda beta pueden ser biomarcadores plausibles para el trastorno de ansiedad social.

Las ondas beta son ondas cerebrales de baja amplitud y alta frecuencia que se observan comúnmente en un estado de vigilia. Están involucrados en el pensamiento consciente y lógico, y tienden a tener un efecto estimulante. Tener la cantidad adecuada de ondas beta nos permite concentrarnos. La prominencia de esta onda puede causar ansiedad, gran excitación, incapacidad para relajarse y estrés, mientras que su supresión puede provocar TDAH, soñar despierto, depresión y mala cognición. En condiciones óptimas, las ondas beta ayudan con el enfoque consciente, la memoria y la resolución de problemas (Abhang Priyanka, 2016).

Asimismo, este mismo autor hace una distinción dentro de las ondas beta para una mejor comprensión de ellas, dividiéndolas en ondas beta bajas (12-18 Hz), que se asocian principalmente con una concentración tranquila, enfocada e introvertida, y ondas beta altas (18-30 Hz), que se relacionan con un estrés significativo, ansiedad, paranoia, alta energía y excitación.

Por último, Brodmann (2021) divide el cerebro humano en 47 áreas diferentes. Dentro de cada una se pueden distinguir funciones de cada zona cerebral. Así encontramos que hay áreas más especializadas en acciones motrices, procesamiento de

informaciones sensoriales, lenguaje, etc. De este modo es más fácil comprender el funcionamiento cerebral. Los electrodos que se colocan en el cuero cabelludo están colocados en diferentes zonas de la cabeza. Mediante su posición se puede averiguar de qué área se trata y, por lo tanto, qué función del cerebro puede estar activándose.

4. Metodología

4.1 Participantes

Para este estudio conté con la ayuda de cuatro compañeros y compañeras de la universidad, estudiantes de 4º del Grado de Educación Primaria los cuales se sometieron a la toma de datos en distintas situaciones, principalmente en el rocódromo del gimnasio de la facultad. Este grupo está compuesto por dos hombres y dos mujeres (incluyéndome a mí), de entre 20 y 22 años. Ninguno de nosotros es escalador profesional o persona que practica este deporte con regularidad. Algunos de nosotros habíamos ido alguna vez a escalar, pero para ninguno esta era una práctica usual.

4.2 Contexto: Para la realización de los diferentes recorridos se utilizó una vía transversal de un rocódromo de unos 5 metros de largo, de manera horizontal, y cerca del suelo para evitar cualquier riesgo de caída, y no tener que involucrar el uso de más material de escalada en la práctica. Las presas eran de distintos tamaños, pero de agarre fácil. La distancia entre presas era de unos 30 cm.

4.3 Procedimiento

- *Herramientas:* Para este estudio sobre le EEG, el instrumento utilizado ha sido Epc Flex (Emotiv, San Francisco). Este dispositivo cuenta con 32 canales y utiliza sensores pasivos de Ag/AgCl (EasyCap, Herrsching) montados en un gorro hecho de neopreno de EasyCap que permite seleccionar las posiciones de montaje. La conductividad se facilita mediante el uso de un gel. La frecuencia de muestreo es de 128 Hz. El



Figura 1

amplificador, colocado en el gorro, transmite de forma inalámbrica la señal a un ordenador, donde se recoge a través de una aplicación en línea llamada Emotiv Pro. Posteriormente, los datos pueden descargarse en formatos CSV o EDF. La validación de este dispositivo se aborda en el trabajo de Williams et al. (2020b).

- *Conocimiento Básico:* Previo a la toma de datos es importante la parte teórica que comprendía tanto el uso de los aparatos de EEG y pulsioximetría como las bandas de frecuencia que se iban a analizar posteriormente, en este caso las ondas Theta, Alfa y Beta.

- *Familiarización con los instrumentos de medida:* En esta etapa de manera práctica se aprende a usar el casco de EEG, la manipulación de jeringuillas para aplicar el gel conductor y los programas en los que se registran todos los datos (como el Matlab).

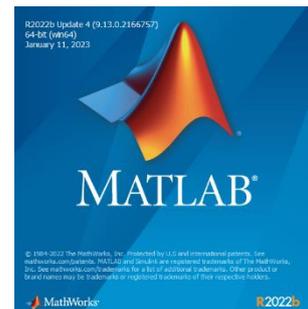


Figura 2

- *Toma de datos:* Se intenta que existan las menos variables posibles y se haga una comparativa justa. Se colocan los aparatos que vamos a utilizar al participante (casco EEG) y se conecta al ordenador.

Ojos cerrados: En una sala cerrada, en la que fue posible guardar silencio, el participante debió estar sentado con los ojos cerrados durante un minuto. Para asegurar ese silencio, en la sala solo se encontraban el participante, la persona encargada de recoger los datos y un par de compañeros del estudio.

Un segundo tipo de toma de datos se realiza en un lugar mucho más amplio como es el gimnasio, en el rocódromo. Se proporciona un lugar tranquilo, sin ruidos, con 4 o 5 personas de público más o menos conocido. También se proporciona el mayor silencio posible, sobre todo para las visualizaciones. En esta parte de la toma de datos se le pide al participante que realice un recorrido sencillo por el rocódromo y algunas visualizaciones, el orden es el siguiente.

- Libre: Comenzando ya con el desarrollo de la sesión, en un primer lugar se le permite al alumno realizar unos recorridos de manera libre que sirven como una primera toma de contacto. El recorrido será de unos 5 metros de largo, por el rocódromo, de manera horizontal cerca del suelo para evitar cualquier riesgo de



caída, y no tener que involucrar el uso de más material de escalada en la práctica. El recorrido será el mismo que luego se realizará en el momento de la toma de datos válidos.

- Chequeo bajo: Se realiza un chequeo andando por el suelo, de las presas que se consideren óptimas para utilizar durante la siguiente vez que se realice el recorrido.
- Bajo 4: Ahora sí comienza la toma de datos. Se usa el mismo tramo del rocódromo que en Libre, pero se intenta minimizar el número de presas usadas recordando el chequeo que se realizó previamente.
- Visualización bajo (ojos abiertos + ojos cerrados): Sentado en un banco frente al rocódromo se realiza una visualización del recorrido que se va a realizar. Los primeros segundos son con los ojos abiertos y después con los ojos cerrados.
- Bajo 5: Mismo recorrido que en Bajo 4, pero ahora habiéndolo visualizado antes.

Los recorridos eran filmados y tras cada uno de ellos, los participantes comentaban a la cámara sus sensaciones y vivencias en cada recorrido.

4.4 Preprocesado de la señal

En el pre-procesado de la señal se aplicaron filtros IIR Butterworth de paso alto (0,5Hz) y paso bajo (45 Hz). Se limpiaron los datos de artefactos con una primera inspección visual, tras la que se aplicó un algoritmo de reconstrucción del subespacio de artefactos (ASR) para descartar los canales silenciados más de 5 segundos o con ruido de alta frecuencia de más de 4 desviaciones. Seguidamente, se re-referenciaron los datos mediante el cómputo de la referencia promedio (CAR). Finalmente se aplicó el análisis de componentes independientes (ICA) y se descartaron los componentes en los que predominaban fuentes no neuronales (artefactos).

El preprocesamiento de datos y los análisis se llevaron a cabo utilizando la caja de herramientas EEGLAB (v.2022b) (Delorme, A., & Makeig, S. (2004)) para Matlab (MathWorks, Natick, EE. UU.). Se eliminó la línea de base de la señal del EEG para cada canal. Se aplicó un filtro espacial de referencia media común (CAR). Para el filtrado frecuencial, los datos se filtraron en paso alto a 0,5 Hz para eliminar las derivas lentas.



Los artefactos se identificaron visualmente y se rechazaron de los datos de los canales. Los datos se descompusieron mediante el análisis de componentes independientes (ICA). Se identificaron visualmente, y descartaron, los componentes que recogían más de un 85% de actividad cerebral. Para ello, se utilizó la herramienta ICALabel (un clasificador de componentes independientes de la electroencefalografía). Se trata de un plugin que, entre otras cosas, nos muestra la probabilidad de que el componente capte la actividad cerebral u otros artefactos (músculos, parpadeo, corazón, etc.).

4.5 Análisis de los datos

Comparar las frecuencias de los espectros en varias situaciones. Esta aplicación nos permite obtener diferentes parámetros espectrales como la medio, moda mediana, desviación estándar y rango. También nos permite hacer pruebas de análisis de varianza a través de estadísticos no paramétricos basados en permutaciones.

Se empleó el algoritmo FFT (Transformada Rápida de Fourier) para llevar a cabo el análisis en el dominio de la frecuencia, con una precisión de 0,125 Hz, y calcular la densidad espectral de potencia absoluta en unidades de $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$ para las siguientes ondas: theta (4-7 Hz), alfa (7-13 Hz), beta baja (13-20 Hz) y beta alta (20-30 Hz). Se registraron los valores en microvoltios (μV) y el tiempo correspondiente para cada banda de frecuencia, y se aplicó una transformación logarítmica adecuada. Previamente, se calcularon los canales y los componentes necesarios, y se obtuvieron las métricas de densidad espectral de potencia para cada canal y condición.

EEGLAB brinda a los usuarios la capacidad de utilizar estadísticas paramétricas o no paramétricas para calcular y estimar la confiabilidad de las diferencias entre las condiciones. Las funciones de EEGLAB también permiten obtener diversos parámetros del espectro, como el valor máximo, mínimo, medio, moda, desviación estándar y rango. Para los espectros de potencia promedio, se calcularon valores p en cada frecuencia y se empleó una prueba de ANOVA con estadística de permutación para detectar diferencias entre las tres condiciones en relación a los distintos neuro-marcadores. Se consideró que un punto específico en la frecuencia temporal era significativo si el valor p era inferior a 0,001. Los desarrolladores de EEGLAB recomiendan el uso de estadísticas basadas en la

permutación para presentar los resultados finales, aunque las estadísticas paramétricas también pueden ser útiles para explorar los datos.

Con respecto al análisis de los datos he comparado los datos de bajo 4, bajo 5 y su visualización de cada uno de los participantes del estudio. Lo mismo he hecho con los datos recogidos en el recorrido medio y, además, he comparado los resultados entre ellos.

5. Resultados y análisis

5.1 Comparación de gráficas en general de cada uno

Se presenta a continuación los resultados de los diferentes recorridos y visualizaciones de cada participante.

Bajo 1-35 Hz:

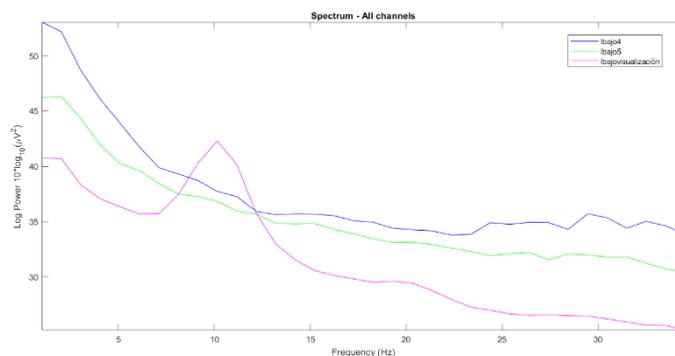


Figura 3

En la figura 3, para la participante Luisa. De esta participante hemos obtenido los datos de las dos veces que realiza el recorrido y de la visualización. En la gráfica podemos observar que la primera vez que realiza el recorrido “bajo 4” las bandas de frecuencia tienen más potencia, y que la segunda vez “bajo 5”, después de la visualización, las bandas de frecuencia tienen menos. La gráfica verde aparece por debajo. Aun así, la parte en la que más se llegan a acercar ambas gráficas sería entre 7 y 13 Hz, lo que correspondería con alfa. Antes y después de esto hay más distancia entre las dos. Por otro lado, con respecto a la visualización, la mayoría del tiempo es menos potente que las dos anteriores, sin embargo, entre 8 y 13 Hz (que también corresponderían con alfa) supera ambos valores, y posteriormente continua por debajo.

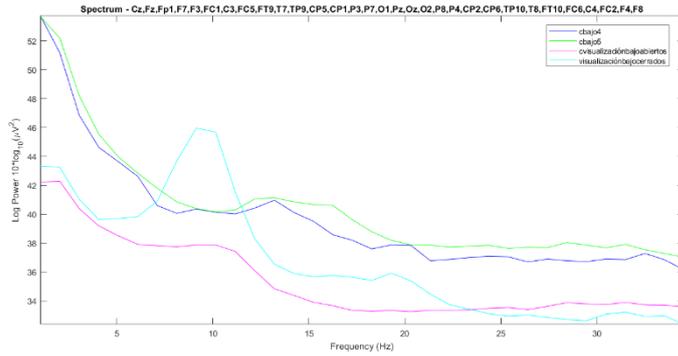


Figura 4

Cristina: De esta participante hemos obtenido los datos de las dos veces que realiza el recorrido y de la visualización diferenciando la parte con ojos abiertos y con ojos cerrados. En la gráfica podemos observar que la primera vez que realiza el recorrido “bajo 4” las bandas de frecuencia tienen menos potencia, y la segunda vez “bajo 5”, después de la visualización, las bandas de frecuencia tienen más. La gráfica azul aparece por debajo. Ocurre justo lo contrario a lo que sucedía con la participante anterior (Luisa). Aun así, en este caso, las bandas de frecuencia aparecen mucho más juntas durante todas las frecuencias que en el caso anterior. La parte en la que incluso se llegan a tocar ambas gráficas sería entre 9 y 11 Hz, lo que correspondería con alfa, y luego en otro punto que sería en la frecuencia 20 Hz. Por otro lado, con respecto a la visualización, en este caso la hemos dividido en dos. Con ojos cerrados, la mayoría del tiempo es menos potente que las dos anteriores, sin embargo, entre 8 y 13 Hz (que también corresponderían con alfa), y al igual que en la participante anterior, supera ambos valores, y posteriormente continua por debajo. Por último, la visualización con ojos abiertos es notablemente inferior que las de los recorridos, y también es inferior a la visualización con los ojos abiertos en la mayoría de las frecuencias, a excepción de entre 24 y 30 Hz, ya perteneciente a beta alto.

Cristina: De esta participante hemos obtenido los datos de las dos veces que realiza el recorrido y de la visualización diferenciando la parte con ojos abiertos y con ojos cerrados. En la gráfica podemos observar que la primera vez que realiza el

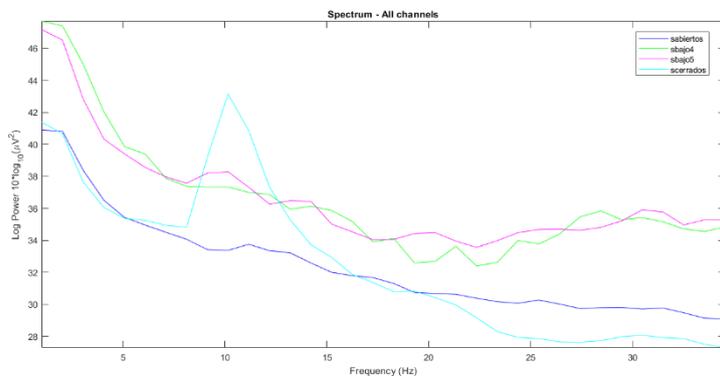


Figura 5

Cristina). En la gráfica podemos observar que, para ambas condiciones, “bajo 4” y “bajo

Samuel: De este participante hemos obtenido los datos de las dos veces que realiza el recorrido y de la visualización diferenciando la parte con ojos abiertos y con ojos cerrados (al igual que para la participante

5”, las bandas de frecuencia tienen una potencia muy similar, por lo que se van entrelazando durante todas las frecuencias. Aun así, en este caso, las bandas de frecuencia aparecen mucho más juntas durante todas las frecuencias que en el caso anterior. Por otro lado, con respecto a la visualización, en este caso también la hemos dividido en dos. Con ojos cerrados, la mayoría del tiempo es menos potente que las dos anteriores, sin embargo, entre 8 y 13 Hz (que también corresponderían con alfa), y al igual que en la participante anterior, supera ambos valores, y posteriormente continua por debajo. Por último, la visualización con ojos abiertos es notablemente inferior que las de los recorridos, y también en inferior a la visualización con los ojos abiertos en la mayoría de las frecuencias, a excepción de entre 20 y 30 Hz, ya perteneciente a beta alto (lo mismo que ocurría con la participante Cristina).

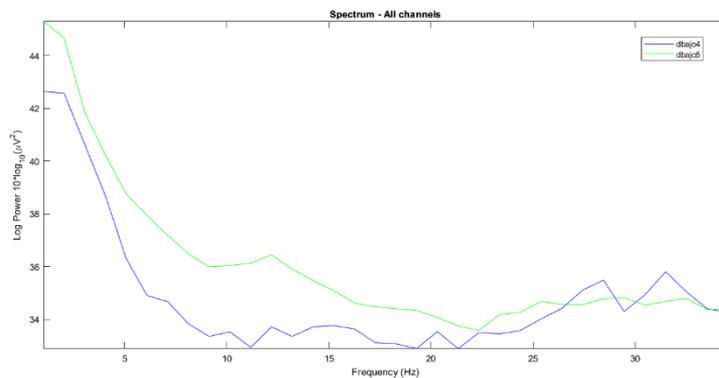


Figura 6

podemos observar que la primera vez que realiza el recorrido “bajo 4” las bandas de frecuencia tienen menos potencia durante la mayoría de frecuencias, y que la segunda vez “bajo 5”, después de la visualización, las bandas de frecuencia tienen más. La gráfica verde aparece por encima. Aun así, la parte en la que más se llegan a acercar ambas gráficas, incluso llegando a cruzarse sería entre 20-30 Hz, lo que correspondería con beta alto. Antes de esto hay más distancia entre ambas.

Daniel: De este participante hemos obtenido los datos de las dos veces que realiza el recorrido. Este participante también realizó una visualización entre ambos recorridos, aunque no figure su gráfica. En esta

5.2 Comparaciones por bandas de frecuencias de cada participante

Tabla 1

	<i>theta</i>		<i>alfa</i>		<i>beta bajo</i>		<i>beta alto</i>	
	mean	std	mean	std	mean	std	mean	std
<i>L Bajo4</i>	44.05	3.456	37.78	1.633	35.16	0.5772	34.64	0.6091
<i>L Bajo5</i>	40.9	2.269	36.65	1.228	34.05	0.753	32.25	0.4806
<i>L visualiza</i>	36.63	1.092	37.46	3.261	30.46	1.233	27.23	1.066
<i>C bajo4</i>	43.68	2.32	40.38	0.3393	43.68	2.32	36.98	0.3189
<i>C bajo5</i>	44.48	2.502	40.82	0.5778	39.73	1.286	37.81	0.1198
<i>C visualiza</i>	38.78	1.058	37.11	1.181	33.77	0.5877	33.54	0.2069
<i>abiertos b</i>								
<i>C visualiza</i>	40.23	0.6867	41.81	3.577	35.79	0.3636	33.41	0.8411
<i>cerrados b</i>								
<i>S bajo4</i>	40.84	2.722	37.11	0.6047	34.56	1.438	34.14	1.246
<i>S bajo5</i>	39.82	1.909	37.45	0.8073	34.94	0.9909	34.59	0.6369
<i>S visualiza</i>	35.96	1.549	33.68	0.4678	31.75	0.8697	30.12	0.3452
<i>abiertos b</i>								
<i>S visualiza</i>	35.86	1.086	37.94	3.249	32.16	1.697	28.43	0.9743
<i>cerrados b</i>								
<i>D bajo 4</i>	37.04	2.562	33.63	0.5426	33.39	0.3277	34.12	0.8133
<i>D bajo 5</i>	39.2	1.864	36.32	0.4452	34.81	0.6299	34.35	0.4124

Theta:

En la figura 3, encontramos que para la participante Luisa, los valores de la banda de frecuencia theta (3-7 Hz) para la ubicación bajo son más altos para la condición "bajo 4" (M=44.05; sd=3.456) en comparación

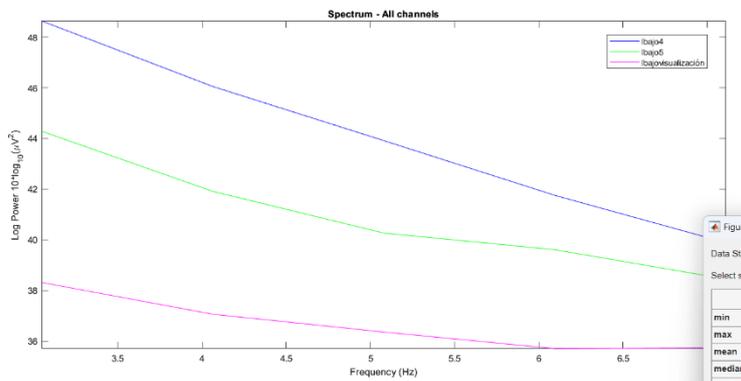
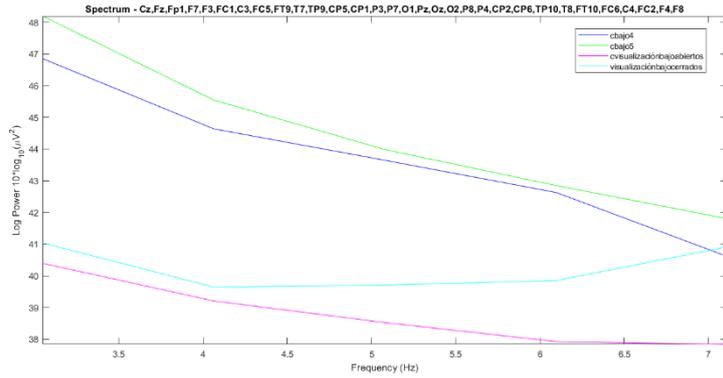


Figura 7

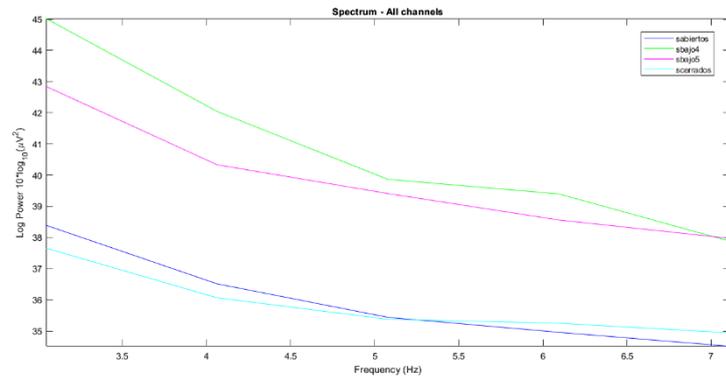
con la condición "bajo 5" (M=40.9; sd=2.269), pero en cambio en comparación con la condición "visualización bajo" (M=36.63; sd=1.092) ambos son mucho más altos.

Cristina: Los valores de la banda de frecuencia theta (3-7 Hz) para la ubicación bajo son más bajos para la condición "bajo 4" (M=43.68; sd=2.32) en comparación con la condición "bajo 5"



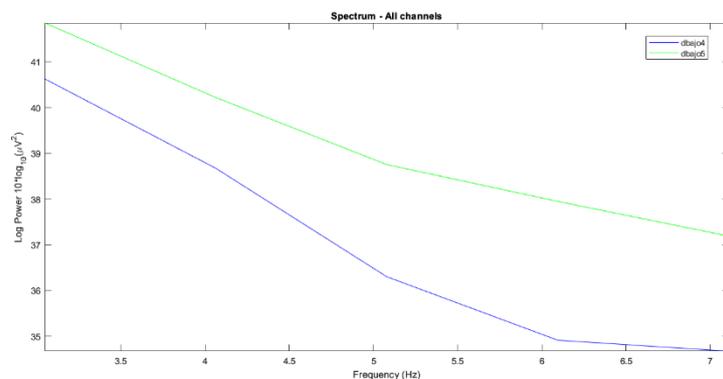
(M=44.48; sd=2.502), pero en cambio en comparación con la condición "visualización ojos abiertos bajo" (M=36.63; sd=1.092) y "visualización ojos cerrados bajo" (M=36.63; sd=1.092) ambos son mucho más altos.

Samuel: Los valores de la banda de frecuencia theta (3-7 Hz) para la ubicación bajo son más altos para la condición "bajo 4" (M=40.84; sd=2.722) en comparación con la condición "bajo 5"



(M=39.82; sd=1.909), pero en cambio en comparación con la condición "visualización bajo" (M=35.96; sd=1.549) y "visualización ojos cerrados bajo" (M=35.86; sd=1.086) ambos son mucho más altos.

Daniel: Los valores de la banda de frecuencia theta (3-7 Hz) para la ubicación bajo son más bajos para la condición "bajo 4" (M=37.04; sd=2.562) en comparación con la condición "bajo 5" (M=39.2; sd=1.864).

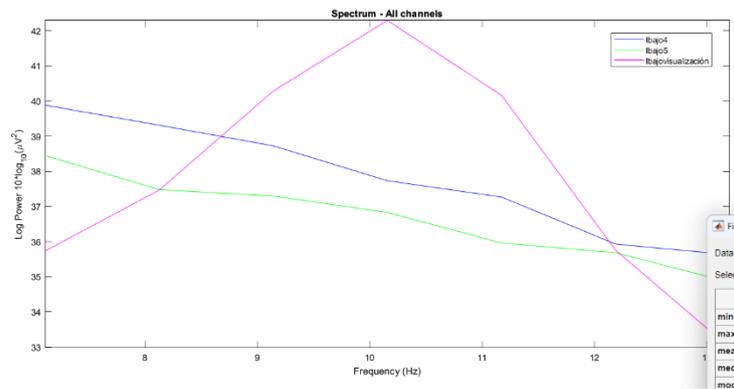


Comparación de theta:

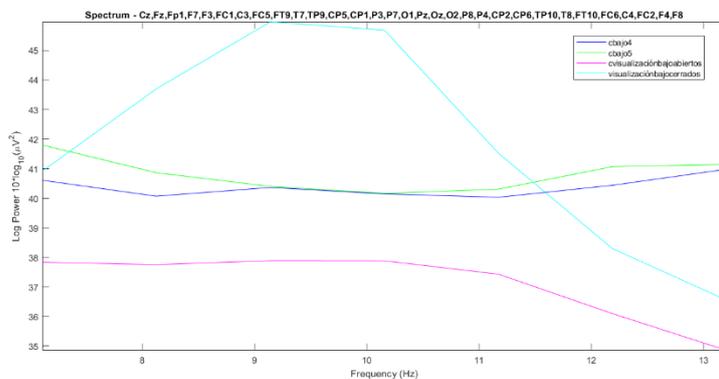
Según Sauseng et al. (2010), la actividad de frecuencia theta es relativa al control de la memoria de trabajo. De los resultados a cerca de esta banda de frecuencia podemos observar que los participantes Luisa y Samuel tienen unas bandas de frecuencia para theta mucho más altas antes de realizar la visualización, en el recorrido en “bajo 4”. Esto podría explicar que necesitaron utilizar mucha más memoria de trabajo en este recorrido debido que la visualización les ayudó a reducir la carga cognitiva en el intento posterior “bajo 5”. Por otro lado, en el caso de Cristina y Daniel, podríamos concluir que su visualización no les ayudó tanto a reducir esa carga de trabajo, o incluso que sintieron una mayor fatiga, como ellos mismos mencionaban en los videos posteriores a la realización de los recorridos.

Alfa

En la figura 6, para la participante Luisa.: Los valores de la banda de frecuencia alfa (7-13 Hz) para la ubicación bajo son más altos para la condición "bajo 4" (M=37.78; sd=1.633) en comparación con la condición "bajo 5" (M=36.65; sd=1.228), pero en cambio en comparación con la condición "visualización bajo" (M=37.46; sd=3.261), en los extremos de la gráfica (7 y 13 Hz) ambos son mucho más altos, pero en el medio de la gráfica (10 Hz) encontramos un pico que supera las dos gráficas del recorrido.

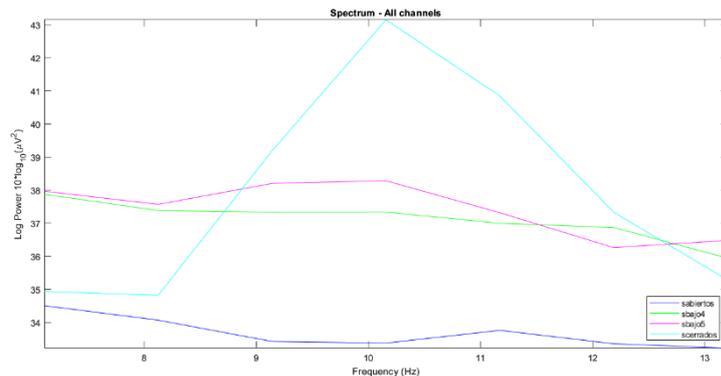


Cristina: Los valores de la banda de frecuencia alfa (7-13 Hz) para la ubicación bajo son significativamente más bajos para la condición "bajo 4" (M=40.38; sd=0.3393) en comparación con la condición "bajo 5" (M=40.82;



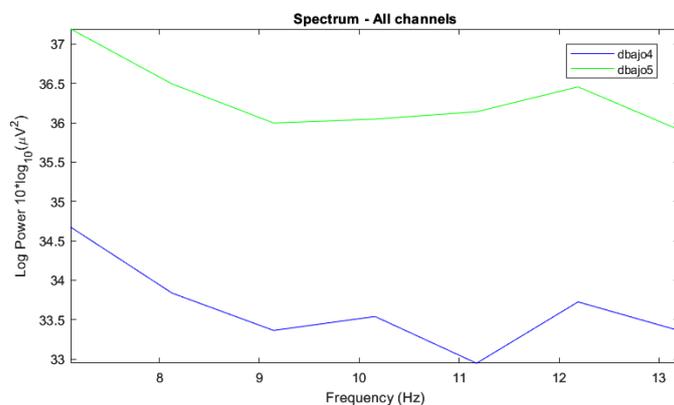
sd=0.5778). Pero en cambio en comparación con la condición "visualización ojos cerrados bajo" (M=41.81; sd=3.577) en los extremos de la gráfica (7 y 13 Hz) ambos son mucho más altos, pero en el medio de la gráfica (10 Hz) encontramos un pico que supera las dos gráficas del recorrido. Por otro lado, vemos que la condición "visualización ojos abiertos bajo" (M=37.11; sd=1.181) se mantiene por debajo del resto de bandas de frecuencia.

Samuel: Los valores de la banda de frecuencia alfa (7-13 Hz) para la ubicación bajo son más bajos para la condición "bajo 4" (M=37.11; sd=0.6047) en comparación con la



condición "bajo 5" (M=37.45; sd=0.8073). Pero en cambio en comparación con la condición "visualización ojos cerrados bajo" (M=37.94; sd=3.249) en los extremos de la gráfica (7 y 13 Hz) ambos son más altos, pero en el medio de la gráfica (10 Hz) encontramos un pico que supera el recorrido de las dos gráficas. Por otro lado, vemos que la condición "visualización ojos abiertos bajo" (M=33.68; sd=0.4678) se mantiene por debajo del resto de bandas de frecuencia. Estos resultados son muy parecidos a los de la participante anterior (Cristina).

Daniel: Los valores de la banda de frecuencia alfa (7-13 Hz) para la ubicación bajo son más bajos para la condición "bajo 4" (M=33.63; sd=0.5426) en comparación con la condición "bajo 5" (M=36.32; sd=0.4452).

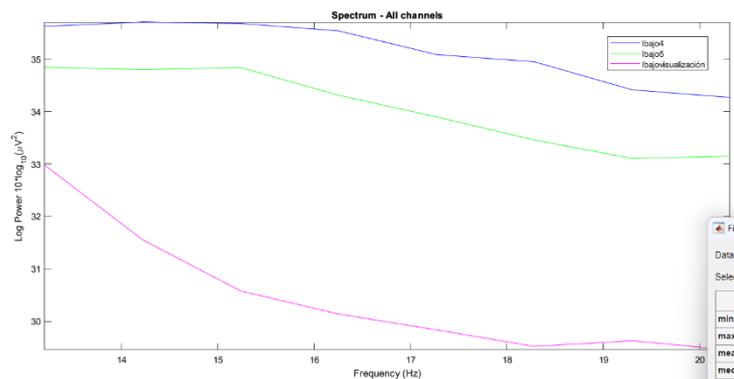


Comparación de alfa:

Según Sauseng et al., (2005) la banda alfa está estrechamente relacionada con la inhibición de la atención, con una mayor concentración y atención. De estos resultados a cerca de esta banda de frecuencia podemos observar que para las participantes Luisa y Cristina, tienen unas bandas de frecuencia para alfa mucho más altas antes de realizar el recorrido en "bajo 4". Esto podría explicar que necesitaron mucha más atención en este recorrido debido que la visualización les ayudó a reducir la carga cognitiva en el intento posterior "bajo 5". Por otro lado, en el caso de Samuel, la atención e inhibición del resto de estímulos fue muy similar durante ambos recorridos. Y, por último, el participante Daniel necesitó más atención en el recorrido posterior a la visualización. Podríamos concluir entonces que este sacó menos partido al ejercicio de visualización.

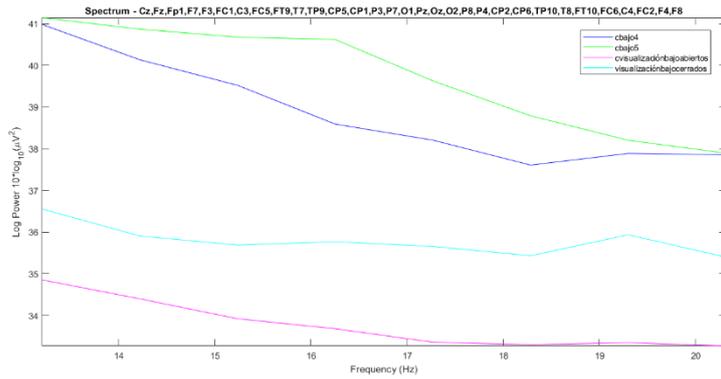
Beta bajo

Luisa: Los valores de la banda de frecuencia beta bajo (13-20 Hz) para la ubicación bajo son más altos para la condición "bajo 4" ($M=35.16$; $sd=0.5772$) en comparación con la

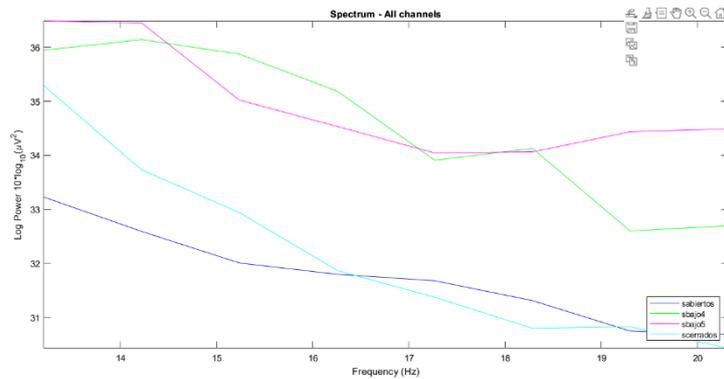


condición "bajo 5" ($M=34.05$; $sd=0.753$), pero en cambio en comparación con la condición "visualización bajo" ($M=30.46$; $sd=1.233$) ambos son mucho más altos. La diferencia entre las dos condiciones de recorrido y la de visualización es incluso mucho más amplia que en caso de theta de esta misma participante.

Cristina: Los valores de la banda de frecuencia beta bajo (13-20 Hz) para la ubicación bajo son más bajos para la condición "bajo 4" (M=43.68; sd=2.32) en comparación con la condición "bajo 5" (M=39.73; sd=1.286), pero en cambio en comparación con la condición "visualización ojos abiertos bajo" (M=33,77; sd=0.5877) y "visualización ojos cerrados bajo" (M=35.79; sd=0.3636) ambos son mucho más altos.

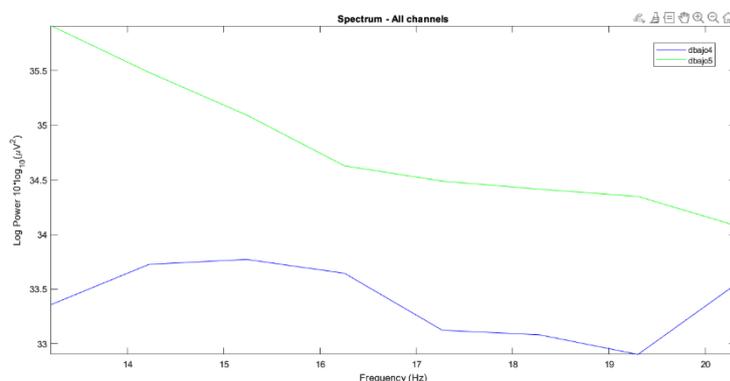


Samuel: Los valores de la banda de frecuencia beta bajo (13-20 Hz) para la ubicación bajo son casi iguales para la condición "bajo 4" (M=34.56; sd=1.438) y la condición "bajo 5" (M=34.94; sd=0.9909), pero



en cambio en comparación con la condición "visualización ojos abiertos bajo" (M=31.75; sd=0.8697) y "visualización ojos cerrados bajo" (M=32.16; sd=1.697) ambos son mucho más altos.

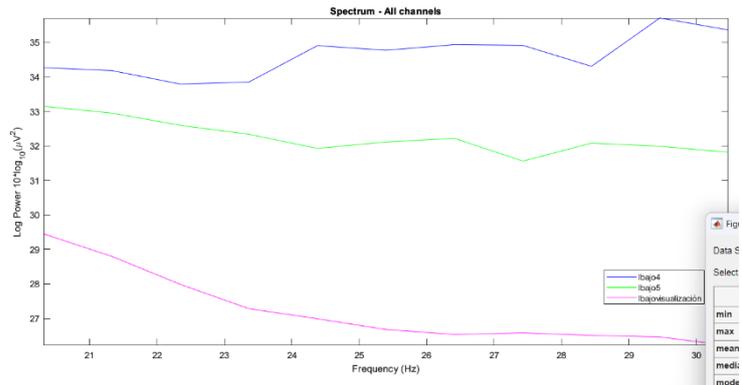
Daniel: Los valores de la banda de frecuencia beta bajo (13-20 Hz) para la ubicación bajo son significativamente más bajos para la condición "bajo 4" (M=33.39; sd=0.3277) en



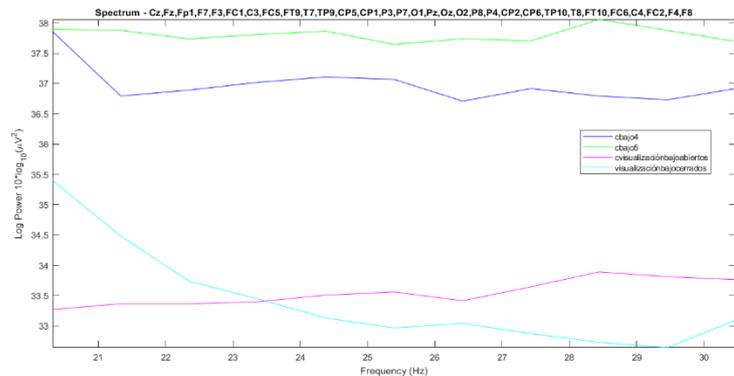
comparación con la condición "bajo 5" (M=34.81; sd=0.6299).

Beta alto

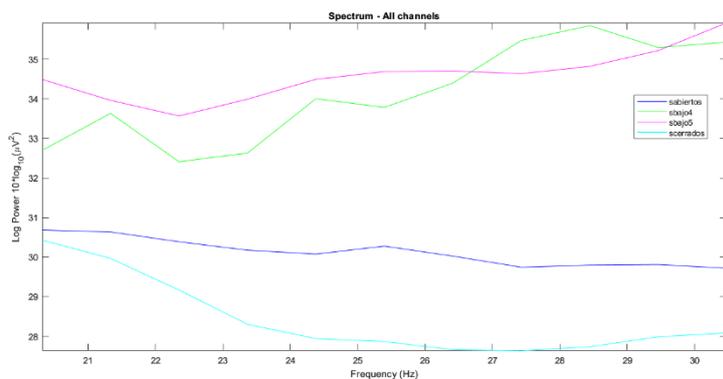
Luisa: Los valores de la banda de frecuencia beta alto (20-30 Hz) para la ubicación bajo son más altos para la condición "bajo 4" (M=34.64; sd=0.6091) en comparación con la condición "bajo 5" (M=32.25; sd=0.4806), pero en cambio en comparación con la condición "visualización bajo" (M=27.23; sd=1.066) ambos son mucho más altos.



Cristina: Los valores de la banda de frecuencia beta alto (20-30 Hz) para la ubicación bajo son más bajos para la condición "bajo 4" (M=36.98; sd=0.3198) en comparación con la condición "bajo 5" (M=37.81; sd=0.1198), pero en cambio en comparación con la condición "visualización ojos abiertos bajo" (M=33.54; sd=0.2069) y "visualización ojos cerrados bajo" (M=33.41; sd=0.8411) ambos son mucho más altos.

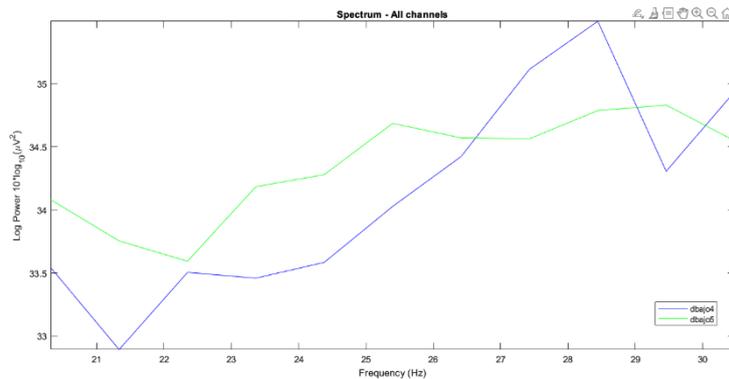


Samuel: Los valores de la banda de frecuencia beta alto (20-30 Hz) para la ubicación bajo son muy similares para la condición "bajo 4" (M=34.14; sd=1.246) y la condición "bajo 5" (M=34.59; sd=0.6369). Podríamos decir que son algo más elevados para la condición "bajo 5" ya que comienzan y se mantienen hasta la frecuencia 27 por encima. En cambio en



comparación con la condición "visualización ojos abiertos bajo" ($M=30.12$; $sd=0.3452$) y "visualización ojos cerrados bajo" ($M=28.43$; $sd=0.9743$) ambos son mucho más altos.

Daniel: Los valores de la banda de frecuencia beta alto (20-30 Hz) para la ubicación bajo son muy similares para la condición "bajo 4" ($M=34.12$; $sd=0.8133$) en comparación con la condición "bajo 5"



($M=34.35$; $sd=0.4124$). Podríamos decir que para "bajo 4" son un poco más bajos ya que solo ente las frecuencias 27 y 29 Hz tienen un valor superior.

Comparación de beta:

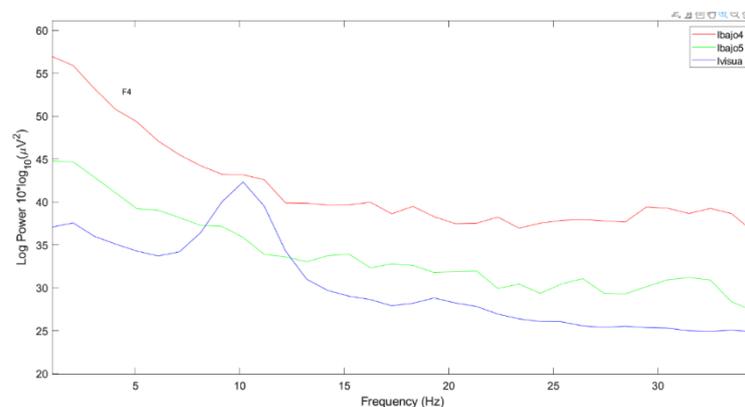
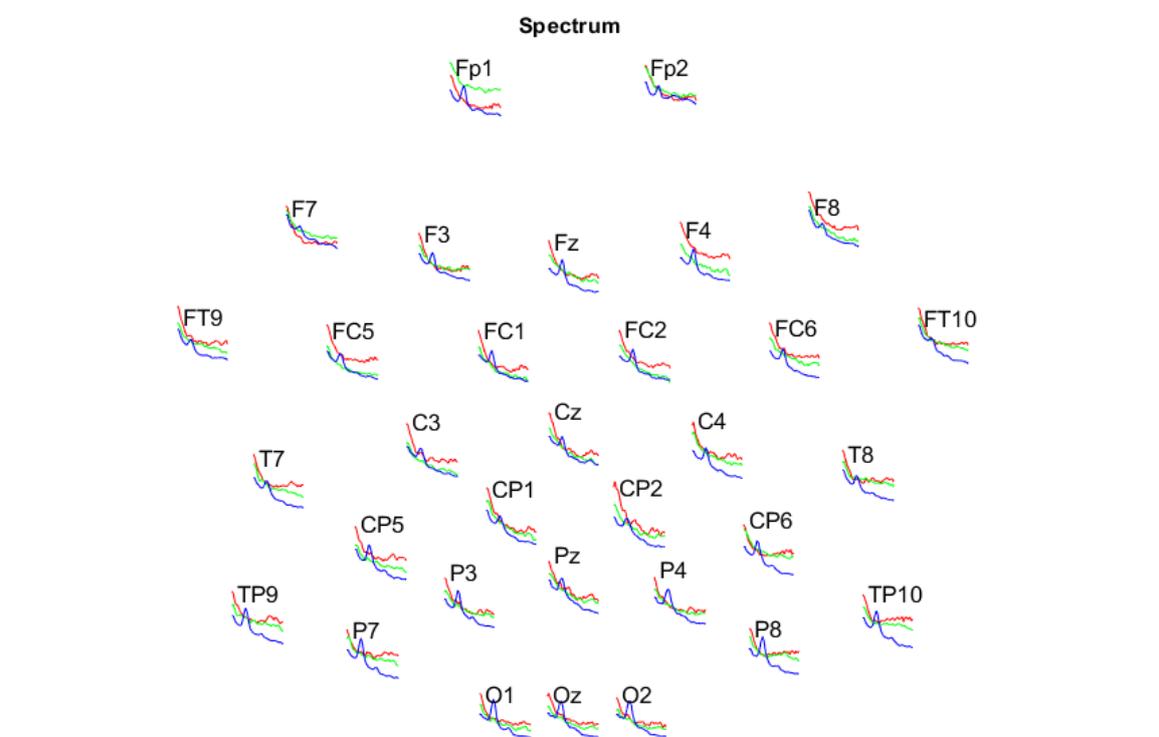
Según Abhang Priyanka, (2016), la actividad de frecuencia beta está involucrada en el pensamiento consciente y lógico, y tienden a tener un efecto estimulante. Además, tener la cantidad adecuada de ondas beta nos permite concentrarnos. De los resultados a cerca de esta banda de frecuencia podemos observar que la participante Luisa tiene unas bandas de frecuencia para beta mucho más altas antes de realizar la visualización, en el recorrido en "bajo 4". Esto podría explicar que necesitó estar mucho más concentrada durante este recorrido, y posteriormente, debido a la visualización, pudo reducir la misma durante el segundo intento del recorrido "bajo 5". Por otro lado, en el caso de Cristina y Daniel, tienen unas bandas de frecuencia para beta mucho más altas después de realizar la visualización, en el recorrido en "bajo 5". Esto podría explicar que necesitaron una mayor concentración en el segundo recorrido para intentar recordar lo visualizado. Por último, en el caso de Samuel, la intensidad de las frecuencias de beta en ambos recorridos es muy parecida, por lo que mostró un mismo nivel de concentración tanto antes como después de la visualización.

Es interesante como en las diferentes bandas de frecuencia, de cada participante obtenemos diferentes resultados. Pero si comparamos las bandas de cada participante, y el orden de las intensidades de las mismas en cada uno, sí que mantienen una relación.

5.3 Comparación de las bandas de frecuencias por canales.

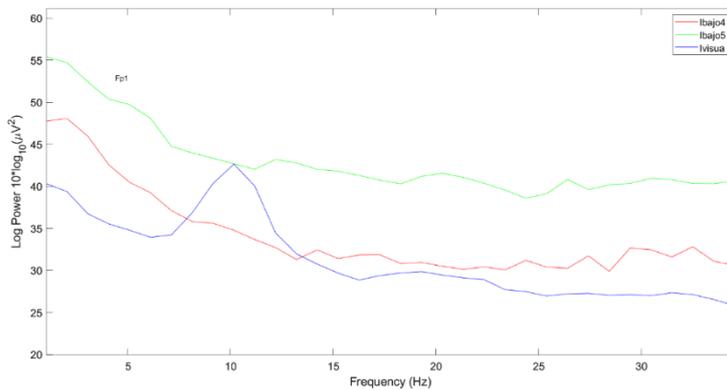
Para analizar las bandas de frecuencia de manera individual he observado, según Scrivener y Reader los diferentes canales están posicionados en diferentes áreas de Brodmann, cuya funcionalidad comenzamos a describir.

Luisa: Aquí podemos observar todas las bandas de frecuencia del espectro de esta participante. Procedo a comentar en las que más diferencia podemos encontrar dentro de ellas, y que por lo cual nos aportan más información.



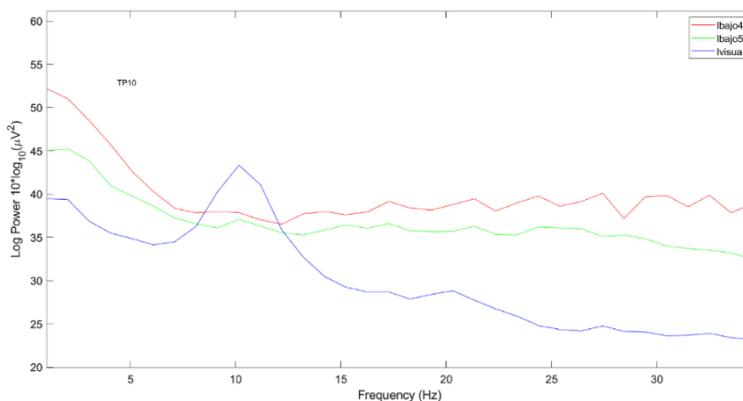
F4: Según Scrivener y Reader F4 coincide con el área de Brodmann Derecha BA9, cuya funcionalidad comenzamos a describir. En la general se refiere a la detección de errores y memoria a corto plazo. Con

respecto al área derecha del cerebro, afecta a la memoria de trabajo y memoria espacial. Esto podría explicar explica que sea mucho más alta la onda de “bajo 5” ya que durante este recorrido debe estar recordando lo imaginado durante la visualización. En cambio, la onda de “bajo 4” es mucho más baja ya que se realiza ese recorrido sin necesitar pensar no recordar tanto, podríamos decir que de manera más libre. Esta misma conclusión ha sido en otros análisis de bandas de frecuencia en los que afectaba la carga de trabajo.



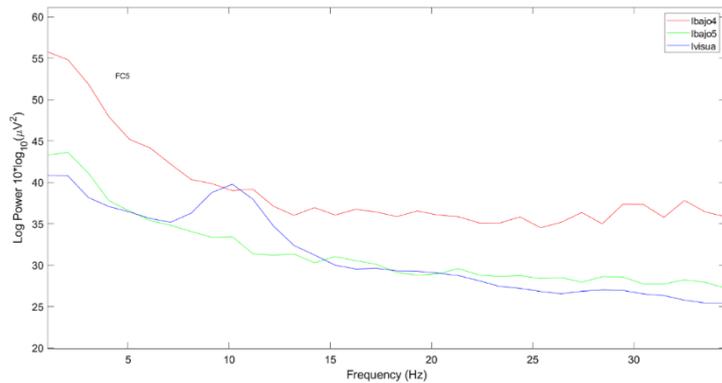
Fp1: Según Scrivener y Reader Fp1 coincide con el área de Brodmann Izquierda BA10, cuya funcionalidad comenzamos a describir. En la general se refiere a la memoria de trabajo, memoria

espacial. Esto podría explicar explica que sea mucho más alta la onda de “bajo 5” ya que durante este recorrido debe estar recordando lo imaginado durante la visualización. En cambio, la onda de “bajo 4” es mucho más baja ya que se realiza ese recorrido sin necesitar pensar no recordar tanto, podríamos decir que de manera más libre.



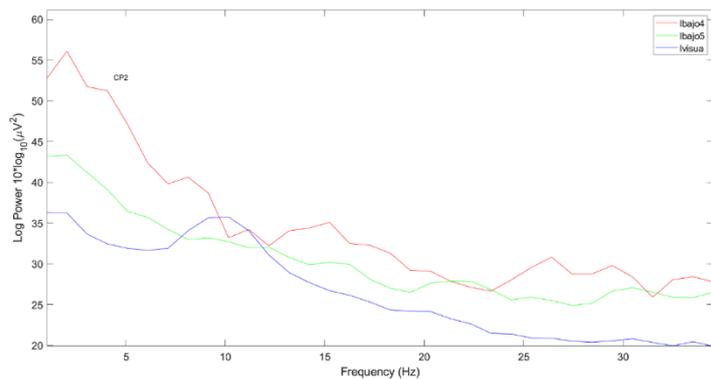
Tp10: Según Scrivener y Reader Tp10 coincide con el área de Brodmann del cerebelo. Este se encarga de la coordinación de movimientos, por ello, podríamos explicar que la visualización baja el nivel

de exigencia coordinativa, de esta manera la potencia de la onda de “bajo 5” es más alta.



FC5: Según Scrivener y Reader FC5 coincide con el área de Brodmann Izquierda BA6, cuya funcionalidad comenzamos a describir. En la general se refiere a movimientos imaginados, planificación de la acción,

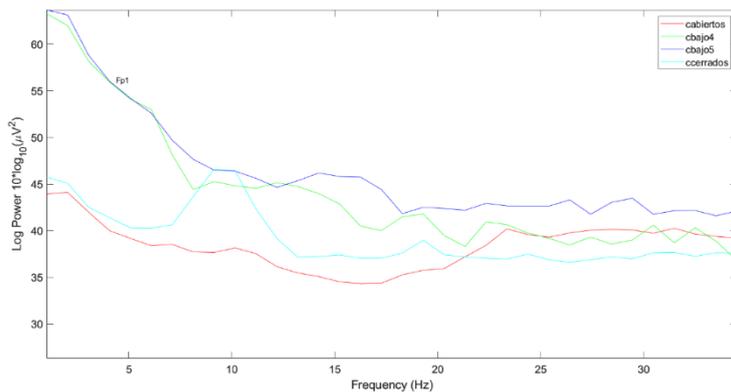
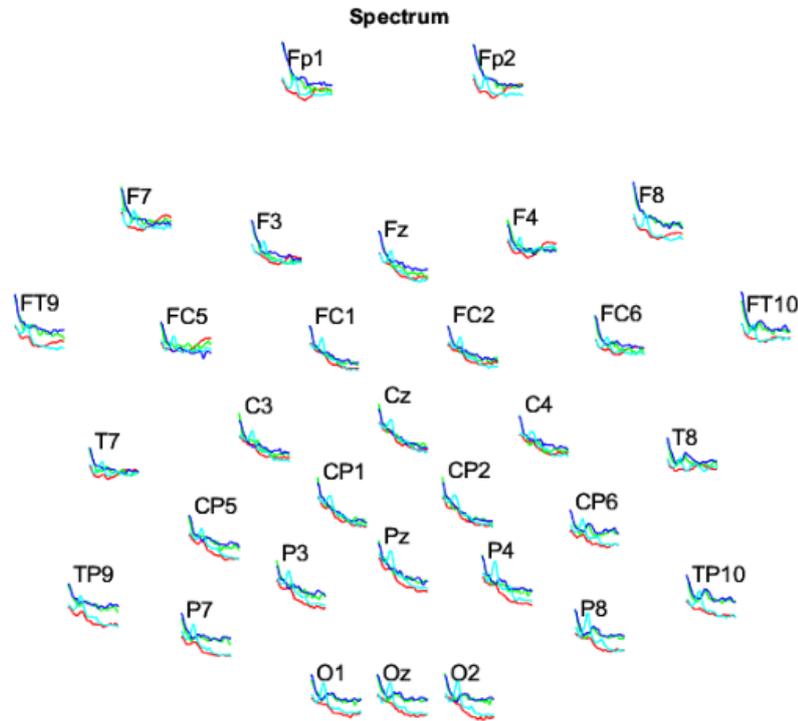
orquestración y resolver novedad. Esto podría explicar que la visualización hace que los procesos de planificación asociados al área premotora correspondiente a FC5 relajen la demanda de orquestración tras dicha práctica imaginaria. Igualmente podemos interpretar que esta zona, también encargada de resolver la novedad, tiene menos demanda tras la visualización (es decir en el intento “bajo 5”).



CP2: Según Scrivener y Reader CP2 coincide con el área de Brodmann Derecha BA7, cuya funcionalidad comenzamos a describir. Con respecto al área derecha del cerebro, afecta a la atención visual. Esto podría explicar

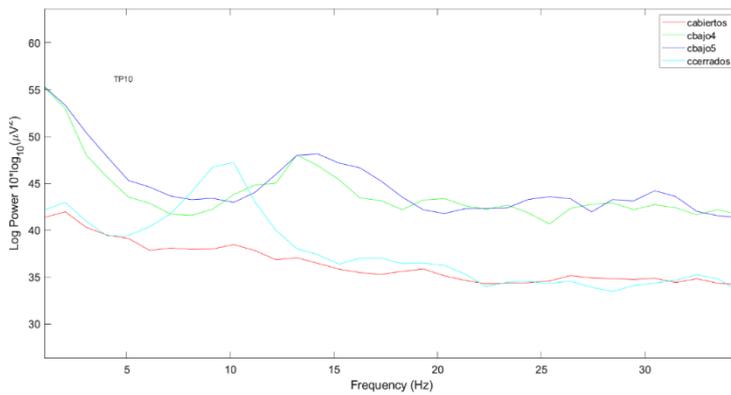
que después de la visualización no se requiere tanta atención visual y carga de trabajo con respecto a ella, por lo cual “bajo 5” sería más bajo.

Cristina: Aquí podemos observar todas las bandas de frecuencia del espectro de esta participante. Procedo a comentar en las que más diferencia podemos encontrar dentro de ellas, y que por lo cual nos aportan más información.



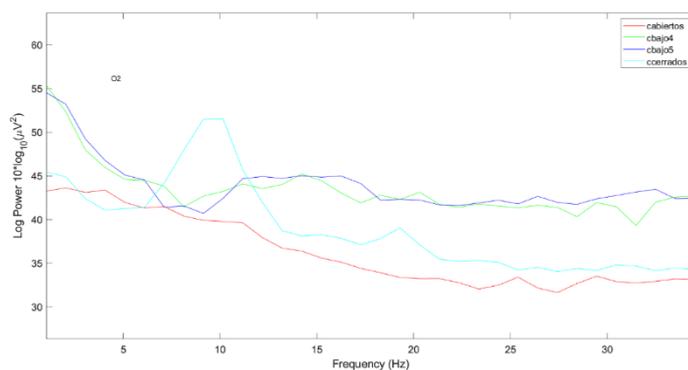
Fp1: Según Scrivener y Reader Fp1 coincide con el área de Brodmann Izquierda BA10, cuya funcionalidad comenzamos a describir. Esta área también fue destacada y analizada de la participante Luisa. En la

general se refiere a la memoria de trabajo, memoria espacial. Esto podría explicar que sean mucho más altas las bandas de frecuencia que se refieren al recorrido “bajo 4” y “bajo 5” que durante las visualizaciones.



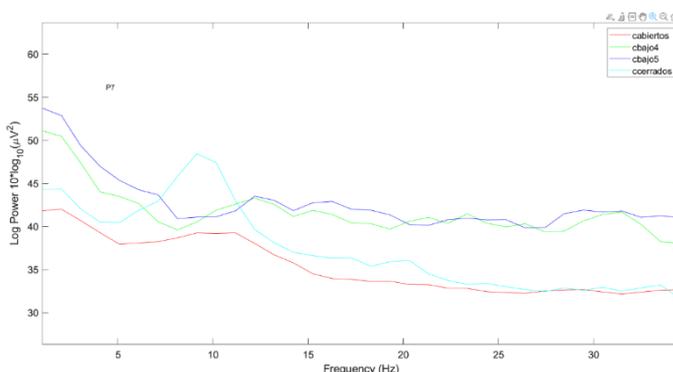
TP10: Según Scrivener y Reader Tp10 coincide con el área de Brodmann del cerebelo. Este se encarga de la coordinación de movimientos, por ello, podríamos explicar que durante la visualización baja

mucho el nivel de exigencia coordinativa. Por otro lado, la potencia de las bandas de frecuencia que se refieren al recorrido “bajo 4” y “bajo 5” es más alta debido a esa implicación de la coordinación. Esta área también fue destacada y analizada de la participante Luisa.



O2: Según Scrivener y Reader O2 coincide con el área de Brodmann Derecha BA18, cuya funcionalidad comenzamos a describir. Esta gráfica nos puede servir de ejemplo para analizar las áreas occipitales, ya que en

todas hay una mayor diferencia en la condición “visualización ojos abiertos” con el pico de alfa. Con respecto al área derecha del cerebro, afecta al procesamiento visual espacial, lo cual podría explicar que durante los recorridos sea más alta al tener los ojos abiertos durante la realización de los mismos.

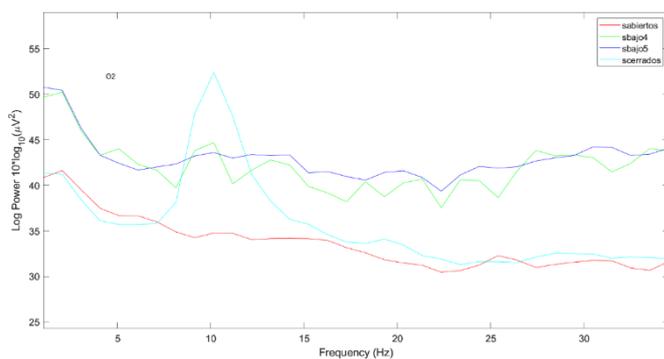
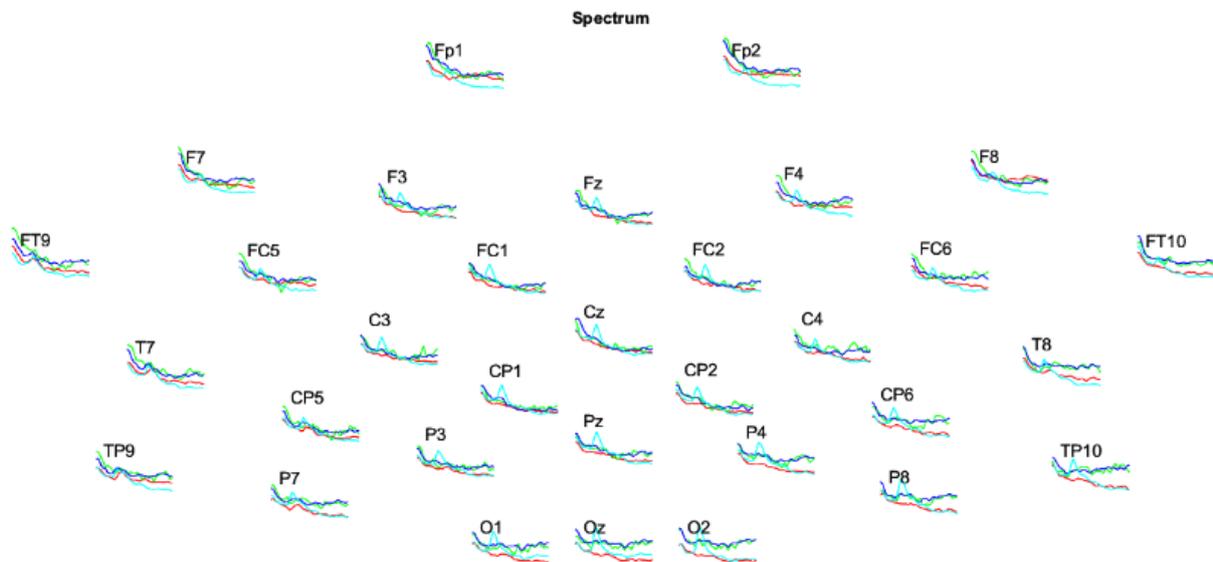


P7: Según Scrivener y Reader P7 coincide con el área de Brodmann Izquierda BA19, cuya funcionalidad comenzamos a describir. En la general se refiere a la memoria de trabajo espacial, el movimiento, reconocimiento

Universidad de Valladolid

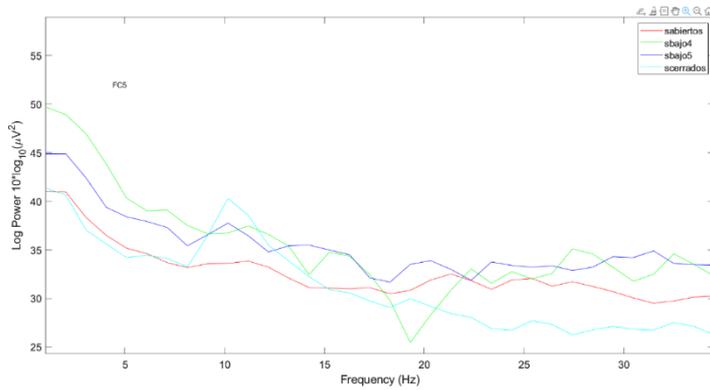
de la memoria visual. En este caso esto podría explicar porque las bandas de frecuencia que pertenecen al recorrido aparecen más arriba y juntas y las de la visualización debajo.

Samuel: Aquí podemos observar todas las bandas de frecuencia del espectro de esta participante. Procedo a comentar en las que más diferencia podemos encontrar dentro de ellas, y que por lo cual nos aportan más información.



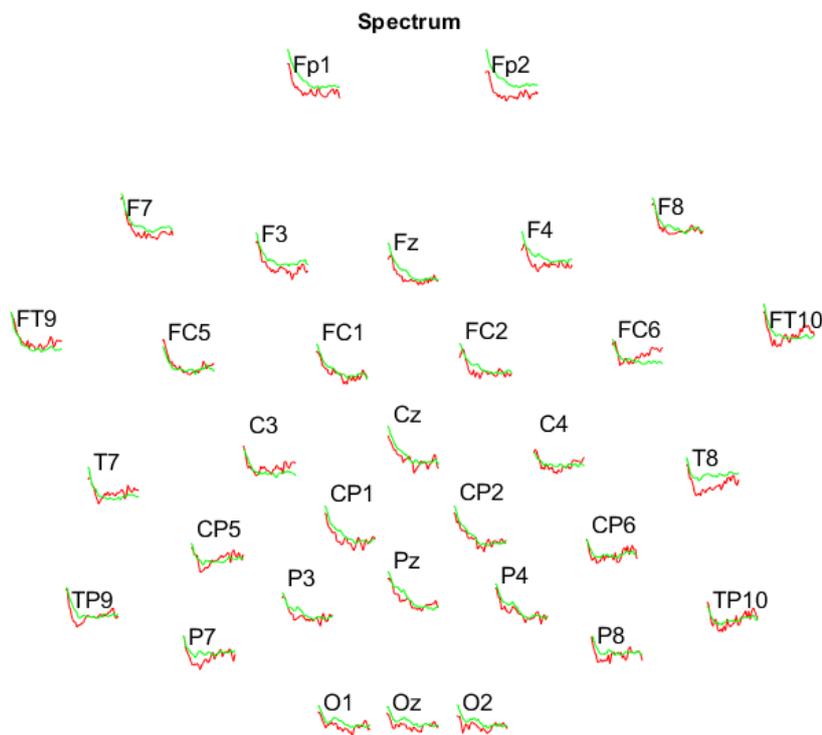
O2: Según Scrivener y Reader O2 coincide con el área de Brodmann Derecha BA18, cuya funcionalidad comenzamos a describir. Esta área también fue destacada y analizada de la

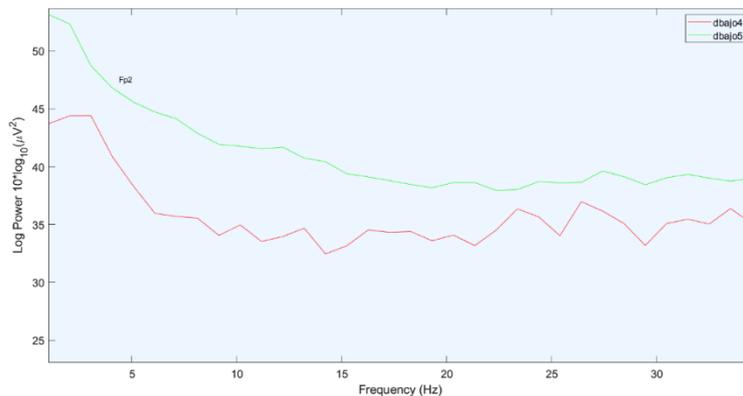
participante Cristina. Esta gráfica nos puede servir de ejemplo para analizar las áreas occipitales, ya que en todas hay una mayor diferencia en la condición “visualización ojos abiertos” con el pico de alfa. Con respecto al área derecha del cerebro, afecta al procesamiento visual espacial, lo cual podría explicar que durante los recorridos sea más alta al tener los ojos abiertos durante la realización de los mismos.



FC5: Según Scrivener y Reader FC5 coincide con el área de Brodmann Izquierda BA6, cuya funcionalidad comenzamos a describir. Para este participante en la mayoría de bandas de frecuencia, tal y como encontramos representada en esta gráfica, las cuatro condiciones son muy similares, siempre estando las condiciones del recorrido “bajo 4 y 5” un poco por encima de las visualizaciones “con ojos abiertos y cerrados”. Por ello, esta gráfica nos puede servir de ejemplo de todo el resto de canales individuales de Samuel.

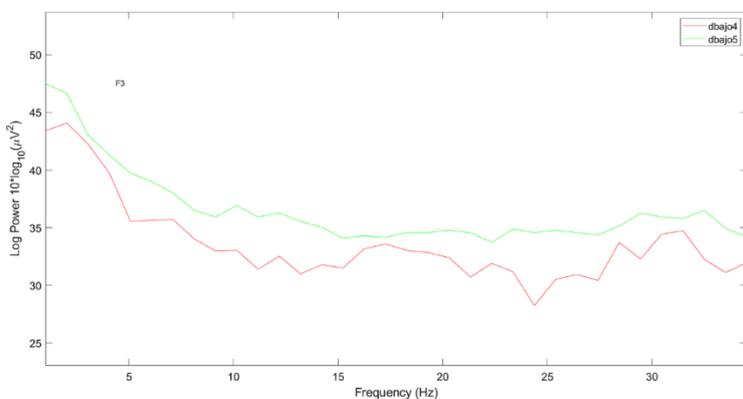
Daniel: Aquí podemos observar todas las bandas de frecuencia del espectro de esta participante. Procedo a comentar en las que más diferencia podemos encontrar dentro de ellas, y que por lo cual nos aportan más información.





Fp2: Según Scrivener y Reader Fp2 coincide con el área de Brodmann Derecha BA10, cuya funcionalidad comenzamos a describir. En la general se refiere a la memoria de trabajo,

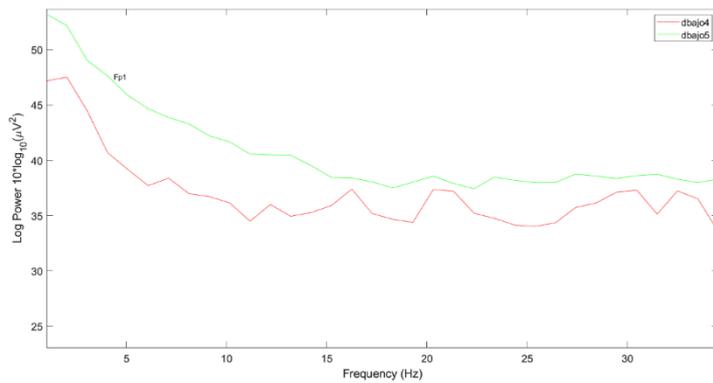
memoria espacial. Esto podría explicar explica que sea mucho más alta la onda de “bajo 5” ya que durante este recorrido debe estar recordando lo imaginado durante la visualización. En cambio, la onda de “bajo 4” es mucho más baja ya que se realiza ese recorrido sin necesitar pensar no recordar tanto, podríamos decir que de manera más libre. Es interesante que lo mismo ocurre y la conclusión obtenida de la participante Luisa es la misma.



F3: Según Scrivener y Reader F3 coincide con el área de Brodmann Izquierda BA9, cuya funcionalidad comenzamos a describir. En la general se refiere a la detección de errores y memoria a corto

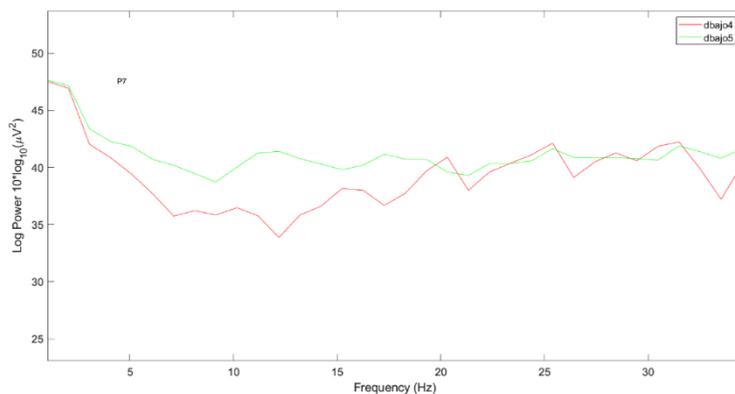
plazo. Con respecto al área izquierda del cerebro, afecta a la memoria de trabajo y memoria espacial. Esto podría explicar explica que sea mucho más alta la onda de “bajo 5” ya que durante este recorrido debe estar recordando lo imaginado durante la visualización. En cambio, la onda de “bajo 4” es mucho más baja ya que se realiza ese recorrido sin necesitar pensar no recordar tanto, podríamos decir que de manera más libre. Esta área también fue destacada y analizada de la participante Luisa.

Universidad de Valladolid



Fp1: Según Scrivener y Reader Fp1 coincide con el área de Brodmann Izquierda BA10, cuya funcionalidad comenzamos a describir. Esta área también fue destacada y analizada de las participantes

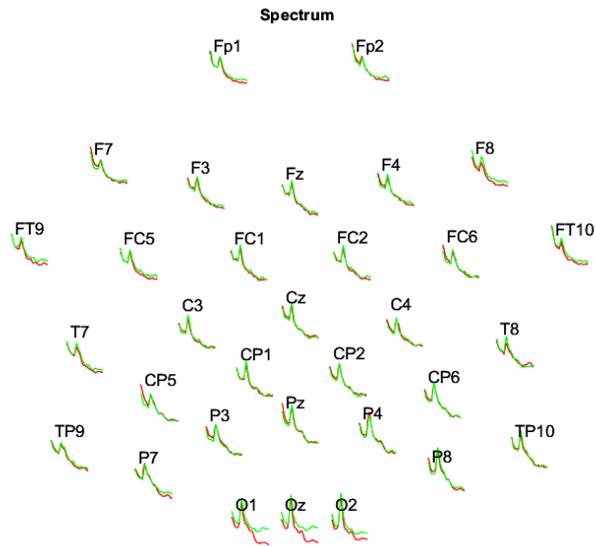
Luisa y Cristina. En la general se refiere a la memoria de trabajo, memoria espacial. Esto podría explicar explica que sea mucho más alta la onda de “bajo 5” ya que durante este recorrido debe estar recordando lo imaginado durante la visualización. En cambio, la onda de “bajo 4” es mucho más baja ya que se realiza ese recorrido sin necesitar pensar no recordar tanto, podríamos decir que de manera más libre.



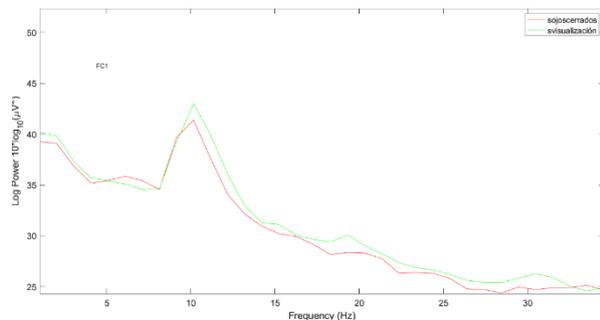
P7: Según Scrivener y Reader P7 coincide con el área de Brodmann Izquierda BA19, cuya funcionalidad comenzamos a describir. En lo general se refiere a la memoria de trabajo espacial,

el movimiento, reconocimiento de la memoria visual. En este caso esto podría explicar porque las bandas de frecuencia que pertenecen al recorrido aparecen casi coincidentes. Esta área también fue destacada y analizada de la participante Cristina.

5.4 Comparación entre la visualización y ojos cerrados.



En estas gráficas individuales que comparan la visualización del recorrido y un periodo de tiempo con ojos cerrados, podemos observar que no existe mucha diferencia entre ambas. Esto podría indicar que durante el tiempo con los ojos cerrados el cerebro ha continuado pensando he imaginado otras cosas. Esto coincide con lo que explicaban los participantes de que ninguno fue capaz de dejar la mente realmente en blanco. Algunos estuvieron pensando en lo que iban a hacer posteriormente ese día y otros estuvieron pensando en el estudio y el trabajo que estaban realizando. La “default mode network” (DMN) estudiada por Vergara y Behrens (2013), designa un sistema que muestra un alto nivel de actividad metabólica “en reposo”, cuando el cerebro no está ocupado en llevar a cabo una tarea en particular. Es por ello que se explica que la actividad neuronal no para aun estando con los ojos cerrados.



Esta gráfica del FC1 nos puede servir de ejemplo para observa como ambas bandas de frecuencia son casi coincidentes.

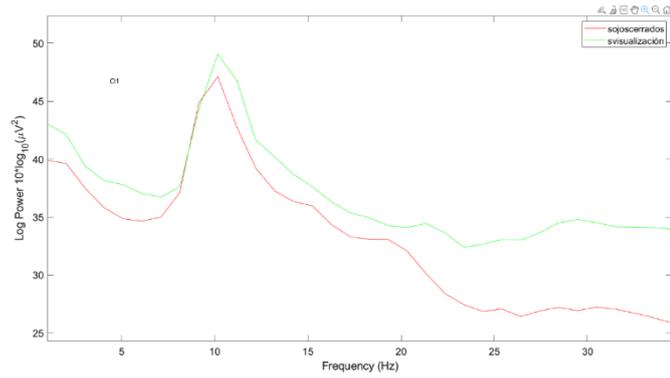
Por otro lado, algo que si podemos destacar es que existe una diferencia más notable en las áreas Occipitales. Según Scrivener y Reader O1 coincide con el área de

Universidad de Valladolid

Brodmann Derecha BA18, cuya funcionalidad comenzamos a describir. Con respecto al área derecha del cerebro, afecta al procesamiento visual espacial.

Esto podría explicar que la gráfica de la visualización sea más alta ya

que durante la visualización tuvo que recordar la imagen visual del rocódromo para poder recrear el recorrido.





6. Conclusión

Cada participante presenta procesos diferentes. Con respecto a la comparación de las bandas de frecuencias por canales, una conclusión repetida fue con respecto a la memoria de trabajo y memoria espacial. Se podría explicar que sea mucho más alta la frecuencia de onda de “bajo 5” ya que durante este recorrido debe estar recordando lo imaginado durante la visualización. En cambio, la onda de “bajo 4” es mucho más baja ya que se realiza ese recorrido sin necesidad de recordar tanto, podríamos decir que de manera más libre.

En FC5 se produce un cambio significativo antes y después de la visualización. En el recorrido tras la visualización, la demanda imaginativa baja. Esto podría explicarse debido a que FC5 se sitúa en el área relacionada con los movimientos imaginados, planificación de la acción, orquestación y la resolución ante novedades.

Algunos de los canales que han sido analizados individualmente fueron elegidos para un análisis más profundo en más de un participante. Esto nos podría indicar cuales han sido las zonas con mayor diferencia entre ondas. El canal más repetido ha sido Fp1 (relacionado con la memoria de trabajo y memoria espacial), seguido de cerca por TP10 (relacionada con la coordinación), F3 (también relacionada con la memoria de trabajo y memoria espacial), O2 (relacionado con el procesamiento visual espacial) y P7 (relacionada con el movimiento y reconocimiento de la memoria visual).

Observando que existen tantas diferencias entre los participantes podríamos afirmar que los procesos cognitivos con respecto al aprendizaje se producen de forma muy personal y cada persona evolucionará de manera distinta o usará diferentes estrategias para lograr dominar una actividad.

6.1 Implicaciones para la práctica

Trasladando este estudio a la rama de la educación y dándole un enfoque desde el punto de vista de un maestro de Educación Física, podríamos decir que los procesos cognitivos de los alumnos, a la hora de aprender una habilidad (en este caso la escalada), son únicos. Además, las positivas consecuencias de la visualización hacen que pueda ser útil introducirla en los procesos de aprendizaje de habilidades con escolares.



6.2 Líneas futuras de trabajo

Se podrían estudiar estos mismos procesos en el aprendizaje de otras habilidades motrices, hacerlo tanto con tareas que conlleven un esfuerzo físico con otras que conlleven uno únicamente mental. Creo que la visualización puede proporcionar grandes mejoras en los resultados de cualquier tarea y puede reflejarse no solo en el ámbito cognitivo sino también actitudinal. Por ello creo que sería interesante estudiar la visualización en todos los campos posibles.



7. Bibliografía

Angelakis, E., Lubar, J. F., Stathopoulou, S., & Kounios, J. (2004). Peak alpha frequency: an electroencephalographic measure of cognitive preparedness. *Clinical Neurophysiology*, 115(4), 887-897.

Babiker, A., Faye, I., Mumtaz, W., Malik, A.S., & Sato, H. (2018). EEG in classroom: EMD features to detect situational interest of students during learning. *Multimedia Tools and Applications*, 78, 16261 - 16281. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-7016-z>

Blakely, M. (2017). The impact of cognitive load on volitional running, kayaking, rock climbing and arithmetic tasks and the effect of fatigue on risk perception.

Chen, J., Qian, P., Gao, X., Li, B., Zhang, Y., & Zhang, D. (2023). Inter-brain coupling reflects disciplinary differences in real-world classroom learning. *NPJ science of learning*, 8(1), 11. <https://doi.org/10.1038/s41539-023-00162-1>

Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of neuroscience methods*, 134(1), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>

Doidge, N. (2018). *El cerebro se cambia a sí mismo*. Prisanoticias Colecciones.

Epling, S.L., Blakely, M.J., Edgar, G.K. et al. Memory impairment during a climbing traverse: implications for search and rescue climbing. *Exp Brain Res* 236, 3043–3052 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5362-8>

Fink, A., Schwab, D., & Papousek, I. (2011). Sensitivity of EEG upper alpha activity to cognitive and affective creativity interventions. *International Journal of Psychophysiology*, 82(3), 233-239.

García-Monge, A., Rodríguez-Navarro, H., & Marbán, J. M. (2023). Potencialidades y limitaciones de la usabilidad de dispositivos EEG en contextos educativos. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, 31(76).

Helton, WS, Green, AL y de Joux, NR (2013). Demandas de recursos cognitivos durante la escalada: consideraciones para las tecnologías de la comunicación. *Actas de la Reunión*



Anual de la Sociedad de Ergonomía y Factores Humanos, 57 (1), 1382–1386. <https://doi.org/10.1177/1541931213571306>

Henz, D., & Schöllhorn, W. I. (2016). Differential Training Facilitates Early Consolidation in Motor Learning. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 10, 199. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2016.00199>

Hernández-González, M., & Espinosa-Fernández, L. (2019). Bandas de frecuencia cerebrales y su relación con la memoria y el aprendizaje. *Revista de neurología*, 68(Supl. 1), S57-S61.

Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain research reviews*, 29(2-3), 169-195.

Maureira-Cid, F.; Díaz-Muñoz, H. (2021). Actividad eléctrica no lineal de las bandas de frecuencia beta cerebrales durante una prueba de atención sostenida. *Revista EIA*, 18(36), Reia36007. pp. 1-13. <https://doi.org/10.24050/reia.v18i36.1506>

Palva, J. M., & Palva, S. (2007). New vistas for α -frequency band oscillations. *Trends in neurosciences*, 30(4), 150-158.

Universia. (2018). ¿Qué son las ondas alfa y por qué es importante estimularlas si eres estudiante? [Disponible el 11 octubre 2018 <https://www.universia.net/es/actualidad/orientacion-academica/que-son-bandas-de-frecuencia-alfa-que-importante-estimularlas-eres-estudiante-1162044.html>]

Van der Crujisen, J., Manoochehri, M., Jonker, Z. D., Andrinopoulou, E. R., Frens, M. A., Ribbers, G. M., Schouten, A. C., & Selles, R. W. (2021). Theta but not beta power is positively associated with better explicit motor task learning. *NeuroImage*, 240, 118373. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118373>

Vergara, F., & Behrens, M. I. (2013). Red neural por defecto y enfermedad de Alzheimer. *Revista médica de Chile*, 141(3), 375-380.

Williams, N. S., McArthur, G. M., de Wit, B., Ibrahim, G., & Badcock, N. A. (2020b). A validation of Emotiv EPOC Flex saline for EEG and ERP research. *PeerJ*, 8, e9713. <https://doi.org/10.7717/peerj.9713>