



Universidad de Valladolid

Facultad de educación y Trabajo Social

**COMPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD
CEREBRAL MEDIANTE EEG DURANTE
RECORRIDOS DE ESCALADA ENTRE UNA
ESCALADORA NOVEL Y UNA EXPERTA**

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN EDUCACIÓN PRIMARIA

MENCIÓN DE EDUCACIÓN FÍSICA

Autor: Karla Escobar Vera

Tutor: Alfonso García Monge

Valladolid, Junio 2023

RESUMEN

Título: Comparación de la actividad cerebral mediante EEG durante recorridos de escalada entre una escaladora novel y una experta.

Autor: Karla Escobar Vera

Tutor académico: Alfonso García Monge

Palabras clave: EEG, ondas Alpha, escalada, experta, novel, comparativa.

Resumen del contenido: La escalada es un contenido fundamental dados los requerimientos físico-motrices, perceptivo-motrices y coordinativos que demanda. Existen muchos estudios tanto sobre su introducción dentro de las clases de educación física, como sobre las demandas cognitivas implicadas en este proceso. Sin embargo, no existen estudios que nos hablen sobre los procesos cognitivos que se están dando, es decir, la actividad cerebral que está sucediendo durante esta tarea. El objetivo de este trabajo es conocer algo más sobre esa actividad cerebral y para ello, hemos elaborado una comparativa entre una escaladora experta y una escaladora novel, estudiando su actividad cerebral a través de electroencefalografía, mientras realizaban un recorrido en travesía, en diferentes situaciones, aumentando su dificultad y haciendo mayor o menor uso de la memoria. Los resultados que encontramos tras analizar los recorridos de ambas son importantes para poder hacernos una idea de cómo cada participante tiene ciertas peculiaridades y cómo la escalada puede haber afectado a la manera en la que se trabaja a nivel neuronal.

ABSTRACT

Keywords: EEG, Alpha waves, climbing, expert, novel, comparative

Abstract: Climbing is a fundamental activity due to the physical-motor, perceptual-motor, and coordinative requirements it demands. There are many studies on its integration into physical education classes, as well as cognitive demands involved in this process. However, there are no studies that discuss the cognitive processes taking place, specifically brain activity occurring during this task. The objective of this study is to gain further knowledge about that brain activity, and for this purpose, we have conducted a comparison between an expert climber and a novice climber, studying their brain activity through electroencephalography while they were completing a traverse route in different situations, increasing its difficulty and varying their use of memory. The results that we find after analyzing the routes of both are important to get an idea of how each participant

has certain peculiarities within their cognitive work network and how the escalation may have affected the way in which they work at neural level.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. FUNDAMENTACIÓN TEORICA	6
2.1. La escalada	6
2.2 La escalada en Educación Física Escolar (EFE).....	7
2.3 El cerebro y las Áreas de Brodmann	8
2.4 Electroencefalograma (EEG).....	10
2.5 Bandas de Frecuencia.....	10
3. METODOLOGIA	13
3.1 Participantes.....	13
3.2 Contexto.....	13
3.3 Procedimiento	13
3.4 Preprocesado de la señal	15
3.5 Análisis.....	16
4. ANÁLISIS DE LOS DATOS	17
4.1 Condición Base.....	17
4.2 Comparación de los libres promediados y los valores base de cada una.....	21
4.3 Comparación de los Bajos.....	25
5. CONCLUSIONES.....	26
6. REFERENCIAS	27

1. INTRODUCCIÓN

La escalada es un deporte emocionante y desafiante que requiere una combinación única de habilidades físicas y mentales. Existen numerosos estudios sobre cómo realizar progresiones para el aprendizaje de la escalada, pero sin embargo encontramos pocos estudios que nos hablen sobre los procesos corticales implicados en esta actividad.

En este trabajo se va a comparar la actividad cerebral de una escaladora experta con la de una principiante, con el objetivo de identificar las diferencias que existen entre alguien en proceso de aprendizaje y alguien que domina una acción concreta. Se utilizará la técnica de neuroimagen denominada electroencefalograma (EEG), que nos servirá para el estudio y la comparación de patrones neuronales.

En este sentido, el estudio de estas diferencias entre el funcionamiento cerebral de una experta y el de una novel, en el contexto de la acción de escalada, puede tener importantes indicaciones en la enseñanza y el aprendizaje de actividades complejas y contribuir a una mejor comprensión de cómo se adquieren y se perfeccionan las habilidades motoras y cognitivas en general.

2. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

2.1. La escalada

El sentido de la escalada ha cambiado a lo largo de la historia. En la sociedad actual, la escalada como forma de desplazamiento o como habilidad para superar un obstáculo se ha minimizado a extremos, mientras que, en sociedades preindustriales, el riesgo físico y el contacto directo con la naturaleza formaban parte de la vida cotidiana, y actividades como trepar, formaban parte del intercambio corporal del hombre con el medio (Romero Ramos, 1999).

La escalada es un deporte que requiere de una gran demanda tanto cognitiva como física del individuo. Es por ello por lo que puede ser un contenido interesante para impartir en nuestras aulas.

Romero Ramos (1999) nos describe los factores que intervienen en la escalada a través de cuatro ámbitos que vamos a reflejar en la siguiente tabla:

FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ESCALADA	Físico-motor	Fuerza
		Resistencia
		Flexibilidad
		Velocidad
		Coordinación
		Presión intradiscal
		Repertorio gestual
		Control postural
	Perceptivo	Visualización
		Desarrollo del equilibrio
		Tacto
		Orientación espacio-temporal
		Relajación y respiración
	Social	Socialización
	Cognitivo-psicológico	Control emocional
		Autoconfianza

Factores que intervienen en la escalada (Romero Ramos, 1999) (Tabla 1)

Santolaya, Rubio y Ruiz-Barquín (2022) nos habla sobre los procesos cognitivos que intervienen en la escalada, en los que de acuerdo con Sánchez y Torregrossa (2005), se pueden clasificar en tres bloques.

En primer lugar, los que hacen referencia a la preparación para la escalada, la memorización y reproducción mental, y la capacidad de mantener la concentración en la resolución de tareas de escalada (procesos básicos para captar y procesar información); en segundo lugar, aquellas variables que animan a los escaladores a mejorar mientras se divierten y persiguen la mejora continua de las habilidades en la escalada (aspectos motivacionales); y en tercer lugar, los relacionados con la necesidad de poder gestionar las emociones y los niveles de excitación ante dificultades frustrantes e inciertas (mecanismos emocionales).

En el siguiente cuadro enumeramos los procesos cognitivos de los 3 bloques descritos:

PROCESOS COGNITIVOS QUE INTERVIENEN EN LA ESCALADA	Procesos básicos para capturar y procesar información	Anticipación
		Atención-Concentración
		Memorización-Imaginación
		Creatividad
		Capacidad de aprendizaje
		Estilos de aprendizaje
		Capacidad de resolución de problemas
	Aspectos motivacionales	Autoeficacia
		Confianza en sí mismo
		Motivación
		Autorrealización
		Autonomía
	Mecanismos emocionales	Control del estrés
		Gestión de la activación
		Gestión de riesgos
		Autorregulación
		Tolerancia a la frustración
		Regulación emocional

Procesos cognitivos que intervienen en la escalada (Sánchez y Torregrossa, 2005) (Tabla 2)

2.2 La escalada en Educación Física Escolar (EFE)

La escalada presenta un gran potencial y muchas posibilidades de aplicación dentro del centro escolar y en el medio natural cercano y lejano, existiendo numerosos sitios donde practicar esta habilidad. Dentro de un centro, podemos contar con espalderas, colchonetas e incluso con minirocodromos donde realizar esta actividad. En el medio natural existen

2.4 Electroencefalograma (EEG)

El EEG (Electroencefalograma) es una técnica que registra la actividad eléctrica del cerebro y se utiliza para estudiar la actividad cerebral en diferentes estados y condiciones. Hans Berger inventó el EEG para determinar una variedad de funciones cerebrales, lo que avanzó enormemente en el campo de la neurociencia entre 1930 y 1960 (Başar y Düzgün 2016).

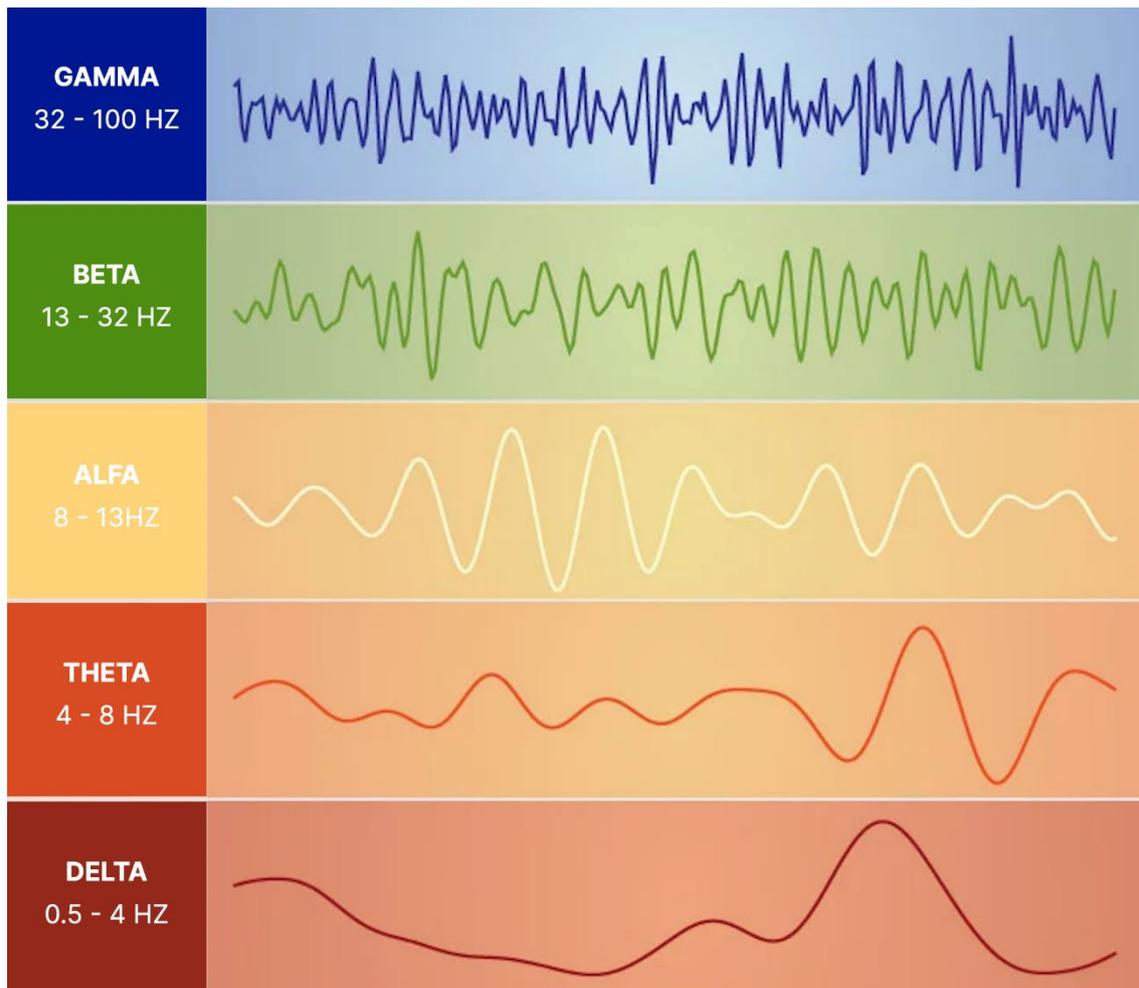
Başar (2013) describe el EEG de la siguiente manera.

“El EEG consiste en la actividad de un conjunto de generadores que producen actividad rítmica en varios rangos de frecuencia. Estos osciladores suelen estar activos de forma aleatoria. Sin embargo, mediante la aplicación de estimulación sensorial, estos generadores se acoplan y actúan juntos de manera coherente. Esta sincronización y mejora de la actividad del EEG da lugar a ritmos 'provocados' o 'inducidos’”. “Se consideró que los potenciales evocados, que representan conjuntos de respuestas de poblaciones neuronales, son el resultado de la transición de un estado desordenado a uno ordenado. El ERP compuesto manifiesta una superposición de oscilaciones evocadas en las frecuencias del EEG, que van desde delta a gamma ('frecuencias naturales del cerebro' como delta: 0,5–3,5 Hz, theta: 3,5–7 Hz, alfa : 8–13 Hz, beta 15–28 Hz y gamma: 30–70 Hz)”.

Al medir la actividad eléctrica de los conjuntos neuronales con una resolución temporal de milisegundos, el EEG ofrece la posibilidad de estudiar la función cerebral en tiempo real (Nayak y Anilkumar, 2022).

2.5 Bandas de Frecuencia

Como se ha mencionado anteriormente, el cerebro emite impulsos nerviosos, que nosotros a través del EEG somos capaces de medir. Estos impulsos se denominan ondas cerebrales y se pueden clasificar en función del rango de frecuencias en el que se encuentren. La actividad oscilatoria de los ensamblajes neuronales en el cerebro consta de las frecuencias *alfa*, *beta*, *gamma*, *theta* y *delta*. Estas son frecuencias naturales, por lo que representan las respuestas reales del cerebro (Başar et al., 2001). La presencia de unas u otras ondas, nos puede dar información sobre la actividad y las demandas cerebrales que se estén dando en un momento concreto:



Bandas de frecuencia (Tabla 3)

En este estudio, nos vamos a centrar en las bandas de frecuencia Alfa y Beta.

Muchos autores han definido la actividad electrónica alfa. La banda de frecuencia Alpha es un patrón de actividad eléctrica en el cerebro que se caracteriza por la presencia de oscilaciones de baja frecuencia (8-13 Hz) en el rango de las ondas alfa. Estas oscilaciones se observan normalmente en la actividad electroencefalográfica (EEG) cuando una persona está despierta, pero en un estado de relajación con los ojos cerrados.

Históricamente, se ha interpretado que el contraste alfa refleja la "desactivación" de las áreas corticales y se ha asociado con la "inactividad" del cerebro (Shaw, 1996; Pfurtscheller et al., 1996).

Nos parece interesante destacar otros autores han estudiado Alpha dentro de la practica mindfulness. Se ha sugerido que la co-presencia de theta y alfa en mindfulness indica un estado de 'vigilia relajada' (Britton et al., 2014), lo cual es corroborado por autoinformes cualitativos de las experiencias de los practicantes en mindfulness (Cahn y Polich, 2006). La banda de frecuencia alfa ha sido considerada como una de las "firmas" de la

meditación, ya que se ha observado consistentemente en una gama de diferentes prácticas de meditación relativamente independientes tanto de la técnica como del grado de práctica (Fell et al., 2010)

Otros autores han definido la actividad electrónica Beta.

La actividad beta aumenta normalmente con 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 aumento de las ondas beta durante la actividad, el pensamiento ansioso, la resolución de problemas y la concentración profunda (Malik y Amin, 2017 citado en Nayak y Anilkumar, 2022).

3. METODOLOGIA

3.1 Participantes.

Por un lado, participa una chica de 27 años, experta en escalada, con una trayectoria de más de 8 años realizando escalada deportiva. El nivel máximo que ha alcanzado es un 7b según la escala francesa.

Por otra parte, participa una chica de 27 años, cuyo nivel es iniciación. Su único contacto con la escalada ha sido una clase universitaria.

En lo que resta, nos referiremos a las participantes como “experta” y “novel” respectivamente.

3.2 Contexto

La toma de datos EEG se he realizado en el rocódromo del gimnasio de la Universidad de Valladolid. Se indicó a las participantes realizar una vía transversal de 5 metros de longitud y 3 metros de altura. La distancia máxima entre presas era de 30 cm, el tamaño de las presas era variado, pero el agarre era bueno.

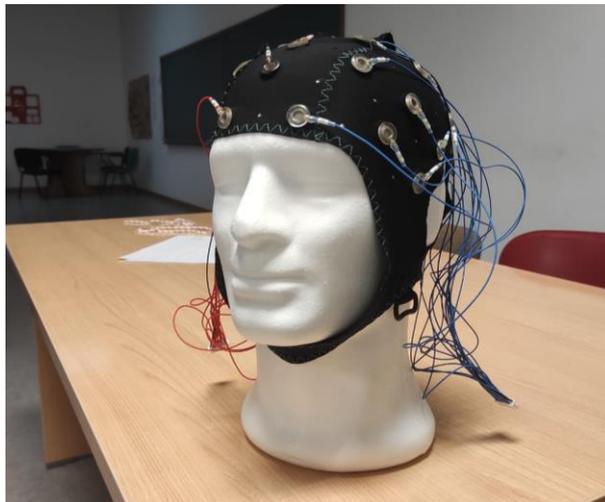


El rocódromo de la Universidad de Valladolid (figura 3)

3.3 Procedimiento

Para la recogida de la señal EEG se utilizó un dispositivo Eloc Flex (Emotiv, San Francisco). Se trata de un dispositivo de 32 canales con sensores pasivos de

Ag/AgCl (EasyCap, Herrsching) montados sobre un gorro de neopreno de EasyCap que permite elegir las posiciones de montaje. El dispositivo se muestra a continuación.



Gorro de Neopreno, que mide la actividad cerebral a través de Emotiv Pro(figura 4)

La conductividad se facilita por un gel. La frecuencia de muestreo es de 128Hz. El amplificador de Emotiv colocado en el gorro, envía de forma inalámbrica la señal al ordenador donde se recoge a través de una aplicación on-line (Emotiv Pro) desde la que, posteriormente, se pueden descargar los datos en formatos CSV o EDF. En el trabajo de Williams et al. (2020) se recoge su validación.

Tras colocar los gorros de EEG se realiza un registro de base de 2 min con los ojos cerrados y 2 min con los ojos abiertos mirando a un punto fijo.

A continuación, nos trasladamos al gimnasio, y allí se explica las tareas que deben realizar las participantes.

La tarea consta de tres bloques diferentes:

- El **primer bloque** consta de 4 recorridos libres por el rocódromo en travesía.
- En el **segundo bloque**, la participante debe recordar el recorrido para repetir el mismo durante todo el bloque, en este caso, todas las presas están permitidas. Primero realiza un checking desde el suelo, analizando, ideando y tratando de memorizar cual puede ser el recorrido más idóneo. Es entonces cuando realiza 3 veces el mismo recorrido pensado anteriormente. Después, se para, para realizar una practica imaginaria. La practica imaginaria consiste en situarse en frente del rocódromo, sentada en un banco, y repasar lo más detalladamente el recorrido realizado. La practica imaginaria se realizará primero con los ojos abiertos y después con los ojos cerrados.

- El **tercer bloque** se efectúa de la misma manera que el Bloque 2, pero en este caso se aumenta la dificultad, limitando las presas de las manos, quitando las amarillas.

BLOQUE 1: Libre	Libre 1	
	Libre 2	
	Libre 3	
	Libre 4	
BLOQUE 2: Bajo	Checking del recorrido bajo	
	Bajo 1	
	Bajo 2	
	Bajo 3	
	Practica Imaginaria (Ojos abierto)	Practica Imaginaria (Ojos cerrados)
	Bajo 5	
BLOQUE 3: Medio	Checking del recorrido medio	
	Medio 1	
	Medio 2	
	Medio 3	
	Practica Imaginaria (Ojos abierto)	Practica Imaginaria (Ojos cerrados)
	Medio 5	

Descripción de los recorridos (tabla 4)

3.4 Preprocesado de la señal

El preprocesamiento de datos y los análisis se llevaron a cabo utilizando la caja de herramientas EEGLAB (v.2023.0) (Delorme y Makeig, 2004) para Matlab (MathWorks, Natick, EE.UU.).

En el pre-procesado 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).

3.5 Análisis.

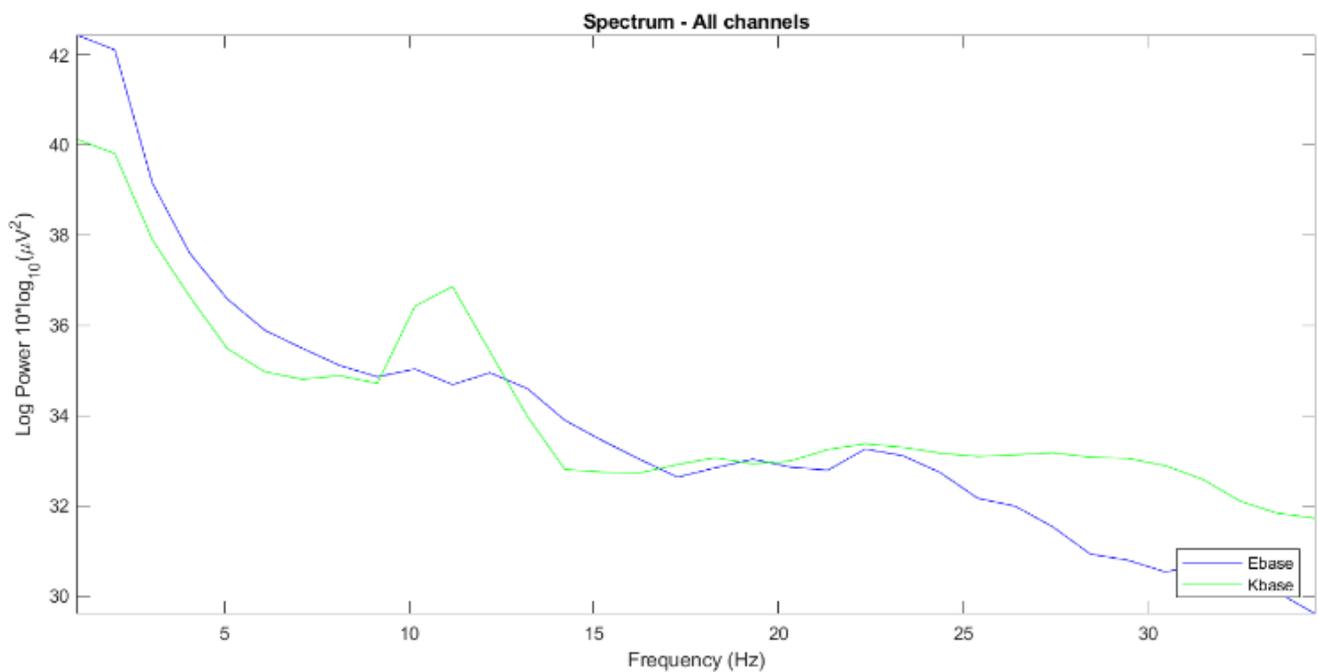
Para el análisis de las características de las bandas de frecuencia se utilizó la aplicación “STUDY” the eeglab, que nos permitió comparar diferentes bandas de frecuencia en diferentes sujetos y diferentes canales.

Con esta aplicación podemos obtener diferentes parámetros espectrales, como la media, la moda, la mediana, la desviación estándar y el rango. También nos permite, hacer pruebas de análisis de varianza a través de estadísticos no paramétricos, basados en permutaciones.

4. ANÁLISIS DE LOS DATOS

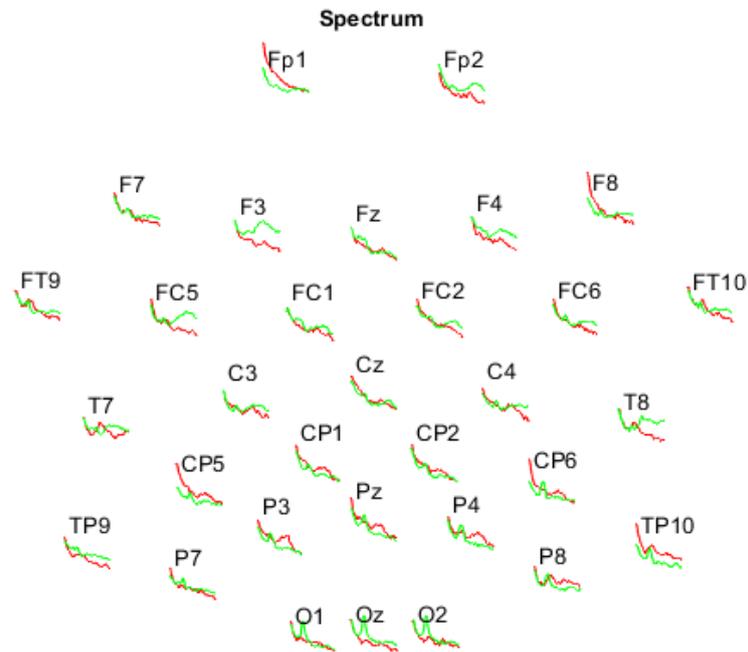
4.1 Condición Base

Para tener una referencia de ambas participantes en un estado de relajación o sin demasiados estímulos, comparamos como línea de base el registro de la actividad cerebral de los dos participantes mientras se encuentran sentados, con los ojos abiertos, mirando un punto fijo. Recordemos que “K” es la participante novel y “E” es la experta.



Gráfica general de las condiciones base de las dos participantes (figura 5)

Al observar la gráfica general (figura 5) se hace evidente una subida en el pico Alpha para la participante novel (en verde) frente a la experta (azul). Analizando por canales, encontramos las siguientes diferencias (figura 6).

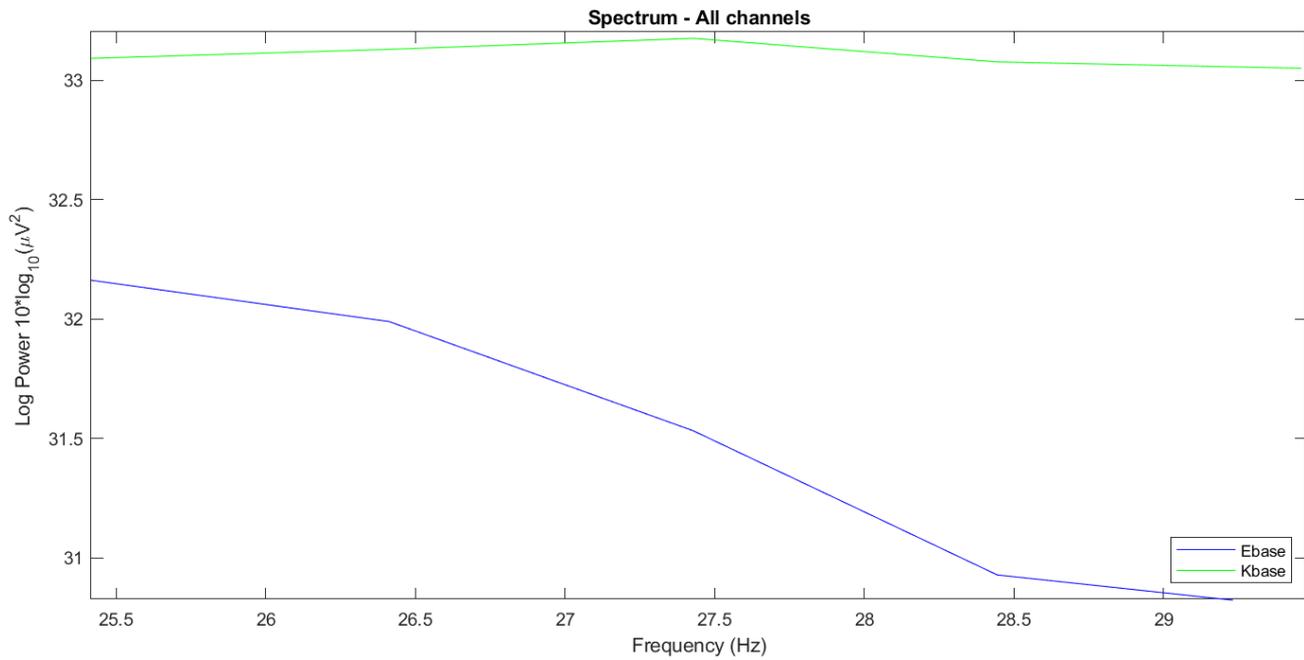


Gráficas de la actividad cerebral por canales en base (figura 6)

En los canales que vemos que existe mayores diferencias y que en el rango Alpha la gráfica de novel (verde), como es previsible sube en canales occipitales (O1, O2, Oz). Estos canales tienen que ver con la percepción visual, el procesamiento de estímulos visuales, la atención visual y, en condiciones de reposo (registros con ojos abiertos mirando a un punto y con ojos cerrados) suelen dar una actividad alfa mayor.

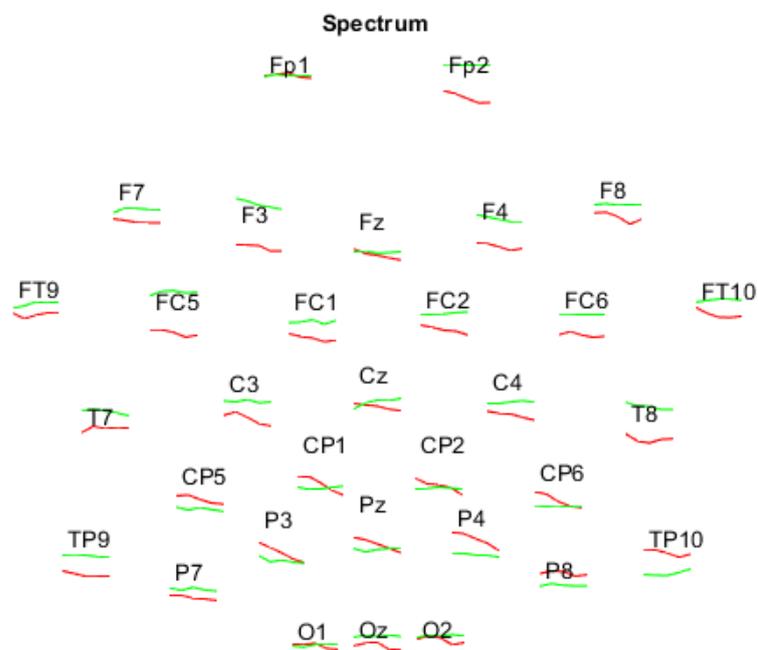
Estas diferencias son individuales, y tienen que ver con el procesamiento personal y con la red por defecto.

Otro de los puntos que llama la atención de la comparación de las condiciones “Base” es que dicha gráfica en Beta, también se distancia.



Gráfica de la parte Beta de la gráfica general. (figura 7)

Para entenderlo mejor, analizamos los canales individualmente en Beta.



Gráficas de la actividad cerebral por canales (figura 8)

Mirando los canales de manera individual, por lo general la gráfica de la novel tiene valores de frecuencia más altos que la experta, salvo en algunas excepciones que llaman la atención; CP5, CP6, P4, P8 y TP10

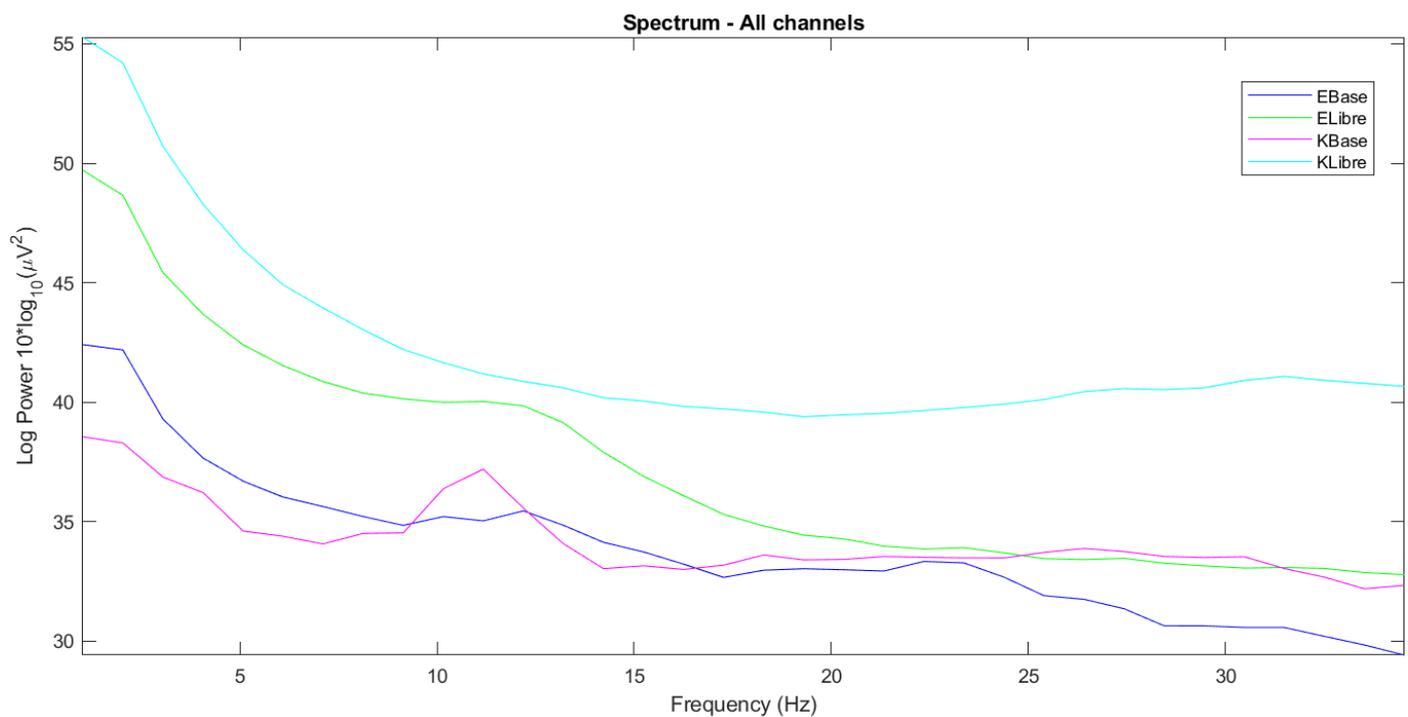
P8 es el canal de EGG que se corresponde con el Area 19 derecha de Brodmann, región cerebral situada en la corteza visual primaria. Específicamente, se encuentra en el lóbulo occipital del cerebro, y es responsable del procesamiento visual. Como hemos mencionado anteriormente esta diferencia se puede deber a las peculiaridades de cada una de sus actividades cerebrales.

En cambio, los canales CP5, CP6 y P4 se refieren a procesos cognitivos que pueden ser importante.

CP6, CP5 y P4, se corresponden al Area 39 derecha de Brodmann, y se refiere procesos cognitivos como la visión espacial, el control ejecutivo o la secuenciación de acción. Estos procesos cognitivos que tienen mucha relación con la práctica de la escalada y, en este caso, la escaladora experta parece demandar en Beta más de ellos en su estado base. Esto puede indicar, que, al ser experta en esta práctica, haya educado ciertos patrones cognitivos y estas áreas estén más activas que en la escaladora novel.

4.2 Comparación de los libres promediados y los valores base de cada una.

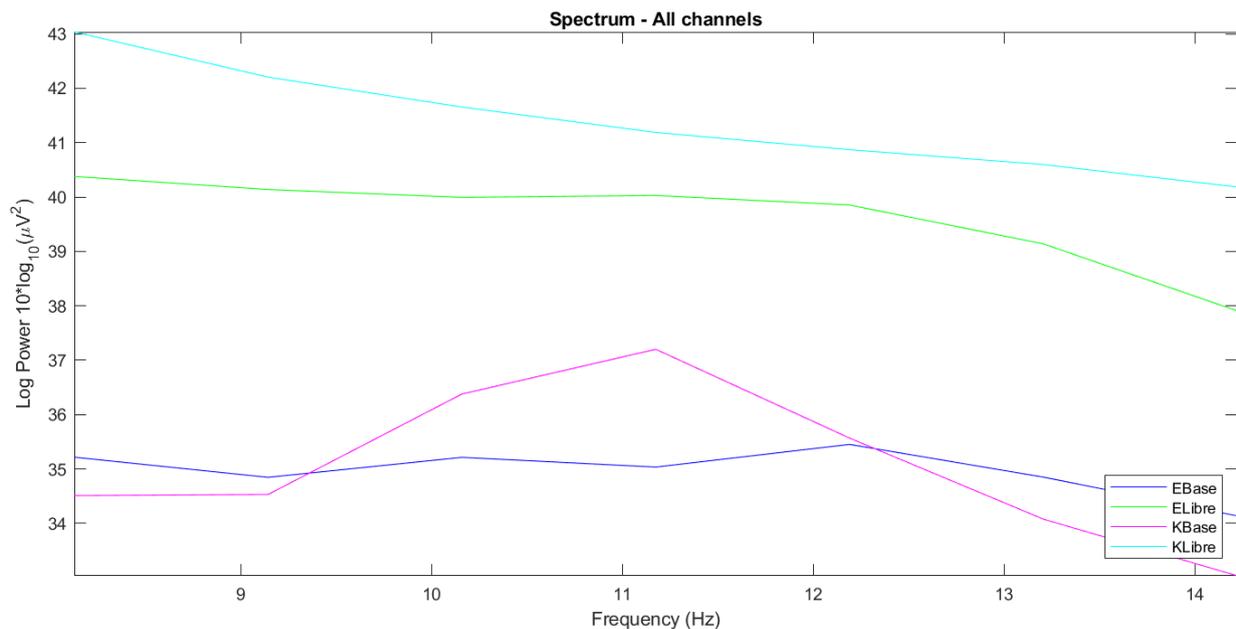
Se ha utilizado la aplicación EEGlab para crear una gráfica con los valores de los recorridos libres promediados de dos condiciones por separado. Las condiciones que hemos comparado son “ELibre” (promediado de los recorridos libres de Elena, la experta) y “KLibre” (promediado de los recorridos libres de Karla, la novel). También hemos dejado las gráficas base como referencia para comparar sus promedios.



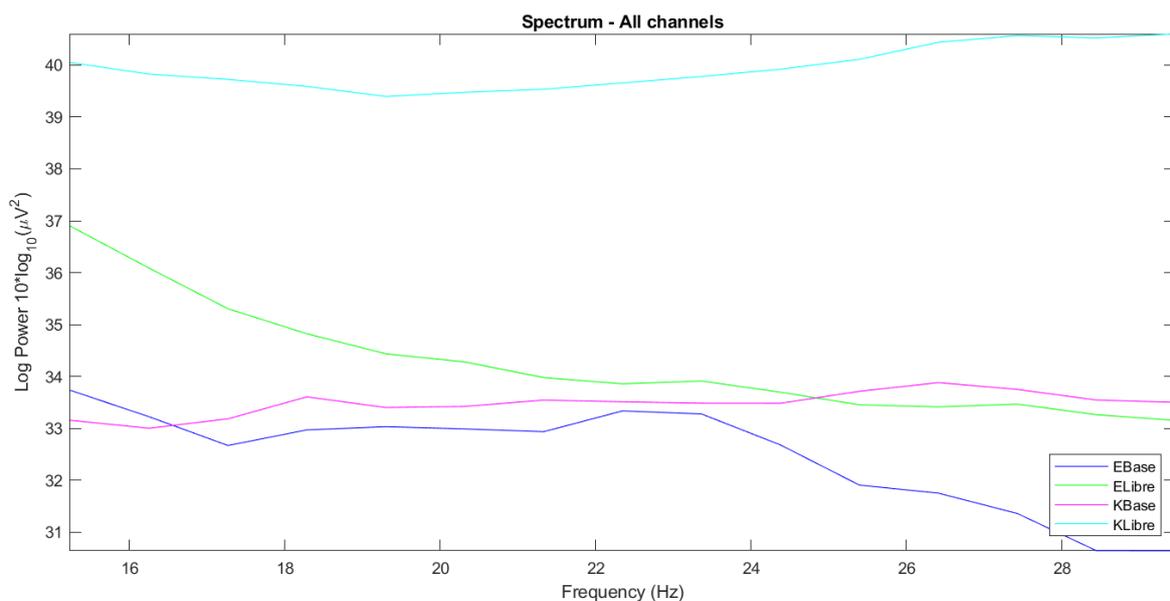
Gráfica de los recorridos Libres, junto con las Bases (figura 9)

Lo primero que llama la atención es que un punto de elevación en la gráfica de la experta es la franja de Alpha. Como hemos descrito anteriormente en el marco teórico, estas oscilaciones se observan normalmente en la actividad electroencefalográfica (EEG) cuando una persona está despierta, pero en un estado de relajación con los ojos cerrados. Alpha, se asocia comúnmente con la relajación y la disminución de la actividad cognitiva. Cuando estamos en un estado de relajación o meditación, es probable que nuestras ondas cerebrales muestren una mayor amplitud en esta frecuencia.

Además, las ondas Alpha están asociadas con la disminución de la actividad de las regiones del cerebro que no están directamente involucradas en la tarea en curso. La banda de frecuencia alfa ha sido considerada como una de las "firmas" de la meditación, ya que se ha observado consistentemente en una gama de diferentes prácticas de meditación relativamente independientes tanto de la técnica como del grado de práctica (Fell et al., 2010). Esto puede interpretarse como una "desconexión" relativa de estas regiones del cerebro, lo que permite un enfoque más específico en la tarea o en la atención interna.



Gráfica de los recorridos Libres, junto con las Bases, en Alpha (figura 10)



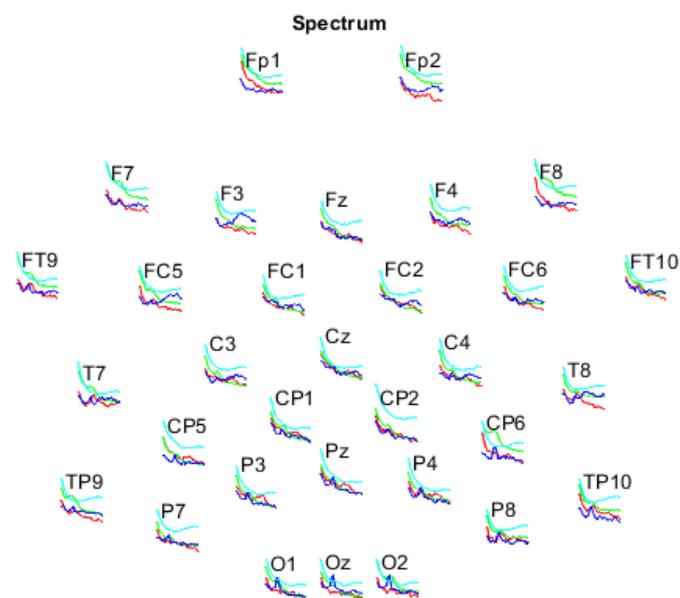
Gráfica de los recorridos Libres, junto con las Bases, en Beta (figura 11)

A diferencia de la experta, la novel, nuestro sujeto inexperto, tiene sus picos más altos en la sección Beta. Lo que puede indicar mayor actividad cerebral, ya que el sujeto inexperto

no es capaz de focalizar su actividad cognitiva para hacerla eficiente. La actividad beta aumenta normalmente con la activación mental (Tatum, Husain, Benbadis, y Kaplan, 2006).

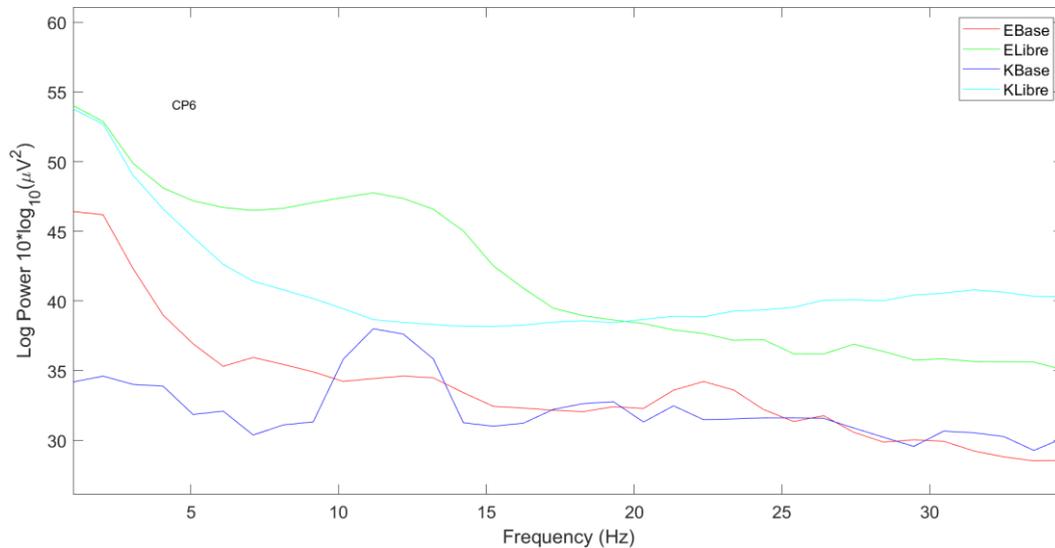
Otra de los puntos que llama la atención de la gráfica es que, en Beta, los valores de la experta son incluso más bajos que los de la novel en su estado base.

Para continuar con la investigación de los procesos cognitivos analizamos los canales de manera independiente, primero a nivel general y después tanto en Alpha como en Beta.



Gráficas de la actividad cerebral por canales de los recorridos Libres, junto con las Bases (figura 12)

Nos llama la atención la gráfica de CP6. Por ello analizamos la grafica de este canal individualmente.

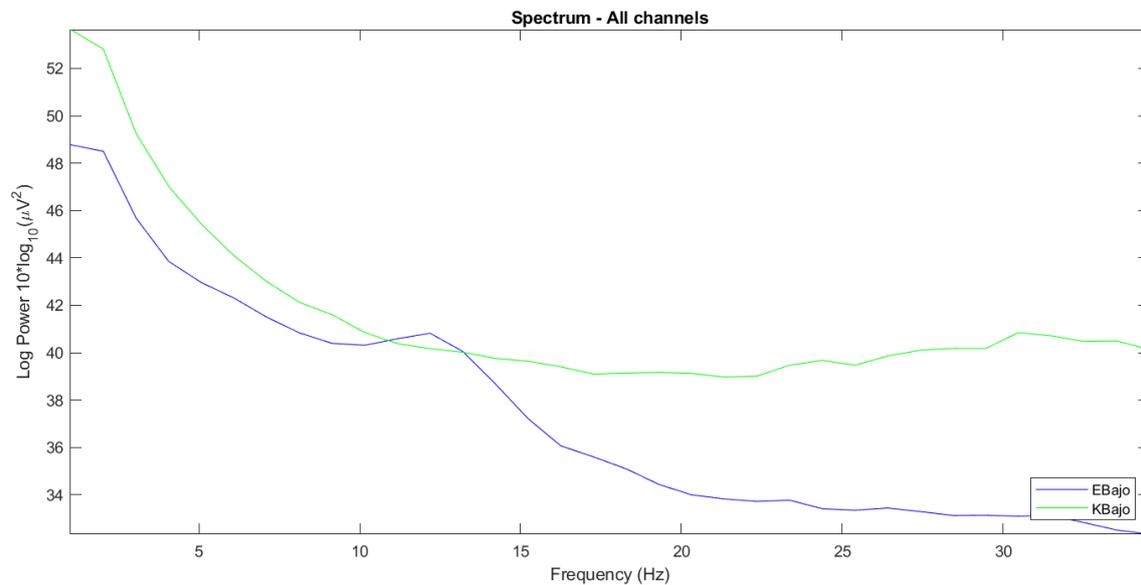


Grafica del canal CP6 (figura 13)

El único canal en el que la experta en Beta supera a la novel, es decir el canal en el que se detecta mayor actividad es CP6 que como hemos visto anteriormente tiene que ver con el área 39 de Brodmann que se refiere a procesos cognitivos como la visión espacial, el control ejecutivo o la secuenciación de acción.

4.3 Comparación de los Bajos

Después de analizar los niveles libres, nos puede resultar interesante ver que pasa, cuando limitamos el recorrido, siendo el mismo siempre, es decir, las participantes debieron prestar atención en realizar siempre los mismos movimientos, y por tanto en recordarlos.



Gráfica de comparación de los recorridos Bajos (figura 14)

De la misma manera que en la gráfica en la que comparábamos los libres ponderados de ambas participantes, podemos apreciar que en la gráfica de la escaladora experta hay un pico en Alpha, y una gran caída de los valores en Beta. En la escaladora novel, por el contrario, la franja Beta es elevada y ascendente.

5. CONCLUSIONES

Lo primero que cabe destacar del trabajo que hemos realizado es la actividad cerebral de cada persona parece tener ciertas peculiaridades diferentes. Atendiendo a esto, como maestros, es fundamental adaptar nuestras prácticas educativas para satisfacer las necesidades individuales de cada alumno.

Por otra parte, la escalada en la escuela puede ser un contenido muy interesante, ya que como hemos visto en el análisis de la práctica de la escaladora experta, fomenta el desarrollo de habilidades cognitivas y educa al cerebro a ser más eficiente. Lo que nos hace pensar que los deportes que practiquen los alumnos en su vida, dejan una huella no solo motriz, sino también cerebral.

Se han observado grandes diferencias entre la escaladora experta y la escaladora novel. Lo que más nos ha llamado la atención es que la escaladora experta, tanto en sus recorridos libres (en los que no tenía que hacer uso de la memoria) como en sus recorridos bajos, su actividad cerebral presentaba predominio en la banda de frecuencia Alpha. Como hemos visto anteriormente, la banda de frecuencia Alpha es un patrón de actividad electroencefalográfica que se relaciona con la "desactivación" de las áreas corticales y se asocia con la "inactividad" del cerebro (Shaw, 1996; Pfurtscheller et al., 1996). De alguna manera, la experta, era capaz de hacer uso en mayor medida de las zonas del cerebro que eran necesarias para realizar la actividad, e inhibir en gran parte las zonas del cerebro que no resultaban útiles.

Dado que este estudio ha sido realizado con solo dos participantes y solo con una de ellas experta, nos podría resultar interesante aplicar este análisis en una muestra más amplia de escaladores expertos para ver si los resultados de nuestra experta confirman un patrón o pertenecen a esa red personal de cada uno.

6. REFERENCIAS

- Başar, E., & Düzgün, A. (2016). The CLAIR model: Extension of Brodmann areas based on brain oscillations and connectivity. *International Journal of Psychophysiology*, *103*, 185-198.
- Başar-Eroglu, C., Demiralp, T., Schürmann, M., & Başar, E. (2001). Topological distribution of oddball 'P300' responses. *International Journal of Psychophysiology*, *39*(2-3), 213-220.
- Beas Jiménez, M., & Blanes Rubia, M. (2010). Posibilidades pedagógicas de la escalada en rocódromo. *Espiral. Cuadernos del profesorado*
- Britton, W. B., Lindahl, J. R., Cahn, B. R., Davis, J. H., & Goldman, R. E. (2014). Awakening is not a metaphor: the effects of Buddhist meditation practices on basic wakefulness. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1307*(1), 64-81.
- Cahn, B. R., Delorme, A., & Polich, J. (2010). Occipital gamma activation during Vipassana meditation. *Cognitive processing*, *11*, 39-56.
- 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>
- Fell, J., Axmacher, N., & Haupt, S. (2010). From alpha to gamma: electrophysiological correlates of meditation-related states of consciousness. *Medical hypotheses*, *75*(2), 218-224.
- Guillén, R., Lapetra, S., & Casterad, J. (2000). *Actividades en la naturaleza*. Barcelona: INDE.

- Nayak, C. S., & Anilkumar, A. C. (08 de mayo de 2022). Formas de ondas normales de EEG. En StatPearls. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539805/>
- Ramos, O. R. (1999). La escalada en el contexto escolar. *Lecturas, Educación Física y Deportes. Revista digital*, 4.
- Sánchez, X., & Torregrossa, M. (2005). El papel de los factores psicológicos en la escalada deportiva: un análisis cualitativo. *Revista de psicología del deporte*, 14(2), 0177-194.
- Santolaya, M., Rubio, V., & Ruiz-Barquín, R. (2022). Checklist of psychological variables involved in climbing. Operationalizing expert's knowledge. *Revista de Psicología del Deporte (Journal of Sport Psychology)*, 31(4), 152-166.
- Shaw, J.C., 1996. Intention as a component of the alpha-rhythm response to mental activity. *Int. J. Psychophysiol.* 24 (1–2), 7–23, [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8760\(96\)00052-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8760(96)00052-9)
- Skiltopo (2023). Brodmann Atlas. https://www.brainm.com/software/pubs/dg/BA_10-20_ROI_Talairach/functions.htm
- Strotzer, M. (2009). One century of brain mapping using Brodmann areas. *Clinical Neuroradiology*, 19(3), 179.
- Tatum, W. O., Husain, A. M., Benbadis, S. R., & Kaplan, P. W. (23 de Jun de 2006). Normal adult EEG and patterns of uncertain significance. *J Clin Neurophysiol*, 194-207. doi:10.1097/01.wnp.0000220110.92126.a6.
- Williams, N. S., McArthur, G. M., de Wit, B., Ibrahim, G., & Badcock, N. A. (2020). A validation of Emotiv EPOC Flex saline for EEG and ERP research. *PeerJ*, 8, e9713.

Zilles, K., & Amunts, K. (2010). Centenary of Brodmann's map—conception and fate. *Nature Reviews Neuroscience*, *11*(2), 139-145.