

ANÁLISIS DEL EEG ENTRE ESCALADORES NÓVELES EN RECORRIDOS SENCILLOS DE ESCALADA



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRABAJO SOCIAL

Trabajo de fin de grado en Educación Primaria

Mención de Educación Física

Curso 2022/2023

AUTOR: CELIA TENO ANDRÉS

TUTOR: ALFONSO GARCÍA MONGE

Valladolid, junio 2023

RESUMEN

La escalada supone requerimientos psicomotrices, perceptivo-motrices y coordinativos, por ello puede suponer un contenido interesante en el área de Educación Física. Se pueden encontrar numerosos estudios sobre la incorporación de este contenido en las clases de Educación Física, sin embargo, apenas hay estudios que nos hablen sobre la actividad cerebral durante la realización de esta actividad. El objetivo de este trabajo es conocer algo más sobre esa actividad cerebral, concretamente conocer las diferencias interindividuales en los procesos cognitivos al llevar a cabo la actividad de la escalada. Para ello se estudió, a través de electroencefalografía, la actividad cerebral en 5 participantes realizando un recorrido sencillo con numerosos agarres de distintos tipos. Entre los resultados encontramos que existen claras diferencias en los espectros de diferentes frecuencias (Theta, Alpha y Beta) de cada participante. Analizando estos resultados se podría llegar a deducir que, al llevar a cabo la escalada, los procesos cognitivos de cada persona son muy particulares, al igual que los ritmos de aprendizaje.

Palabras clave:

Escalada, procesos cognitivos, EEG, actividad cerebral, ondas cerebrales

ABSTRACT

Climbing involves psychomotor, perceptual-motor and coordination requirements, which is why it is a fundamental content in the area of Physical Education. Numerous studies can be found on the incorporation of this content in Physical Education classes, however, there are hardly any studies that tell us about brain activity during the performance of this activity. The objective of this work is to know something more about this brain activity, specifically to know the interindividual differences in the cognitive processes when carrying out the climbing activity. To this end, brain activity was studied in 5 participants through encephalography, performing a simple route with numerous different types of grips, this route will be called "low". Among the results we found that there are clear differences in the spectral waves studied (Theta, Alpha and Beta) of each participant. Analyzing these results, it could be deduced that, when carrying out the climb, the cognitive processes of each person are very particular, as are the learning rhythms.

Key words:

Climbing, cognitive processes, EEG, brain activity, brain waves

ÍNDICE:

1. OBJETIVO	3
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	3
3.1 La escalada	3
3.1.1 La escalada en Educación Primaria:	4
3.1.2 Factores que intervienen en la escalada:	4
3.1.3 Procesos cognitivos implicados en la escalada:	5
3.2 Electroencefalografía	6
3.2.1 Limitaciones del EEG	6
3.2.2 Áreas y ondas cerebrales:	6
3.3 Actividad cerebral y escalada:	7
4. METODOLOGÍA	8
4.1 Participantes	8
4.2 Contexto	8
4.3 Procedimiento	8
4.4 Preprocesado de la señal	9
4.5 Análisis	9
5. RESULTADOS	10
5.1 Análisis onda Theta	10
5.2 Análisis onda Alpha	11
5.3 Análisis onda Beta	13
5.3.1 Beta bajo	13
5.3.2 Beta alto	15
5.3.3 Interpretación de Beta	16
6. CONCLUSIÓN	19
7. REFERENCIAS	21

1. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es analizar la actividad cerebral de distintas personas realizando recorridos sencillos prefijados en un rocódromo.

Con el análisis de estos datos se pretende ver las diferencias interindividuales en los procesos cognitivos al llevar a cabo la actividad de la escalada, comprobando así, si la escalada resulta una actividad en la que todas las personas progresan y siguen procesos cognitivos similares o hay matices individuales.

2. JUSTIFICACIÓN

La escalada es una actividad motriz muy completa que demanda diferentes capacidades perceptivo-motrices, coordinativas y físico-motrices. Hay muchos estudios que nos hablan sobre cómo hacer progresiones en la escalada, pero encontramos pocos estudios que analicen los procesos corticales implicados en ella. Con este trabajo intentamos aportar luz sobre la “caja negra” que supone nuestra actividad cerebral.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1.La escalada

A lo largo de los años hay actividades que han ido evolucionando como montar en bicicleta o patinar, pero otras habilidades como la escalada, han sufrido una regresión entre las actividades infantiles. Actualmente, la escalada, se utiliza poco en nuestro día a día. En las ciudades han ido desapareciendo árboles, rocas y otros elementos que facilitaban esta habilidad. Debido al estilo y forma de vida actual la escalada ha dejado de ser una necesidad (Romero Ramos, 1999).

En la actualidad, el desarrollo de diferentes equipamientos recreativos y deportivos (parques y rocódromos) que facilitan el trabajo de la trepa y la escalada.

La escalada ofrece múltiples opciones y posibilidades. Se ha convertido en un deporte altamente profesionalizado, mejorando las exigencias técnicas y las necesidades físicas necesarias para destacar como deportistas de alto rendimiento (Santolaya, Rubio, y Ruiz-Barquín, 2022).

3.1.1. La escalada en Educación Primaria:

Siguiendo a Beas y Blanes, (2010) el trabajo de la escalada en Educación Primaria incluye múltiples beneficios, entre los que podemos encontrar: mejora la autoestima, incrementa la seguridad en uno mismo, desarrolla la capacidad de autocontrol, ayuda a superar miedos y fobias, fomenta la responsabilidad. Además de esto, la escalada implica poner nuestra propia seguridad en manos de otra persona, lo que hace que se desarrolle la confianza en los demás y la convivencia del grupo.

Estos mismos autores señalan que en la escuela es posible un acercamiento a la escalada. Mediante ejercicios progresivos, iniciando con la trepa en las espalderas, después se pueden crear diferentes actividades, en las espalderas también, con mayor dificultad e incluso usar las colchonetas quitamiedos creando planos inclinados (Beas y Blanes, 2010).

3.1.2. Factores que intervienen en la escalada:

Según Romero Ramos (1999) podemos encontrar 4 factores que intervienen en la escalada:

1. Factores físico-motores: dentro de estos factores podemos encontrar la fuerza, que ayuda a mantener la postura corporal; la resistencia; desarrollo de la flexibilidad, aumentando la amplitud de movimientos de forma estática o dinámica; la velocidad; la coordinación; reducción de la presión intradiscal por la utilización de los miembros superiores como apoyo; aumento del repertorio gestual; incremento control postural.
2. Factores cognitivos y psicológicos: ayuda tener un control emocional más equilibrado y otorga mayor autoconfianza según se van superando los distintos obstáculos.
3. Factores perceptivos: visualización del entorno; desarrollo del equilibrio; desarrollo del tacto; reajustes en la orientación espaciotemporal; ayuda a controlar la respiración ante un bloqueo.
4. Componentes sociales: al trabajarse en grupo se fomenta la socialización.

Hace varios años, Sanches y Torregrossa (2005, et al., 2022) desarrollaron el modelo de factores psicológicos implicados en la escalada deportiva. Según este modelo, hay tres

dimensiones psicológicas principales implicadas en la escalada: procesos básicos para captar y procesar información, aspectos motivacionales y mecanismos emocionales.

3.1.3. Procesos cognitivos implicados en la escalada:

Santolaya, Rubio, y Ruiz-Barquín (2022) desarrollan los procesos básicos por los que capturar y procesar información en la escalada:

- Anticipación: anticipar los movimientos y las circunstancias de la escalada.
- Atención-concentración: el escalador debe evitar distracciones durante la lectura de la ruta.
- Memorización-imaginación: previo y durante el recorrido. Es importante que el escalador pueda imaginar el recorrido durante la visualización de la ruta.
- Creatividad: realizar nuevos movimientos para resolver los retos del recorrido.
- Capacidad de aprendizaje: comprender y asimilar la información rápidamente, las rutas nunca son las mismas.
- Estilo de aprendizaje: la forma de aprender las habilidades puede condicionar en la ejecución de la ruta.
- Resolución de problemas: analizar, identificar e interpretar rápidamente los problemas de la ruta.

Santolaya, Rubio, y Ruiz-Barquín (2022) señalan como aspectos motivacionales de la escalada:

- Autoeficacia: percepción de la propia capacidad.
- Confianza en sí mismo: creerse las propias capacidades para resolver exitosamente una tarea.
- Motivación: permite mantener una actitud positiva, aprender y disfrutar.
- Autorrealización: necesidad de mejora y sensación de satisfacción.
- Autonomía: capacidad de autorregularse y tomar decisiones.

A su vez presentan los siguientes mecanismos emocionales:

- Control del estrés
- Gestión de la activación: maximizar el rendimiento.
- Gestión de riesgos: asumir decisiones arriesgadas en bases a sus capacidades y percepción del riesgo.

- Autorregulación
- Tolerancia a la frustración
- Regulación emocional: gestionar las emociones para que no interfieran en la escalada.

3.2.Electroencefalografía

Un electroencefalograma (EEG) mide la actividad eléctrica del cerebro. Para medir esta actividad se colocan unos electrodos en el cuero cabelludo del participante. Estos electrodos se conectan a un dispositivo que recoge la señal. El disparo simultáneo de multitud de neuronas, emiten electricidad que puede ser registrada. Al registrar esta información podemos observar qué ocurre en nuestro cerebro. Así, observando la actividad cerebral ante diferentes estímulos se pueden analizar respuestas cerebrales. Los electrodos se colocan en diferentes ubicaciones del cuero cabelludo. Cuantos más electrodos se coloquen, se obtendrá información detallada de un mayor número de zonas (García Monge et al., 2023).

3.2.1. Limitaciones del EEG

Al recoger los datos del EEG pueden surgir problemas como el ajuste del gorro a la cabeza, dependiendo del modelo y la tala. Además, hay que tener en cuenta que no todos los participantes tienen el mismo volumen cefálico por lo que es importante que se intenten ajustar los diferentes electrodos a las mismas zonas en todos los participantes. En algunos dispositivos usados, uno de los problemas es la mala fijación de los sensores, en nuestro caso, que usamos un dispositivo Emotiv EpocFlex, esto no fue un gran problema ya que el gel mediante el que se conectaban los electrodos al cuero cabelludo proporcionaba una gran conectividad. Otro aspecto para tener en cuenta son los posibles errores de conexión entre el EEG y el receptor de la señal, ya que se trata de dispositivos inalámbricos, por lo que es importante que, si se toman datos de varios participantes a la vez, estos no estén muy juntos para que no existan posibles interferencias (García Monge et al., 2023).

3.2.2. Áreas y ondas cerebrales:

La frecuencia de la onda EEG se mide en Hercios (Hz). Podemos diferenciar cinco tipos de ondas dependiendo de su frecuencia: onda Delta que se encuentra entre los 0,5 y 3 Hz, la onda Theta que su frecuencia es de 3 a 7,5 Hz, la onda Alpha con una frecuencia de 8

a 12 Hz, la onda Beta de 13 a 30 Hz y la onda Gamma de más de 30 Hz (Babiloni et al., 2020).

Para nuestro estudio analizaremos tres de estas ondas (Theta, Alpha, y Beta), estas ondas tienen diferentes interpretaciones: Según Sauseng et al. (2010), la actividad Theta es relativamente específica para el control de la memoria de trabajo. Según Yousef y Florence (2022), relacionan la onda Beta con la atención y la concentración. Sauseng et al. (2005) expone que la onda Alpha implica menor carga cognitiva; además existen estudios sobre esta onda como el de Bazanova (2012), en el que se explica cómo la onda Alpha tiene características individuales y es un aspecto personal.

Brodmann divide el cerebro humano en 47 áreas diferentes. Dentro de cada área se pueden distinguir distintas 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.

3.3. Actividad cerebral y escalada:

Se ha demostrado que la escalada es un movimiento de todo el cuerpo que implica preparación y planificación, además de la ejecución simultánea del movimiento y el procesamiento de la información sensorial. Los escaladores más avanzados muestran menor activación neuronal (Carius et al., 2020).

Lehmann et al., (2022) mostraron que los adultos, en comparación con los jóvenes, presentan un aumento de la activación neuronal durante el equilibrio. Este estudio dio como resultado que existe una mayor actividad neuronal en la zona frontal en adultos, en contraposición, en la zona post-central se observa mayor actividad en los jóvenes.

4. METODOLOGÍA

4.1.Participantes

En el estudio participaron cinco personas, todas ellas estudiantes de cuarto curso del grado de Educación Primaria. De los cinco participantes dos son chicas y tres chicos, todos ellos tienen entre 21 y 24 años.

Todos los participantes habían tenido un contacto previo con la escalada, en el rocódromo en el que se desarrolló esta experiencia, en una de las asignaturas de la carrera.

Todos los participantes tienen un nivel de iniciación.

4.2 Contexto

Se utilizó una vía transversal de 5 metros de longitud y 3 metros de altura de un rocódromo en un polideportivo. Las presas eran de distintos tamaños, pero de agarre fácil. La distancia máxima entre presas era de unos 30cm.

4.3 Procedimiento

Los datos fueron tomados en parejas que participaban simultáneamente. Dos personas se encargaron de filmar el proceso y tomar las vivencias de los participantes tras cada recorrido y otras dos personas registraron los datos en los dos ordenadores portátiles.

Para la recogida de la señal EEG se utilizó un dispositivo Epc 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. 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.

La situación experimental tomaba un registro de base en una sala insonorizada. Tras colocar los gorros de EEG se realizaba un registro de base de 2 min con los ojos cerrados y 2 min con los ojos abiertos mirando a un punto fijo.

Se explicó a los participantes las tareas que tenían que realizar. Debían pasar cinco veces por un recorrido que debían memorizar en el que había muchas presas disponibles para.

Llamaremos a este recorrido como “bajo” y cada uno de los intentos le asignaremos un número del 1 al 5. Así, por ejemplo, “bajo 2” será el segundo intento en este recorrido prefijado. Antes de comenzar los recorridos se hace un “checking” en el que el participante visualiza el rocódromo pensando dónde va a realizar los agarres, después se procede a realizar los 4 primeros intentos de forma seguida. Tras el cuarto intento se hace una práctica imaginaria con los ojos cerrados y una visualización del recorrido con los ojos abiertos. Después se concluye con un quinto intento. Los recorridos eran filmados y tras cada uno de ellos, los participantes comentaban a la cámara sus sensaciones y vivencias durante cada intento.

4.4 Preprocesado de la señal

Para el procesado de la señal se utilizó la caja de herramientas EEGLAB (v.R2022b) para Matlab (Delorme y Makeig, 2004).

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).

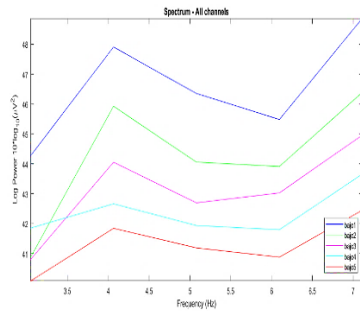
4.5 Análisis

Para el análisis de las características de las bandas de frecuencia se utilizó la aplicación “Study” de EEGLAB que nos permitió comparar diferentes bandas de frecuencia en diferentes sujetos y diferentes canales. Esta aplicación nos permite 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.

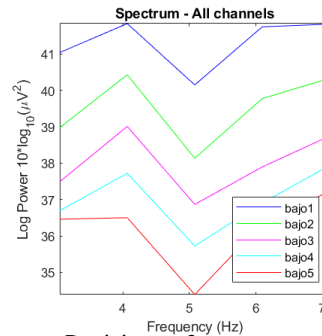
5. RESULTADOS

A continuación, se procederá a analizar los resultados obtenidos tras el estudio de datos en cada una de las frecuencias de ondas, mostrando las diferencias entre cada participante del estudio.

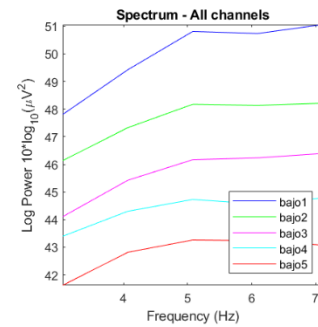
5.1 Análisis onda Theta



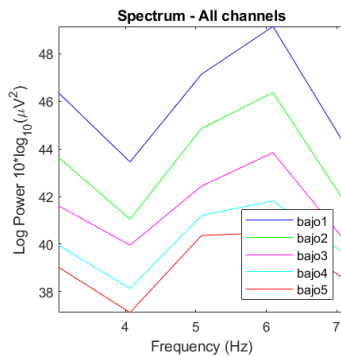
Participante 1



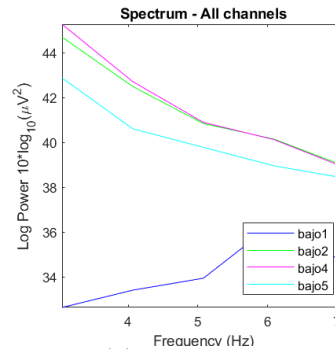
Participante 2



Participante 3



Participante 4



Participante 5

Tabla 1 "Datos medios de la potencia espectral de onda Theta"

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5
<i>Bajo 1</i>	46.58	41.31	49.97	46.06	34.2
<i>Bajo 2</i>	44.23	39.53	47.6	43.54	41.42
<i>Bajo 3</i>	43.11	38	45.67	41.6	
<i>Bajo 4</i>	42.38	36.99	44.36	40.14	41.58
<i>Bajo 5</i>	41.29	36.18	42.8	39.11	40.12

En las gráficas de los 4 primeros participantes se ve cómo va disminuyendo Theta según va aumentando el número de intentos, dándonos los valores más altos en el intento 1

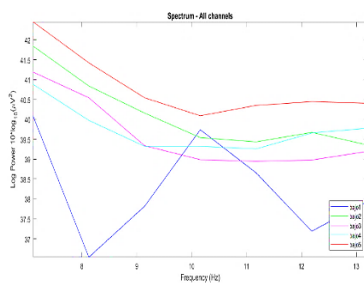
($M_1=46.58$; $M_2=42.31$; $M_3=49.97$; $M_4=46.06$) y los más bajos en el intento 5 ($M_1=41.29$; $M_2=36.18$; $M_3=42.8$; $M_4=39.11$; 40.12).

Según Sauseng et al. (2010), la actividad Theta es relativamente específica para el control de la memoria de trabajo. En los primeros 4 participantes podríamos interpretar que, a medida que se repite el recorrido, la demanda de memoria de trabajo es menor. Lo que significaría que hay un aprendizaje del recorrido.

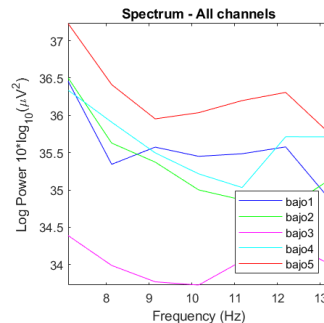
En el caso del 5º participante podemos ver cómo en el intento 1 ($M=34.2$) la frecuencia de onda Theta es la más baja, mientras que encontramos los intentos 2 y 4 como los más activos ($M_2=41.42$; $M_4=41.58$), y el intento 5 ($M=40.12$) por debajo de estos valores, pero más alto que el intento 1.

Con estos resultados, lo que podríamos suponer sobre el participante 5, es que en el intento 1 no estaba intentando memorizar dónde ponía las manos y los pies, mientras que el resto de los participantes sí. Además, se podría suponer que, durante el resto de las repeticiones, el participante, estaría intentando recordar lo que hizo durante el primer intento. Vemos que en la 5ª repetición la potencia espectral es más baja, por lo que podríamos suponer que ya ha memorizado parte del recorrido y necesita menos memoria de trabajo, esto podría ser debido a que, antes de este intento, existe una visualización imaginaria del recorrido que podría ayudar a recordar los movimientos.

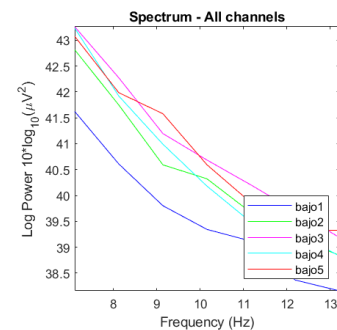
5.2 Análisis onda Alpha



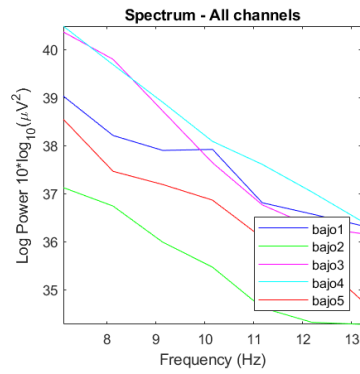
Participante 1



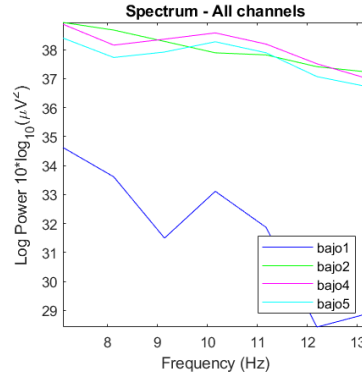
Participante 2



Participante 3



Participante 4



Participante 5

Tabla 2 "Datos medios de la potencia espectral de onda Alpha"

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5
<i>Bajo 1</i>	38.28	35.54	39.57	37.54	31.72
<i>Bajo 2</i>	40.12	35.32	40.45	35.51	38.04
<i>Bajo 3</i>	39.6	34.04	40.93	37.97	
<i>Bajo 4</i>	39.74	35.63	40.56	38.32	38.1
<i>Bajo 5</i>	40.81	36.27	40.82	36.66	37.71

En las gráficas podemos ver cómo en la frecuencia de onda Alpha existen notables diferencias entre los participantes.

En los participantes 1 y 2 se ve claramente cómo "bajo 5" ($M_1=40.81$; $M_2=36.27$) está por encima de los demás, es decir, hay más Alpha. En el participante 3 también vemos "bajo 5" ($M=40.82$) por encima, junto a "bajo 3" ($M=40.93$), pero no es tan clara esa diferencia.

En el participante 2 vemos que donde menos Alpha hay es en el intento 3 ($M=34.04$). Encontramos los intentos 1 ($M=35.54$), 2 ($M=35.32$) y 4 ($M=35.63$) con valores muy parecidos y, por último, la repetición 5 con los valores más altos ($M=36.27$).

En el participante 3 podemos apreciar que "bajo 1" ($M=39.57$) se encuentra por debajo del resto de niveles. Se puede observar que los intentos 2 ($M=40.12$), 3 ($M=39.6$), 4 ($M=39.74$) y 5 ($M=40.82$) tienen valores parecidos.

En el participante 4 se ve que en la repetición que menos Alpha hay es en “bajo 2” (M=35.51), y el intento en que la frecuencia de onda es más alta es en el “bajo 4” (M=38.32).

En el participante 5 podemos ver cómo todos los intentos, excepto “bajo 1” (M=31.72), tienen valores similares (M₂=38.04; M₄=38.1; M₅=37.71).

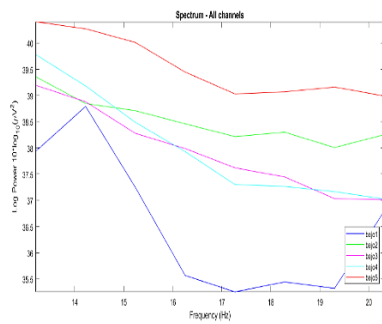
Como se ve anteriormente, dentro de la banda de frecuencia Alpha apenas existen similitudes entre cada participante.

Sauseng et al. (2005) exponen que la onda Alpha implica menor carga cognitiva, por ello se podría deducir que la carga cognitiva en cada participante varía de forma muy peculiar, pudiendo ser algo totalmente distintivo para cada participante.

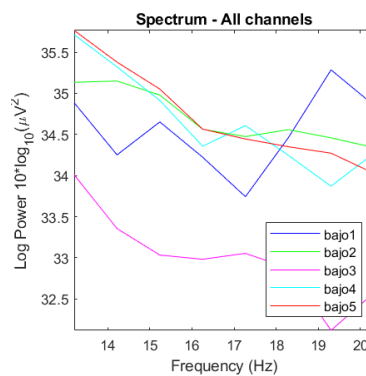
Esto coincidiría con estudios anteriores como el de Bazanova (2012), en el que se explica cómo la onda Alpha tiene características individuales y es un aspecto personal de cada ser humano.

5.3 Análisis onda Beta

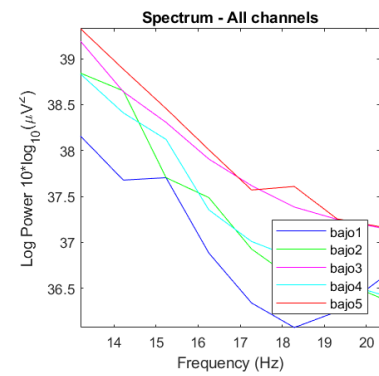
5.3.1 Beta bajo



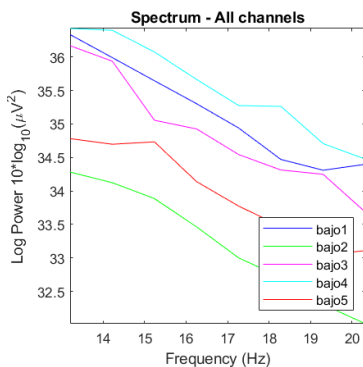
Participante 1



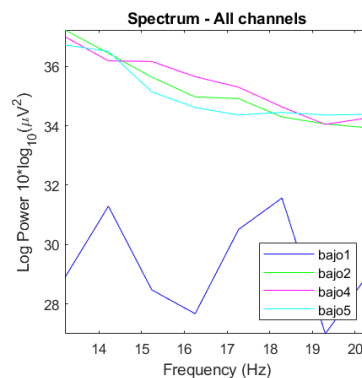
Participante 2



Participante 3



Participante 4



Participante 5

Tabla 3 “Datos medios de la potencia espectral de onda Beta bajo”

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5
<i>Bajo 1</i>	36.55	34.54	36.96	35.17	29.3
<i>Bajo 2</i>	38.52	34.71	37.4	33.22	35.19
<i>Bajo 3</i>	37.93	33	37.93	34.86	
<i>Bajo 4</i>	38.02	34.66	37.45	35.54	35.41
<i>Bajo 5</i>	39.55	34.73	38.03	33.97	35.07

En la onda Beta bajo podemos ver que no hay poco parecido entre los participantes.

En el 4° participante se puede percibir mayor diferencia entre los diferentes intentos, al igual que en el 1° y 3 participante. Por el contrario, en el 5° y 2° participante los espectros de frecuencia se ven más juntos y entrelazados, a excepción del intento 3 del 2° participante.

En el 1° participante se ve claramente mayor actividad en “bajo 5” ($M=39.55$) y mucha menor actividad en “bajo 1” ($M=36.55$), mientras que el resto de los intentos tienen valores más parecidos ($M_2=38.52$; $M_3=37.93$; $M_5=38.02$).

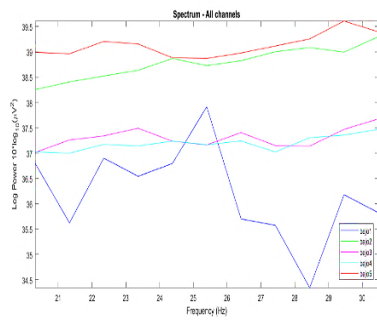
En el participante 2 vemos mucha menos actividad en el “bajo 3” ($M=33$) mientras que en el resto de los intentos ($M_1=34.54$; $M_2=34.71$; $M_4=34.66$; $M_5=34.73$) los espectros de frecuencia tienen valores más altos y muy parecidos.

En el participante 3, al igual que el 1°, se puede apreciar que el espectro de frecuencia con mayor actividad es el del intento 5 ($M_1=39.55$; $M_3=38.03$) y la que menos actividad tiene es la del intento 1 ($M_1=36.95$; $M_3=36.96$).

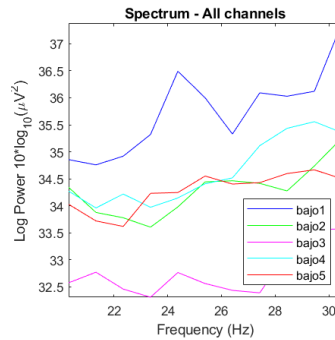
En el participante 4 vemos los espectros de frecuencia claramente separados siendo el intento 4 ($M=35.54$) el más activo, seguido del intento 1 ($M=35.17$), el 3 ($M=34.86$), el 5 ($M=33.97$) y por último el 2 ($M=33.22$).

En el participante 5 se puede apreciar la clara diferencia que existe en el intento 1 ($M=29.3$), siendo este el de menor actividad, mientras que el resto de los intentos tienen valores más altos y parecidos entre ellos ($M_2=35.19$; $M_4=35.41$; $M_5=35.07$).

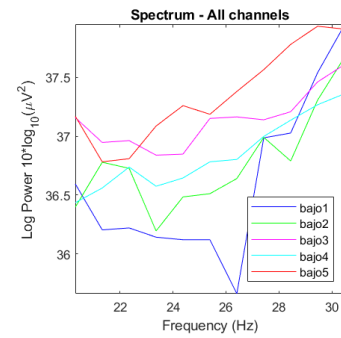
5.3.2 Beta alto



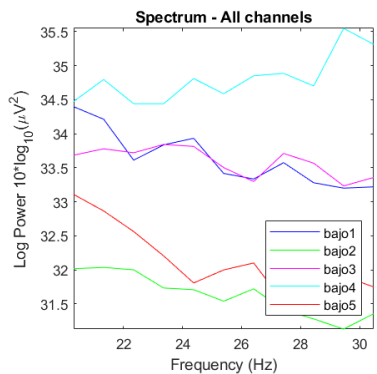
Participante 1



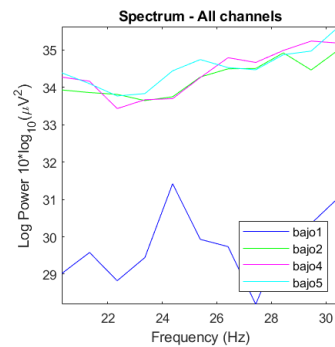
Participante 2



Participante 3



Participante 4



Participante 5

Tabla 4 "Datos medios de la potencia espectral de onda Beta alto"

	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5
<i>Bajo 1</i>	36.2	35.75	36.6	33.64	29.77
<i>Bajo 2</i>	38.78	34.29	36.77	31.63	34.24
<i>Bajo 3</i>	37.3	32.77	37.14	33.59	
<i>Bajo 4</i>	37.19	34.63	36.85	34.81	34.4
<i>Bajo 5</i>	39.13	34.27	37.35	32.16	34.52

Al igual que en Beta bajo, en la frecuencia de onda Beta alto vemos que tampoco hay muchos parecidos entre los participantes.

En el primer participante podemos apreciar que los intentos 5 y 2 están por encima de los demás, el intento 5 ($M=39.13$) con valores mayores que el 2 ($M=38.78$). Podemos ver que los intentos 3 y 4 tienen valores muy parecidos ($M_3=37.3$; $M_4=37.19$) y están por debajo de los anteriormente citados. Por último, vemos que el intento 1 ($M=36.2$) tiene valores más bajos.

En el 2° participante podemos apreciar que “bajo 1” ($M=35.75$) es el intento en el que más actividad hay, mientras que “bajo 3” ($M=32.77$) es el menos activo. El resto de los intentos, en este participante, tienen unos valores parecidos ($M_2=34.29$; $M_4=34.63$; $M_5=34.27$).

En el 3° participante se ve cómo el intento 5 ($M=37.35$) es el más activo, seguido del intento 3 ($M=37.14$), el 4 ($M=36.85$) y el 2 ($M=36.77$). El intento 1 ($M=36.6$) vemos que es el menos activo.

En el participante 4 vemos que la repetición más activa es “bajo 4” ($M=34.81$) mientras que “bajo 2” ($M=31.16$) es en donde menos actividad encontramos, seguido del intento 5 ($M=32.16$). Los intentos 1 y 3 tienen valores muy similares ($M_1=33.64$; $M_3=32.16$).

En el 5° participante vemos clara diferencia entre la frecuencia de onda del intento 1 ($M=29.77$), situada la más baja de la gráfica y el resto de las frecuencias de ondas, en las que apreciamos mayor actividad y con valores muy parecidos ($M_2=34.24$; $M_4=34.4$; $M_5=34.52$).

5.3.3 Interpretación de Beta

Según Yousef y Florence (2022), la onda Beta se relaciona con la atención y la concentración, es decir, cuanto más alta sea la frecuencia de la onda Beta significa que hay más atención y concentración. Debido a esto se podrían sacar ciertas conclusiones acerca de cada participante:

Participante 1: la frecuencia más baja de Beta se da en el primer intento, por lo que se podría suponer que al realizar el primer intento no estaba prestando mucha atención a dónde ponía sus pies y manos. Vemos que en el segundo intento la frecuencia de onda Beta tiene valores más altos, lo que podría significar que al intentar recordar los movimientos del anterior intento estuviese poniendo mucho más interés en fijarse qué puntos de apoyo usa. En los intentos 3 y 4 se aprecia cómo la frecuencia de Beta disminuye, posiblemente porque recuerda el anterior recorrido y no necesita focalizar tanto la atención en los agarres. Por último, vemos cómo el intento 5 es el que más frecuencia de Beta tiene, esto podría deberse a que, debido a la visualización del recorrido que se hace previo a este intento, el participante focaliza mucho más la atención en lo hecho anteriormente y se fija en cada agarre que usa, comprobando que es el que ha usado en los anteriores intentos.

En los videos recopilados tras los recorridos, podemos apreciar cómo el participante expresa gran cansancio en los últimos intentos, y nos dice que pensaba en realizar rápido el recorrido para acabarlo cuanto antes. Esto puede explicar que los valores de Beta en el intento 3 y 4 sean más bajos, ya que podríamos llegar a pensar que, al querer realizar el recorrido más rápido, no pone tanta atención como en los anteriores intentos.

Participante 2: en este caso vemos que el nivel más alto de Beta se da en “bajo 1”. Esto podría ser porque este participante se concentró mucho en recordar dónde apoyaba sus manos y sus pies para poder repetir el circuito en los posteriores intentos. Se ve cómo en los intentos 2 y 3 la frecuencia de Beta va disminuyendo, posiblemente porque no necesite tanta concentración para recordar los movimientos. El intento 4 y 5 se ven con mayor frecuencia, esto puede ser debido a la aparición de la fatiga, en este caso el participante tendría la necesidad de estar más concentrado o focalizar más la atención en lo que está haciendo.

La diferencia entre el intento “bajo 4” y el “bajo 5” no llega a ser muy significativa, por lo que se podría suponer que la visualización, en este participante, no ha mejorado el recorrido ni lo ha perjudicado.

A diferencia del resto de participantes podemos apreciar que los niveles Beta bajo no coinciden con Beta alto, pero aun así podemos ver cómo el intento 3 tiene menor frecuencia que el 2 y que el intento 4 y 5 vuelven a tener frecuencias más altas, posiblemente por la aparición de la fatiga.

En los vídeos recogidos tras cada recorrido el participante expresa la aparición de la fatiga, este hecho nos afirma que los cambios del espectro de la onda pueden deberse a este motivo.

Participante 3: al igual que en el participante 1, el primer intento se ve como el menos activo y el quinto intento el más activo, se podría dar por la misma razón que en el primer participante. Pero al contrario que el participante 1, en el intento 2 la frecuencia de Beta es la siguiente más baja, probablemente para este participante no es tan necesario focalizar la atención en los agarres que usa y con la memoria de trabajo le sirve para realizar el recorrido del anterior intento. El intento 3 es el que más frecuencia de Beta tiene después del intento 5, esto podría ser porque a medida que va repitiendo el recorrido el participante focaliza mucho más la atención en los agarres y es capaz de concentrarse en cada uno de

ellos. Vemos que el “bajo 5” es el intento más activo, podríamos decir que tras la visualización el participante focaliza al máximo su atención en cada agarre usado, además ha tenido un breve tiempo para poder descansar tras las 4 repeticiones anteriores. Por último, el intento 4 tiene una frecuencia más baja que el 3, posiblemente porque al haber prestado más atención en el anterior intento, el participante no tiene que esforzarse tanto para este intento y se puede permitir menos concentración, además podríamos seguir hablando de la fatiga y suponer que le resulta mucho más difícil mantener la atención y concentración en este intento debido al cansancio.

El participante expresa la presencia de fatiga en los videos hechos tras los recorridos. Además, este participante expresa que no le resulta difícil recordar las presas que ha usado en los anteriores intentos. Estas afirmaciones del participante podrían afirmar la suposición de que en el intento 4, aunque esté presente la fatiga, no necesitaría mantener tanta concentración porque le es sencillo recordar el recorrido.

Participante 4: en este participante se puede observar que la frecuencia de Beta en el primer intento es alta comparando con el segundo intento, que tiene la frecuencia más baja, esto puede ser debido a que, durante el primer intento, el participante se concentró en recordar dónde apoyaba los pies y manos, así en el segundo intento lo tenía más interiorizado y no le hizo falta tanta concentración. Después vemos que los intentos 3 y 4 van aumentando su frecuencia respectivamente, podríamos deducir que en este momento aparece la fatiga y es más difícil para el participante seguir el recorrido sin concentrarse tanto en dónde pone sus pies y manos. Por último, apreciamos que durante el intento 5 la frecuencia de Beta disminuye, por lo que podríamos deducir que, tras la visualización imaginaria del recorrido, al participante le dio tiempo a descansar y eliminar o disminuir los altos niveles de fatiga, ayudándole a poder completar el recorrido sin hacer uso de tanta concentración.

En los vídeos, este participante, muestra claramente la aparición de fatiga, comentando que le cuesta mucho más realizar los movimientos debido al cansancio que siente en los últimos intentos. Esto podría explicar perfectamente el aumento de frecuencia de la onda Beta en los intentos 3 y 4.

Participante 5: el nivel más bajo de Beta se da en el primer intento, con gran diferencia respecto al resto de intentos, que se encuentran en valores muy parecidos y por encima del intento 1. Se podría decir que este participante no hizo uso de la concentración y la

atención al realizar el primer intento, pero que en los posteriores intentos no fue así, ya que se concentraría en los movimientos que hacía para poder repetirlos en los siguientes intentos, haciendo uso también de la memoria de trabajo, como vimos al analizar la frecuencia de onda Theta.

Este participante no mostró tanta fatiga durante la realización de los intentos en comparación con el resto de los participantes en los que este aspecto se notaba mucho más. Esto podría explicar que todos los intentos (excepto “bajo 1”) tengan una frecuencia de onda parecida.

6. CONCLUSIÓN

Como hemos podido ver en el análisis de resultados se pueden apreciar ciertas similitudes en algunas de las frecuencias de ondas, sobre todo en la frecuencia de onda Theta. Pero esto no significa que los procesos cognitivos sean los mismos para todas las personas ya que en esta misma frecuencia de onda vemos cómo uno de los participantes muestra frecuencias de onda completamente distintas.

Además de las similitudes y diferencia encontradas en la frecuencia de onda Theta, vemos que la frecuencia de onda Beta no tiene tantas similitudes, se pueden apreciar parecidos entre alguno de los participantes, pero se ve claramente que cada participante tiene frecuencias de ondas muy particulares.

Por último, analizando la frecuencia de onda Alpha, se ve cómo la actividad cerebral de cada participante es bastante personal y tan solo se pueden apreciar ciertas similitudes con algunos de los participantes.

Viendo que existen tantas diferencias entre los participantes podríamos llegar a afirmar que el aprendizaje de la escalada se produce de forma muy personal y cada persona evolucionará de manera distinta o usará diferentes estrategias para lograr dominar la actividad.

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

y muy personales. Por ello los maestros deberían de ser capaces de detectar las diferencias entre sus alumnos y poder adaptar las actividades a sus necesidades.

Con el análisis de la frecuencia de onda Beta se ve la aparición de la fatiga y se puede apreciar que no aparece a la vez en todas las personas. La aparición de la fatiga dificultaba el rendimiento óptimo, por lo que también deberá ser un factor para tener en cuenta en las clases de Educación Física. Hay que considerar que esta fatiga no aparecerá en todos los alumnos a la vez por lo que habrá que saber adaptar la clase para que todo el alumnado trabaje dentro de sus necesidades y posibilidades.

Tanto la fatiga como los procesos cognitivos son aspectos muy personales, por lo que una forma de poder adaptar las actividades para todos los alumnos sería crear distintos niveles en los que los alumnos tendrían que elegir a qué ritmo realizar las diferentes actividades.

El estudio se ha hecho con participantes principiantes en la escalada. Sería muy interesante y una buena línea de investigación estudiar si existen estas diferencias entre escaladores profesionales, o si cuando se adquiere y perfecciona la habilidad siguen existiendo tantas diferencias cognitivas entre los sujetos.

7. REFERENCIAS

Babiloni, C., Barry, R. J., Başar, E., Blinowska, K. J., Cichocki, A., Drinkenburg, W. H. I. M., Klimesch, W., Knight, R. T., Lopes da Silva, F., Nunez, P., Oostenveld, R., Jeong, J., Pascual-Marqui, R., Valdes-Sosa, P., & Halet, M. (2020). International Federation of Clinical Neurophysiology (IFCN) - EEG research workgroup: Recommendations on frequency and topographic analysis of resting state EEG rhythms. Part 1: Applications in clinical research studies. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, *131*(1), 285–307. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.06.234>

Beas Jiménez, M., & Blanes Rubia, M. (2010). Posibilidades pedagógicas de la escalada en rocódromo. *Espiral. Cuadernos del profesorado*.

Carius, D., Hörnig, L., Ragert, P., & Kaminski, E. (2020). Characterizing cortical hemodynamic changes during climbing and its relation to climbing expertise. *Neuroscience letters*, *715*, 134604. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2019.134604>

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>

García-Monge, A., Rodríguez-Navarro, H., & Marbán, J. (2023). Potentialities and limitations of the use of EEG devices in educational contexts. [Potencialidades y limitaciones de la usabilidad de dispositivos EEG en contextos educativos]. *Comunicar*, *76*. <https://doi.org/10.3916/C76-2023-04>

Lehmann, N., Kuhn, Y. A., Keller, M., Aye, N., Herold, F., Draganski, B., Taube, W., & Taubert, M. (2022). Brain Activation During Active Balancing and Its Behavioral Relevance in Younger and Older Adults: A Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) Study. *Frontiers in aging neuroscience*, *14*, 828474. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.828474>

Ramos, O. R. (1999). La escalada en el contexto escolar. *Lecturas, Educación Física y Deportes. Revista digital*, *4*.

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.

Sauseng, P., Griesmayr, B., Freunberger, R., & Klimesch, W. (2010). Control mechanisms in working memory: a possible function of EEG Theta oscillations. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, *34*(7), 1015–1022. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.12.006>

Sauseng, P., Klimesch, W., Doppelmayr, M., Pecherstorfer, T., Freunberger, R., & Hanslmayr, S. (2005). EEG Alpha synchronization and functional coupling during top-down processing in a working memory task. *Human brain mapping*, *26*(2), 148–155. <https://doi.org/10.1002/hbm.20150>

Skiltopo (2023). Brodmann Atlas. https://www.brainm.com/software/pubs/dg/BA_10-20_ROI_Talairach/functions.htm

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. <https://doi.org/10.7717/peerj.9713>

Yousef, G., & Florence, S. M. (2022, July). Dream Classification based on Beta waves in EEG signals. In *2022 International Conference on Innovative Computing, Intelligent Communication and Smart Electrical Systems (ICSES)* (pp. 1-7). IEEE.