

## 54.-PERFILES DE CONECTIVIDAD FUNCIONAL EN COMPRENSIÓN LECTORA

### *FUNCTIONAL CONNECTIVITY PROFILES IN READING COMPREHENSION*

De La Peña, Cristina

Universidad Internacional de la Rioja, Logroño, España

Álvarez Alonso, María José

Universidad Alfonso X El Sabio, Madrid, España

Scott, Ricardo

Universidad de Alicante, España

Ortega Llorente, Zaira

Universidad Internacional de la Rioja, Logroño, España

#### **Introducción**

La Formación Profesional (FP) está adquiriendo relevancia estratégica en Europa, preparándose para aprovechar las oportunidades futuras que mejoren la sociedad y el bienestar humano. La Asamblea General de Naciones Unidas, en la Agenda 2030, aprueba incluir objetivos orientados a garantizar el acceso igualitario a una FP técnica y superior de calidad y ampliar el número de personas con competencias suficientes para acceder al entorno laboral. Según los datos del Ministerio de Educación y Formación Profesional (2020), solo el 8% de las personas mayores de 16 años tienen una titulación de FP. Por estos motivos, los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 (ODS) se concretan en España en el Plan de Formación Profesional con la finalidad de generar un ecosistema de relanzamiento económico centrado en el capital humano y el talento, mejorando la profesionalización de los trabajadores.

En esta capacitación profesional y humana es fundamental, no solo la formación técnica, sino también la adquisición de competencias personales y transversales que optimicen el proceso formativo de los estudiantes de esta etapa educativa y aseguren su empleabilidad (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2020). Este trabajo pone el foco en la comprensión lectora, una de las competencias transversales a desarrollar (Echeverría y Martínez-Clares, 2018) como base indispensable de adquisición del aprendizaje formativo que capacita para el desempeño de una profesión cualificada y alcanzar esas competencias necesarias para el desarrollo integral del individuo (OCDE, 2016).

Por otro lado, el uso de sistemas de registro psicofisiológico como el electroencefalograma (EEG), permiten estudiar patrones de conectividad funcional cerebrales que pueden ayudar a entender las variaciones en el rendimiento cognitivo. Durante la pubertad y adolescencia, y hasta la segunda década de vida, se producen diferentes momentos de maduración anatómica y funcional que pueden observarse mediante diferentes criterios como pueden ser la variación de los ritmos de actividad

eléctrica cerebral, o los cambios en el volumen de sustancia gris y sustancia blanca en las distintas regiones cerebrales (Sowell et al., 2002). Estos fenómenos tienen su reflejo en un cambio en los patrones de actividad eléctrica producidos a partir de la pubertad asociados a esa maduración cerebral y anatómica (Withfold et al., 2007).

Por lo tanto, observar la potencia espectral del EEG en adultos jóvenes puede ofrecer información relativa a la maduración de esos patrones, dejando entrever si las diferencias observadas entre los estudiantes podrían estar relacionadas con los diferentes ritmos de maduración o a la adquisición de distintos patrones que sugieran diferencias en la funcionalidad de ciertas capacidades cognitivas, y con ello, podrían establecerse planes de acción que permitan la mejora y el desarrollo de habilidades tanto básicas como complejas necesarias para un correcto desempeño en la edad adulta.

## **1.-Marco teórico**

En España, la FP se distribuye en un sistema para el empleo con certificados de profesionalidad y un sistema educativo con ciclos formativos (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2020) en el que se centra este trabajo de investigación. Los ciclos formativos responden a diferentes disciplinas profesionales cuyos contenidos se estructuran en módulos profesionales de conocimientos teórico-prácticos relacionados con un sector laboral. Cada ciclo formativo proporciona cualificación técnica para responder a las necesidades de dicha actividad laboral.

En los países más desarrollados el procesamiento lector y numérico alcanza su máximo en torno a los 30 años (OCDE, 2021). A los 16 años algunos procesos del neurodesarrollo, como la mielinización de las áreas lectoras, no se encuentran finalizados (Yeatman et al., 2012), lo que probablemente explica que la comprensión lectora pueda mejorar incluso a lo largo de la tercera década de vida. En los análisis de la OCDE (2021), sin embargo, España muestra una falta de avance en lectoescritura desde los 15 a los 27 años, lo que supone una situación preocupante. Una de las razones que podría estar relacionada con esta falta de progreso es el alto porcentaje de jóvenes sin actividad académica ni laboral (Blanch, 2014), ya que dicho porcentaje es alto en los países con menos avance lectoescritor, al contrario que en los países con más progresión en lectoescritura. Esta situación sugiere que la salida del sistema educativo y/o laboral frena el desarrollo cognitivo, en concreto en relación con la comprensión lectora de los jóvenes de entre 15 y 27 años. En España, la FP se sigue percibiendo como una primera salida del sistema educativo convencional (en lugar de una simple alternativa), pero el hecho es que mantiene a los jóvenes vinculados con la formación académica, por lo que sigue desarrollando sus habilidades cognitivas siendo muy interesante estudiar acerca del desarrollo lectoescritor de los alumnos que se integran en ella.

La comprensión lectora es una actividad compleja en la que intervienen diferentes factores (Kucer, 2016) y se refiere a la capacidad de “comprender, utilizar y reflexionar sobre los textos escritos para alcanzar objetivos personales, para desarrollar el conocimiento y el potencial propio y para participar en la sociedad” (OCDE, 2016, p.49). Comprender un texto, además de implicar habilidades fonológicas, léxicas, semánticas, gramaticales y sintácticas; requiere también del uso de habilidades cognitivas

inferenciales, de relación, interpretación, reflexión y pensamiento crítico (Canquiz-Rincón et al., 2021). Todas las asignaturas del currículo académico se sustentan en estas habilidades para comprender y, por tanto, adquirir los contenidos establecidos, está ampliamente demostrado que una buena comprensión lectora es imprescindible para obtener buenos resultados a nivel académico (Viramonte, et al., 2019), por lo que, si no se domina, se pueden presentar dificultades académicas. Es más, existen estudios que, no solo relacionan las capacidades lectoras, entre otras, con un buen rendimiento académico, sino también con el desempeño laboral, la retribución salarial y la salud mental y física (Wrulich et al., 2014).

La revisión de la literatura científica pone de manifiesto que, en otras etapas educativas, desde hace décadas se estudia la generación de la representación mental que hace el lector desde una perspectiva conductual a través de pruebas de comprensión lectora y, en menor medida, desde una perspectiva neurofisiológica mediante técnicas que analizan las redes cerebrales. Los resultados neurofisiológicos muestran que las redes cerebrales involucradas en procesamiento del texto escrito (Baretta et al., 2009) se comportan de forma diferente en estudiantes que presentan algún déficit lector, tales como aquellos diagnosticados con una dificultad de aprendizaje (dislexia), comparados con lectores normotípicos. En concreto se han encontrado ciertos déficits en la conectividad funcional de las redes cerebrales que permiten la lectura fluida (Vandermosten et al., 2012). En estudios con niños se encontraron diferentes patrones de conectividad entre sujetos con un rendimiento lector acorde con su edad y aquellos con un diagnóstico de dislexia (Fraga González et al., 2016). A lo largo de la adolescencia, se produce una reorganización de estas redes asociadas al lenguaje (Friederici et al., 2011) por lo que, el estudio de las conexiones de redes funcionales en estudiantes que han superado la educación obligatoria y que han accedido a ciclos de FP con carencias en comprensión lectora podría arrojar luz acerca de los elementos cognitivos que podrían estar funcionando de forma menos eficaz en estos estudiantes. Los datos sobre los patrones de conectividad funcional asociados a las pruebas de comprensión lectora aportarían robustez científica a los hallazgos conductuales y contribuirían a identificar la intervención educativa más adecuada para mejorar las competencias académicas y profesionales de los estudiantes de FP.

Por tanto, este trabajo se enmarca en una investigación preliminar sobre competencia lectora en el que se realizan EEG a dos grupos de estudiantes de FP con alta y baja comprensión lectora con el objetivo de detectar si existen diferencias en conectividad funcional o redes de conexión cerebral que pudiesen servir de fundamento neurofisiológico a las diferencias encontradas en su rendimiento en comprensión lectora. Este tipo de estudio es fundamental para lograr una sensibilización de la situación y la respuesta educativa para optimizar las competencias profesionales y personales necesarias para la empleabilidad en FP. En esta línea, los objetivos que se pretenden son:

1. Evaluar la existencia de diferencias en variables cognitivas (atención, fluidez verbal, velocidad de procesamiento y memoria de trabajo) entre estudiantes con alta y baja comprensión lectora.
2. Analizar las diferencias en conectividad funcional cerebral entre estudiantes con alta y baja comprensión lectora.

## 2.-Metodología

El diseño de la investigación es no experimental, descriptivo, transversal e inferencial. Las variables cognitivas seleccionadas para descartar cualquier influencia en la comprensión lectora fueron la atención, la fluidez verbal (fonológica y semántica), la velocidad de procesamiento y la memoria de trabajo.

### *Participantes*

En este estudio participaron 40 estudiantes (90% mujeres, 10% hombres) de FP de Grado Superior en Educación Infantil, en un centro educativo concertado. La edad media de la muestra es de  $19.6 \pm 0.91$  años. La selección de la muestra es no probabilística por conveniencia. Los criterios de inclusión fueron: estar estudiando en el citado título, no presentar ninguna patología neurológica, sensorial, psicopatológica o de aprendizaje y no haber realizado las pruebas anteriormente. Todos los estudiantes otorgaron su consentimiento para participar en esta investigación de forma libre y pudiendo abandonarla en cualquier momento. En primer lugar, se realizó la prueba de comprensión lectora a todos los estudiantes y, en función de los resultados obtenidos, se escogieron por conveniencia dos grupos de 9 alumnas con alta (puntuación mayor o igual a 9) o baja (puntuación inferior a 9) comprensión lectora, determinados según los baremos de la prueba PROLEC-SE-R (Cuetos et al. 2016). Estos subgrupos de estudiantes eran 100% mujeres con una media de edad de 19 años. La evaluación de las variables cognitivas se realiza en estos dos grupos de estudiantes. Todos los estudiantes de la investigación son del mismo nivel socioeconómico medio, escolarizados en el mismo centro educativo y con la misma lengua materna español.

### *Instrumentos*

En este apartado, se describen los instrumentos empleados en la investigación:

. Prueba de Comprensión Lectora de la Batería de Evaluación de los procesos lectores en Secundaria y Bachillerato revisada (PROLEC-SE-R) (Cuetos et al., 2016). Esta prueba está formada por dos textos expositivos con diez preguntas abiertas después cada uno. Los estudiantes leen en silencio cada texto y responden a las cuestiones de forma individual. El tiempo de duración fue entre diez-quince minutos. Cada pregunta correcta es un punto por lo que la puntuación en cada texto oscila entre cero y diez puntos. La suma de los dos textos conlleva que la puntuación esté entre cero a veinte puntos.

. Test de atención d2 (Brickenkamp y Seisdodos-Cubero, 2012). Esta prueba permite valorar atención selectiva mediante la búsqueda de unos determinados estímulos. Concretamente, consiste en presentar a los estudiantes 47 líneas con distintas letras (d, p, b) y símbolos en ellas ( $\hat{d}$ ) y se tienen que tachar todas las letras que sean iguales a los modelos. La duración aproximada fue de diez minutos y se realizó de forma grupal. Cada elemento correctamente tachado vale un punto y la suma de las catorce filas indica el número de respuestas correctas; también se suman con un punto el número de letras omitidas y el número de letras tachadas por error durante las catorce filas de la prueba.

. Fluidez verbal (FAS). (Buriel et al., 2004). Esta prueba permite valorar la fluidez verbal fonológica y fluidez verbal semántica de los estudiantes. La tarea de fluidez verbal fonológica consiste en decir durante un minuto todas las palabras que inicien por las letras "F", "A", "S". Cada palabra correcta suma

un punto y la calificación total es la suma de las palabras acertadas en cada una de las tres letras indicadas. En la tarea de fluidez verbal semántica consiste en escribir en un minuto todas las palabras que pertenezcan a determinadas categorías semánticas como son “frutas/verduras”, “ropa”, “animales”. Cada palabra correcta suma un punto y la puntuación final es la suma en cada una de las tres categorías seleccionadas. Para la puntuación final en FAS se hace la media de las puntuaciones de la fluidez verbal fonológica y semántica. Esta prueba se realiza de forma grupal cada estudiante con su hoja individual escribiendo las palabras.

. Codificación-Clave de números. Subtest de la Escala de Inteligencia de Wechsler para Adultos-IV (Wechsler, 2012). Esta prueba valora la velocidad de procesamiento. Consiste en fijarse en unas letras que llevan emparejadas unos símbolos concretos.; después, el estudiante en dos minutos tiene que ir emparejando cada letra con su símbolo siguiendo el patrón establecido inicialmente como modelo. Cada letra emparejada correctamente con su símbolo se califica con un punto y la suma de todas es la puntuación final en la prueba. Esta tarea se hace de manera grupal pero cada estudiante de forma individual tiene su propia hoja.

. Letras y Números. Subtest de la Escala de Inteligencia de Wechsler para Adultos-IV (Wechsler, 2012). Esta prueba permite valorar la memoria de trabajo de forma individual y con una duración variable dependiendo de cada persona. El investigador dice oralmente a los estudiantes una serie de letras y números, después el estudiante tiene que repetir oralmente en orden numérico los números y después en orden alfabético las letras de cada serie que se le indique. Cada serie realizada correctamente por el estudiante se califica con un punto. Cuando se hacen tres series seguidas con errores son tres ceros y se finaliza la prueba. La puntuación final es la suma de las series correctas.

En cuanto al registro de EEG, los estudiantes seleccionados para realizar el EEG fueron 18 mujeres y de la misma edad para evitar sesgos. Los datos neurofisiológicos se adquirieron utilizando el amplificador EEG portátil de 64 canales con base en gel de ANT NEURO - eego™ my lab - (ANT NEURO, Alemania) con una frecuencia de muestreo de 500Hz. Los electrodos del capuchón del electrodo EEG waveguard™ original son sensores de Ag/AgCl sintetizados, de alta calidad y se colocaron siguiendo el sistema de posiciones 10-20 ampliado (Fp1, Fpz, Fp2, AF7, Afz, AF8, F7, F3, Fz, F4, F8, FC5, FC1, FC2, FC6, T7, C3, Cz, C4, T8, CP1, CP2, P7, P3, Pz, P4, P8, PO7, O1, Oz, O2, PO8), referenciándolos al electrodo Cpz. Posteriormente, los electrodos se volvieron a referenciar offline a la referencia media. Las impedancias de los sensores se mantuvieron por debajo de 10 kΩ.

#### *Procedimiento*

Se solicitaron todos los permisos necesarios y el diseño de este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Internacional de la Rioja (PI: 010/2019) siguiendo los criterios propuestos por la Declaración de Helsinki. Se recogió el consentimiento informado por escrito de todos los estudiantes, tanto para las medidas conductuales como para el registro EEG.

Todas las pruebas conductuales se realizaron en el aula de clase, en el mismo orden durante dos días a los estudiantes y en condiciones óptimas de iluminación y sonoridad. Durante cuatro días, el EEG se realizó en la misma sala y en la misma posición para todos los estudiantes. Los participantes se sometieron a un registro de EEG en estado de reposo de 5 minutos con los ojos cerrados mientras

estaban sentados cómodamente. Se les pidió que permanecieran despiertos y que minimizaran sus movimientos corporales.

#### *Análisis de datos*

Los datos de la variable comprensión lectora para establecer los dos subgrupos (alta y baja comprensión lectora) fueron en puntuaciones directas de la prueba. Los datos del resto de variables se transformaron a puntuaciones centiles para poder compararlos entre sí. En segundo lugar, para el análisis inferencial se realizan las comparaciones entre los dos grupos de estudiantes (alta y baja puntuación en comprensión lectora) en las variables cognitivas (atención, fluidez verbal fonológica y semántica, velocidad de procesamiento y memoria de trabajo) utilizando la prueba no paramétrica de Mann-Whitney para muestras independientes.

Para el análisis descriptivo e inferencial de las medidas conductuales se empleó el IBM SPSS Statistics 26 for Windows. El nivel de significación fue el mismo para todos los análisis 0.05.

En cuanto al pre-procesamiento de datos del EEG se examinaron automáticamente para detectar artefactos oculares, musculares y de salto utilizando la Biblioteca de Software OHBA (OSL – creada por el Grupo de Análisis OHBA, OHBA, Oxford, Reino Unido), que fueron confirmados visualmente por un experto en EEG. Los datos restantes libres de artefactos se seccionaron en segmentos de cuatro segundos. Las series temporales limpias de EEG se filtraron con paso de banda (relleno de 2 segundos) entre 2 y 45Hz. Respecto al espectro de potencia y análisis de conectividad funcional, el espectro de potencia de cada sensor del EEG se calculó por medio de la Transformada Rápida de Fourier utilizando cintas de Hanning con 0,25 Hz de suavizado. Para cada sensor, se calculó la potencia relativa normalizando por la potencia total en el rango de 2 a 45 Hz. Los ensayos se promediaron entre los individuos terminando con una matriz de potencia de 32 canales x 173 pasos de frecuencia x 18 participantes. Junto con el espectro de potencia, se estudió la potencia específica de la banda alfa de 8-12 Hz en todos los participantes. La conectividad funcional se evaluó mediante la versión corregida del valor de bloqueo de fase imaginario (ciPLV), una medida de sincronización de fase que evalúa la distribución de las diferencias de fase extraídas de cada una de las series temporales de dos sensores (Bruña et al., 2018).

Las medidas de grafos, como la topología, la intensidad, la eficiencia, la modularidad y la centralidad; se calcularon utilizando la caja de herramientas de conectividad cerebral (BTC-(Rubinov y Sporns, 2010)).

### **3.-Resultados**

Los resultados se exponen en función de los objetivos planteados en la investigación. En cuanto al primer objetivo, las puntuaciones relativas a las capacidades de atención mostraron que un 16,67% (n=3) de las 18 participantes mostraron unas habilidades por encima de la media (puntuación mayor o igual al percentil 75), el 38,89% (n=7) en torno a la media (puntuaciones entre los percentiles 50 y 75%) y el 44,44% (n=8) restante por debajo o muy por debajo de la media (puntuaciones inferiores al percentil 50) para su edad. Las puntuaciones relativas a fluidez verbal mostraron que un 33,33% (n=6) de las

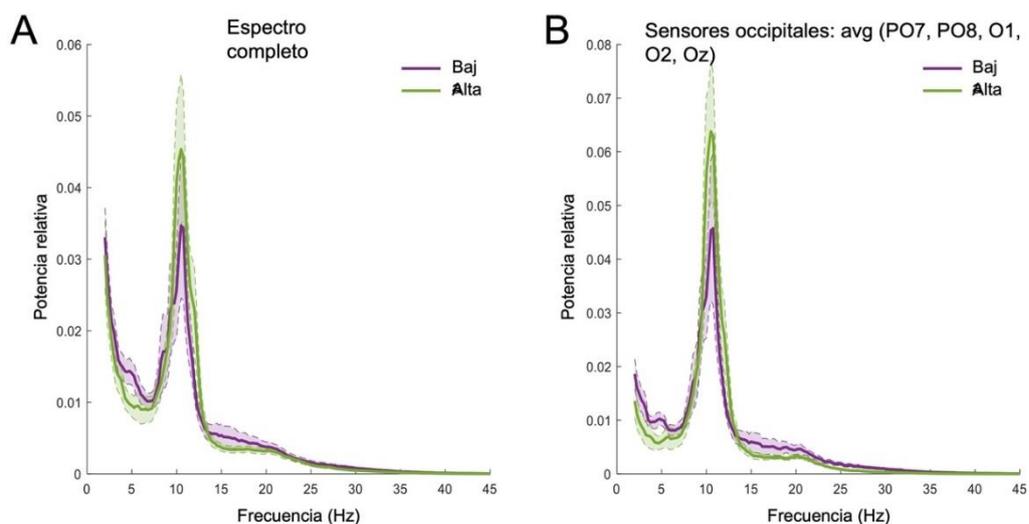
participantes mostraron unas habilidades en torno a la media (puntuaciones entre los percentiles 50 y 75%) y el 66,66% (n=12) restante por debajo o muy por debajo de la media (puntuaciones inferiores al percentil 50) para su edad. Las puntuaciones relativas a la velocidad de procesamiento mostraron que un 27,78% (n=5) de las participantes mostraron unas habilidades por encima de la media (puntuación mayor o igual a 75), el 16,67% (n=3) mostraron resultados en torno a la media (puntuaciones entre los percentiles 50 y 75%) y el 55,55% (n=10) restante por debajo o muy por debajo de la media (puntuaciones inferiores al percentil 50) para su edad. Por último, las puntuaciones en memoria de trabajo arrojaron unas puntuaciones muy altas, con percentiles rozando máximos (98 o 99) en un 83,3 % (n=15) de los casos y obteniendo el 16,7 % restante puntuaciones entre los percentiles 90 y 97.

Para evaluar si existían diferencias a nivel cognitivo entre los dos grupos de comprensión lectora que pudieran estar relacionados con el resultado en su comprensión lectora se compararon los resultados obtenidos por ambos grupos en las variables cognitivas de atención, fluidez verbal, velocidad de procesamiento y memoria de trabajo. Los resultados mediante U de Mann-Whitney mostraron que no existían diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en ninguna de las variables cognitivas (atención (p=0,136); fluidez fonológica y semántica (p=0,222); velocidad de procesamiento (p=0,489); y memoria de trabajo (p=0,931)).

En cuanto al segundo objetivo, el examen del espectro de potencia global y occipital de los dos grupos, muestra que, a pesar de no haber diferencias estadísticamente significativas (p>0,05) entre ambos grupos en ninguna de las frecuencias, el grupo con alta comprensión lectora tiene valores relativos, tanto en el espectro de potencia global como en el occipital, similares al grupo con comprensión lectora baja en la mayoría de las frecuencias (Figura 1).

**Figura 1.**

*Espectro de potencia global y occipital*



Nota. A)

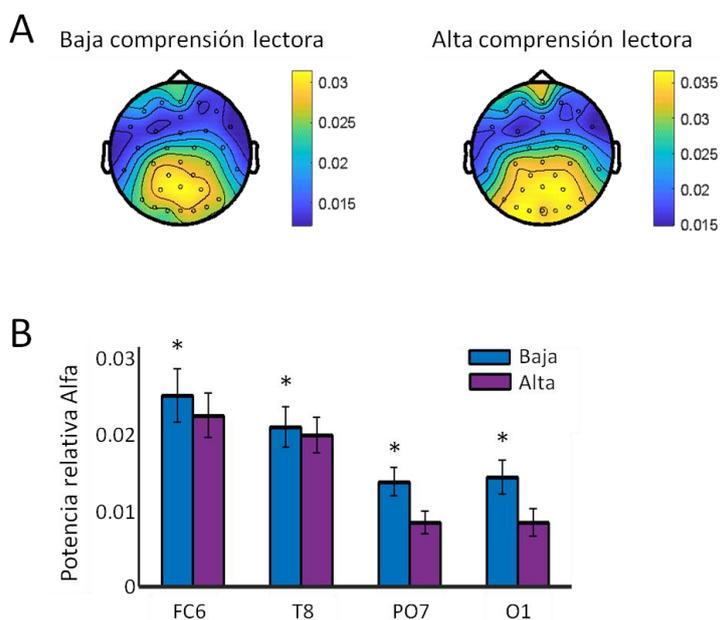
Espectro de potencia global (media de todos los canales) para el grupo de alta comprensión lectora (verde) y el grupo de baja comprensión lectora (morado). B) Espectro de potencia occipital (media de

los sensores occipitales) para el grupo de alta comprensión lectora (verde) y baja comprensión lectora (morado).

Un análisis más detallado de la distribución de la potencia alfa, muestra valores del pico alfa más altos en grupo de alta comprensión lectora que el grupo de baja comprensión lectora, aunque no llegan a ser estadísticamente significativos ( $p=0,085$ ). Sin embargo, el grupo de baja comprensión lectora obtuvo un incremento significativo en la potencia alfa en los electrodos FC6, T8, PO7 y O1 con respecto al grupo de alto rendimiento lector) (Figura 2).

**Figura 2.**

*Potencia de la banda alfa*

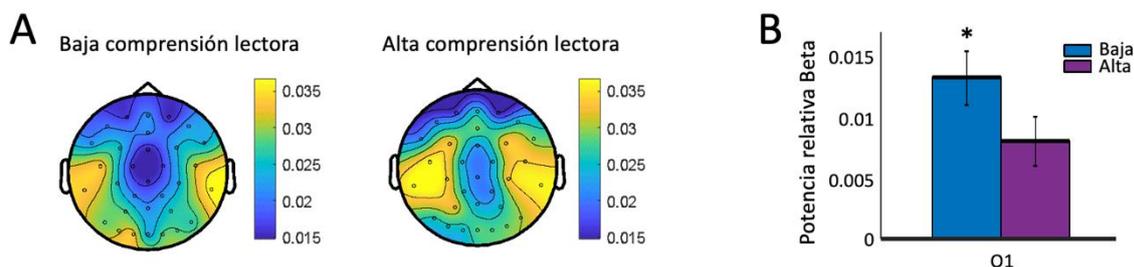


Nota. A) Distribución de la banda alfa para los dos grupos en el rendimiento de la de la comprensión lectora. B) Valores de potencia relativa de Alfa por los grupos de alta y baja comprensión lectora en los sensores FC6, T8, PO7 y O1 observándose diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,05$ ) entre ambos grupos.

En la banda beta, el grupo de comprensión lectora alta mostró unos niveles de sincronización más altos en las redes fronto-posteriores que los del grupo con baja comprensión lectora. Sin embargo, la distribución de la potencia beta en el cuero cabelludo del grupo de baja comprensión lectora solo fue significativamente más alta ( $p<0,05$ ) en el electrodo O1 con respecto al grupo de alta comprensión lectora (Figura 3).

**Figura 3.**

*Potencia de la banda beta*

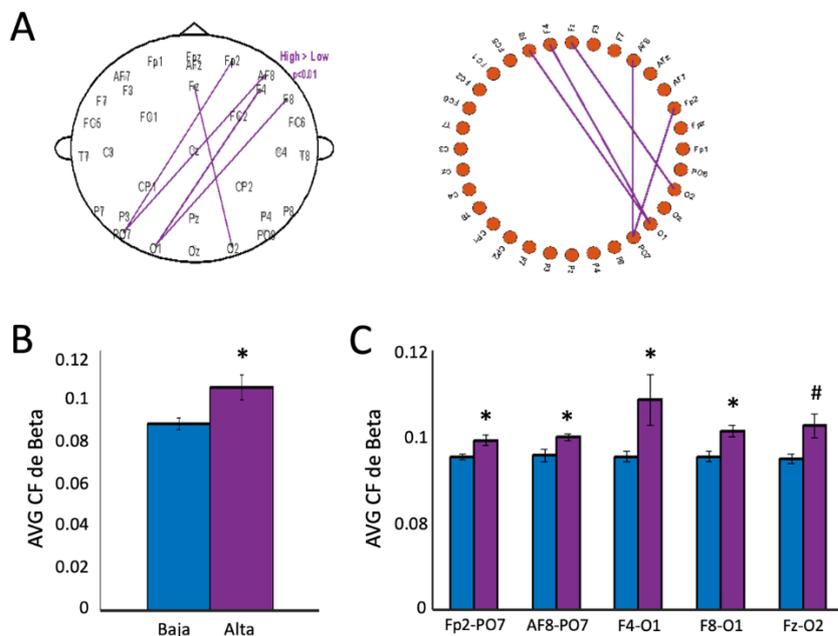


Nota. A) Distribución de la banda beta para los dos grupos en el rendimiento de la comprensión lectora. B) Valores de potencia relativa de beta obtenidos por los grupos de alta y baja comprensión lectora en el sensor O1. \* $p < 0,05$ .

En la Figura 4 se presentan los datos de conectividad funcional (CF) de la banda beta entre diferentes pares de electrodos (panel A). Al comparar el emparejamiento de conexiones entre los electrodos en ambos grupos de comprensión lectora se encontró un incremento de la CF en el grupo de alto nivel de comprensión lectora en comparación con el de bajo nivel de comprensión lectora en una red anteroposterior conformada por los pares de electrodos Fp2-PO7 ( $p=0,001$ ), AF8-PO7 ( $p=0,001$ ), F4-O1 ( $p < 0,001$ ), F8-O1 ( $p < 0,001$ ) y Fz-O2 ( $p=0,008$ ).

**Figura 4.**

*Análisis de la conectividad funcional*



Nota. A) Pares de electrodos entre los que se han encontrado diferencias en la conectividad funcional de Beta entre los grupos de alta y baja comprensión lectora. B) Gráfica izquierda: Media de la conectividad funcional de Beta obtenida por los grupos de alta y baja comprensión lectora. C) Gráfica

derecha: Valores conectividad funcional obtenida en cada uno de los pares de sensores por el grupo de alta y baja comprensión lectora. # $p=0,008$ ; \* $p\leq 0,01$ .

#### **4.-Conclusiones**

En este estudio se encuentran patrones distintivos en la actividad cortical cerebral de estudiantes con baja y alta comprensión lectora controlando variables cognitivas dentro de cada grupo. El estudio tiene un carácter preliminar y es el primero de este tipo en alumnado de FP, pretendiendo servir de plataforma para un estudio estandarizado más amplio, dada la dificultad de obtener estudiantes voluntarios para este tipo de estudios neurofisiológicos. El análisis de los EEGs muestra que el rango de frecuencias alfa tiene una potencia en las alumnas con comprensión lectora más alta, cercana a la significación estadística. La banda alfa se encuentra activa en la corteza cerebral en situaciones de reposo, especialmente con los ojos cerrados, lo que en un principio no estaría claramente relacionado con el proceso lector. Sin embargo, el desarrollo de la actividad alfa se relaciona con el desarrollo de la comprensión lectora en niños y en adultos jóvenes de 18 a 30 años, en los que el pico de la banda alfa es mayor en los mejores lectores en una muestra de 300 personas (Rathee et al., 2020). No obstante, Wang et al. (2022), no mostró correlación alguna entre la banda alfa en reposo con la comprensión lectora. Esta controversia podría deberse a las diferentes edades, lenguas y niveles académicos estudiados. Asimismo, los propios datos indican que alfa podría comportarse de manera opuesta en algunos puntos de la corteza. En concreto, los electrodos FC6, T8, PO7 y O1 muestran un comportamiento contrario en reposo al resto de regiones consideradas en el estudio. También se ha encontrado una mayor sincronización en la banda beta en las redes fronto-posteriores del hemisferio derecho para el grupo de alto rendimiento lector en comparación con el de bajo rendimiento. Estos resultados son coherentes con estudios de resonancia magnética de imagen funcional en los que se observa una mayor activación del tracto axonal del fascículo arqueado del hemisferio derecho en tareas de comprensión lectora (Horowitz-Kraus et al., 2014). Además de la mayor conectividad en la franja beta, también se ha registrado una mayor potencia global de esta banda, lo que sugiere una mayor activación general de la corteza cerebral en estudiantes con un desarrollo lectoescritor mayor (Laufs et al., 2003). Los patrones de conectividad en diferentes grupos de sujetos ayudan a distinguir las configuraciones de esas redes, que se muestran menos eficientes en individuos con dificultades en lectura cuando se comparan con individuos en grupos control (Fraga-Gonzalez et al., 2016).

Si se confirmase que el bajo desempeño lectoescritor en alumnos de FP se relaciona con un patrón de actividad cerebral específico, sería necesario implementar programas de intervención capaces de mejorar la actividad cognitiva. La actividad entre el lóbulo frontal y regiones más dorsales es indicadora de procesos atencionales, lo que podría explicar la superioridad observada en los registros atencionales en el grupo de estudiantes con alta comprensión lectora. En todo caso, los resultados sugieren una baja conectividad funcional en regiones cerebrales relacionadas con el procesamiento lingüístico en discentes con baja comprensión lectora, lo que parece indicar un pobre desarrollo cognitivo que dificultaría el procesamiento lector.

En definitiva, los resultados del estudio muestran que las diferencias de rendimiento en tareas conductuales de comprensión lectora se corresponden con diferencias en los patrones de conectividad funcional de los grupos de alumnas. El patrón obtenido indica conexión entre el estado mental en reposo y el rendimiento cognitivo en tareas conductuales de comprensión lectora. Esto constituye un método para predecir el rendimiento cognitivo pudiendo ser la base de una actuación educativa temprana.

Este trabajo tiene algunas limitaciones derivadas del formato de selección de la muestra, realizado por conveniencia, así como relativas al tamaño muestral y que los registros son solamente en estado de reposo, no durante la lectura. Nos obstante, esta investigación pretende servir de plataforma para realizar más estudios de este tipo en población de FP, aumentando el tamaño muestral para tener más confianza estadística y desarrollar algoritmos de conectividad funcional que modelen de forma eficaz los fenómenos deseados; además de la valoración de otras competencias académicas e incluso modalidades de enseñanza.

Actualmente existen pocas dudas acerca del importante papel que tendrá la neurociencia en la educación futura (Xu y Zhong, 2018), principalmente como medio de anticipación a problemas de desempeño como la lectura. Trabajos en esta línea pueden resultar de interés para que los profesionales de FP den más peso a la consolidación de competencias académicas básicas como la comprensión lectora por su repercusión en la empleabilidad, el relanzamiento económico y el bienestar de la sociedad.

Este trabajo ha sido financiado con cargo al Proyecto de Investigación “Efectos de la modalidad de presentación de la información en la evaluación conductual y psicofisiológica de la comprensión lingüística” con referencia (B0036-1819) concedido en la convocatoria Proyecto Retos de Investigación de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR).

## 5.-Referencias bibliográficas

- Baretta, L., Tomitch, L.M.B., Mcnair, N., Lim, V.K., & Waldie, K.E. (2009). Inference making while reading narrative and expository texts: An ERP study. *Psychology & Neuroscience*, 2(2), 137 – 145. <https://doi.org/10.3922/j.psns.2009.2.005>
- Blanch, J. M. (2014). La juventud NINI, un agujero negro psicosocial. *Revista Psicologia Organizações e Trabalho*, 14(4), 355-366.
- Buriel, Y., Fombuena, N. G., Böhm, P., Rodés, E., & Peña-Casanova, J. (2004). Fluencia verbal. Estudio normativo piloto en una muestra española de adultos jóvenes (20 a 49 años). *Neurología*, 19(4), 153-159.
- Brickenkamp, R., & Seisededos-Cubero, N. (2012). *D2, Test de Atención*. TEA Ediciones.
- Bruña, R., Maestú, F., & Pereda. E. (2018). Phase locking value revisited: teaching new tricks to an old dog. *Journal of Neural Engineering*, 15(5), 056011. <http://dx.doi.org/10.1088/1741-2552/aacfe4>

- Canquiz-Rincón, L., Mayorga-Sulbarán, D. & Sandoval-Fontalvo, C. (2021) Didactic planning for the development of Reading comprehension. *Ocnos. Revista De Estudios Sobre Lectura*, 20(2), 96-106. [https://doi.org/10.18239/ocnos\\_2021.20.2.2404](https://doi.org/10.18239/ocnos_2021.20.2.2404)
- Cuetos, F., Arribas, D., & Ramos, J. L., F. (2016). *PROLEC-SE-R. Batería para la Evaluación de los Procesos Lectores en Secundaria y Bachillerato - Revisada*. TEA Ediciones.
- Echeverría, B., & Martínez-Clares, P. (2018). Revolución 4.0, Competencias, Educación y Orientación. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 12(2), 4-34. <http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2018.831>
- Fraga González, G., van der Molen, M. W., Zaric, G., Bonte, M., Tijms, J., Blomert, L., Stam, J. y van der Molen, M.W. (2016). Graph analysis of EEG resting state functional networks in dyslexic readers. *Clinical Neurophysiology*, 127, 3165–3175. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2016.06.023>
- Friederici, A. D., Brauer, J., & Lohmann, G. (2011). Maturation of the language network: from inter- to intrahemispheric connectivities. *PLoS One*, 6, e20726. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020726>
- Horowitz-Kraus, T., Wang, Y., Plante, E., & Holland, S. K. (2014). Involvement of the right hemisphere in reading comprehension: a DTI study. *Brain Research*, 1582, 34. <https://doi.org/10.1016/J.BRAINRES.2014.05.034>
- Kucer, S. B. (2016). Accuracy, miscues, and the comprehension of complex literary and scientific texts. *Reading Psychology*, 37(7), 1076-1095. <https://doi.org/10.1080/02702711.2016.1159632>
- Laufs, H., Krakow, K., Sterzer, P., Eger, E., Beyerle, A., Salek-Haddadi, A., & Kleinschmidt, A. (2003). Electroencephalographic signatures of attentional and cognitive default modes in spontaneous brain activity fluctuations at rest. *Proceedings of the national academy of sciences*, 100(19), 11053-11058.
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (2020). *Plan de Modernización de la Formación Profesional*. Ministerio de Educación y Formación Profesional.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2016). *Programa para la evaluación internacional de alumnos (PISA). PISA 2015 RESULTADOS*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-Mexico-ESP.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2021). *OECD Skills Outlook 2021: Learning for Life*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/0ae365b4-en>
- Rathee, S., Bhatia, D., Punia, V., & Singh, R. (2020). Peak alpha frequency in relation to cognitive performance. *Journal of Neurosciences in Rural Practice.*, 11(3), 416-419. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1712585>.
- Rubinov, M., & Sporns, O. (2010). Complex network measures of brain connectivity: uses and interpretations. *NeuroImage*, 52(3), 1059–69. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.10.003>

- Sowell, E.R., Trauner, D.A., Gamst, A., & Jernigan, T.L. (2002). Development of cortical and subcortical brain structures in childhood and adolescence: a structural MRI study. *Developmental Medicine & Child Neurology* 44, 4–16. <https://doi.org/10.1017/s0012162201001591>
- Vandermosten, M., Boets, B., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2012). A qualitative and quantitative review of diffusion tensor imaging studies in reading and dyslexia. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36, 1532–1552. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.04.002>
- Viramonte, M., Amparán, A., & Núñez, L. D. (2019). Comprensión lectora y el rendimiento académico en Educación Primaria. *Investigaciones Sobre Lectura*, 12, 65-82. <https://doi.org/10.37132/isl.v0i12.264>
- Wang, P., He, Y., Maess, B., Yue, J., Chen, L., Brauer, J., Friederici, A. D., & Knösche, T. R. (2022.). Individual alpha power predicts language comprehension. *BioRxiv*, 464065. <https://doi.org/10.1101/2021.10.12.464065>
- Whitford, T.J., Rennie, C.J., Grieve, S.M., Clark, C.R., Gordon, E., & Williams, L.M. (2007). Brain maturation in adolescence: concurrent changes in neuroanatomy and neurophysiology. *Human Brain Mapping*, 28, 228–237. <https://doi.org/10.1002/hbm.20273>
- Wechsler, D. (2012). *WAIS-IV. Escala de inteligencia de Wechsler para adultos-IV. Manual de aplicación y corrección*. NCS Pearson, Inc.
- Wrulich, M., Brunner, M., Stadler, G., Schalke, D., Keller, U., & Martin, R. (2014). Forty years on: Childhood intelligence predicts health in middle adulthood. *Health Psychology*, 33, 292–296. <https://doi.org/10.1037/a0030727>
- Yeatman, J. D., Dougherty, R. F., Ben-Shachar, M., & Wandell, B. A. (2012). Development of white matter and reading skills. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(44). <https://doi.org/10.1073/PNAS.1206792109>
- Xu, J. & Zhong, B. (2018). Review on portable EEG technology in educational research. *Computers In Human Behavior*, 81, 340-349. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.037>