

RENDIMIENTO ACADÉMICO Y APTITUDES INTELECTUALES EN RELACIÓN A LA ACTIVIDAD MENTAL PARA LA RESOLUCIÓN DE TAREAS COGNITIVAS EN ESTUDIANTES DE ESO

Eduardo Blanco Calvo^{1,2}, Ángel Blanch Plana²,
Carmen Ruiz Molina², Diana Borrell González²

¹UNED Tudela - ²Universidad de Lleida
eduardo.blanco@udl.cat

Recepción: 1 de febrero de 2021; Aceptación: 11 de febrero de 2021.

Citación APA: Blanco Calvo, Eduardo; Ruiz Molina, Carmen; Borrell González, Diana; Blanch Plana, Ángel (2021). «Rendimiento académico y aptitudes intelectuales en relación a la actividad mental para la resolución de tareas cognitivas en estudiantes de ESO». *Revista de Humanidades Cuadernos del Marqués de San Adrián*, n.º 13, UNED Tudela, pp. 25-39.

Resumen:

En este estudio pretendimos analizar las relaciones entre el rendimiento académico, las aptitudes intelectuales y la actividad cerebral medida mediante electroencefalografía (EEG). Recogimos datos del rendimiento académico de 192 estudiantes (79 chicos y 113 chicas; media=14.56, DT =.78), que cursaban 3º-4º de ESO en dos IES de la ciudad de Tudela. Utilizando la batería de Evaluación Factorial de las Aptitudes Intelectuales (EFAI-3), valoramos: aptitud espacial, razonamiento abstracto, aptitud numérica, aptitud verbal, memoria e inteligencia general (CI). En relación al rendimiento académico, observamos diferencias estadísticamente significativas a favor de las chicas en la mayor parte de asignaturas y por agrupaciones de asignaturas (verbales, no verbales y media total). Los resultados de la prueba EFAI-3 mostraron únicamente diferencias estadísticamente a favor de los chicos en aptitud espacial y aptitud numérica. El estudio de relación entre las variables nos permitió detectar correlaciones significativas entre la mayoría de aptitudes cognitivas evaluadas y las variables de rendimiento académico, observándose correlaciones distintas entre ambos sexos. El análisis de actividad EEG nos permitió detectar cambios funcionales entre la actividad cerebral en reposo y durante la ejecución de tareas cognitivas, consistentes en la aparición de ritmos EEG rápidos y localizados en redes corticales frontales y parieto-temporales. Estos cambios funcionales deben facilitar un mejor proceso de adquisición de la información y resolución de tareas, basado en una mejor conectividad y una mayor eficiencia neuronal.

Palabras clave: rendimiento académico, aptitudes intelectuales, inteligencia, EEG, diferencias sexuales.

Abstract:

In this study, our aim was to analyse the relationships between academic performance, intellectual capacities and brain activity measured by electroencephalography (EEG). We collected data on the academic performance of 192 high school students (79 boys and 113 girls; mean = 14.56, SD = .78) in their 3rd/4th year of secondary school at two secondary schools in Tudela's city. Using the Factory Evaluation of the Intellectual Abilities battery (EFAI-3), we measured: spatial, abstract reasoning, numerical, verbal, memory and general intelligence (IQ). In relation to academic performance, we observed statistically significant differences with higher marks in most core subjects and by grouping subjects (verbal, non-verbal and total mean) of girls. The results of the EFAI-3 test only showed statistically differences of boys in spatial and numerical aptitudes. Correlational analysis showed significant differences between multiples cognitive capacities and academic performance variables, highlighting significant correlations between both sexes. EEG activity analysis displayed functional changes between brain activity at rest and during the performance of cognitive tasks, consisting of the appearance of fast and placed EEG rhythms in frontal and parieto-temporal cortical networks. These functional changes should facilitate a better information acquisition and task resolution processes, based on better connectivity and greater neuronal efficiency.

Keywords: academic achievement, intellectual capacities, intelligence, EEG, sexual differences.

I. Introducción

La Educación Secundaria Obligatoria (ESO) constituye una etapa crucial dentro del sistema educativo español para la adquisición de competencias educativas en los jóvenes que determinarán su desarrollo como adultos. El análisis efectivo de las intervenciones educativas durante el desarrollo de esta etapa es clave para incrementar las tasas de éxito del estudiantado. Aunque el abandono escolar ha decrecido en España durante los últimos años (Ministerio de Educación, 2014), este progreso necesita seguir implementándose de manera eficiente y transversal en todos los niveles de la ESO.

El rendimiento académico refleja el nivel de conocimientos que el alumnado tiene sobre una materia, en relación a los objetivos de aprendizaje establecidos en función de la edad/cursos escolar, y en comparación a sus iguales (Luengo, 2015; Muelas & Beltrán, 2011). Este indicador es el resultado de un complejo proceso de interacción múltiples factores: individuales (inteligencia, aptitudes intelectuales, motivación); b) contextuales, familia y nivel sociocultural; c) escolares, clima del aula, recursos materiales o docentes (González Barbera, 2004). Generalmente, el ren-

dimiento se mide mediante las calificaciones escolares, aunque puede ser una variable difícil de medir debido a su carácter multifactorial.

Cuando hablamos de aptitud intelectual nos referimos al conjunto de características de una persona para aprender o desarrollar con éxito determinadas tareas, evaluándose sus habilidades aprendidas o el potencial de rendimiento en áreas específicas. Para evaluar este constructo, existen sobre todo tests de aptitudes intelectuales generales (escala de Weschler para niños, WISC-V; test de factor g de Cattell; escala de inteligencia de Stanford-Binet, SB5) y pruebas de aptitudes cognitivas específicas (Test de Evaluación Factorial de Aptitudes Intelectuales, EFAI; Batería de Aptitudes Diferenciales y Generales, BADyG; Escalas McCarthy de Aptitudes y Psicomotricidad para Niños; Test de Aptitudes Diferenciales de Bennett, Seashore y Wesman, DAT). En el caso de la valoración de la aptitud intelectual en la escuela es más relevante comprender los resultados de pruebas de aptitudes cognitivas específicas, puesto que correlacionan mejor con el rendimiento real de los estudiantes.

Numerosas investigaciones han estudiado las relaciones entre rendimiento académico y aptitudes intelectuales, y sus relaciones con el concepto de inteligencia (Deary; Del Rosal, Hernández-Jorge, & Sierra, 2012; Miguez, Uzquiano, & Lozano, 2010). Actualmente sabemos que los estudiantes que obtienen mayores puntuaciones en aptitudes intelectuales, también puntúan más alto en rendimiento académico (Chamorro-Premuzic & Furnham, 2006; Colom & Flores-Mendoza, 2007; Laidra, Pullmann, & Allik, 2007). De hecho, la correlación entre inteligencia y rendimiento está en torno a .50, aunque existen variaciones entre distintos estudios. Respecto a las diferencias entre sexos, algunos trabajos indican que existen diferencias en rendimiento hasta la madurez. Los chicos suelen obtener puntuaciones más bajas en todas las variables de rendimiento académico, pero en relación a las habilidades cognitivas no se hallan diferencias. Resumidamente, ambos sexos presentan aptitudes intelectuales similares; sin embargo, las chicas alcanzan mejores resultados en rendimiento (I. Deary, S. Strand, P. Smith, & C. Fernandes, 2007; Fergusson & Horwood, 1997). Por tanto, parece claro que más del 50% de las diferencias interindividuales en rendimiento académico, se pueden explicar estadísticamente por el factor de inteligencia general; sin embargo, no debemos perder de vista el resto de variables (ej.: motivación, personalidad o autoconcepto) que influyen en el proceso educativo (I. Deary et al., 2007).

El cerebro humano es un órgano de alta complejidad que se encarga de desarrollar funciones cognitivas como el pensamiento, el lenguaje y la conducta compleja. Existen regiones, como la neocorteza, que son claramente fundamentales para la elaboración y control de estos pro-

cesos mentales superiores. El electroencefalograma (EEG) es una técnica neurofisiológica no invasiva de registro de la actividad eléctrica cortical que permite conocer las características de la actividad psicofisiológica de grandes poblaciones neuronales. Las alteraciones de la actividad neurofisiológica pueden constituirse como factores causales de disfunciones en el procesamiento cognitivo, pudiendo evidenciarse en problemas de aprendizaje y memoria, déficits de atención, así como trastornos del comportamiento (Collins & Rourke, 2003). El EEG es una de las técnicas que posee mejor resolución temporal y permite medir la actividad cognitiva en tiempo real en el orden de milisegundos. Las técnicas de EEG utilizan electrodos en el cuero cabelludo para registrar la actividad cortical bioeléctrica en condiciones basales de reposo, sueño o vigilia, y durante diversas activaciones cognitivas o emocionales. En personas con trastornos del aprendizaje, el EEG puede ser útil para identificar una posible disfunción cerebral, como es el caso de los niños donde la excesiva actividad lenta, inferior a 3-4 hz en áreas parietales y occipitales. Sabemos que el aprendizaje está involucrado en la organización de las redes neurales. Las espigas registradas en el EEG durante el sueño son un reflejo importante de la eficiencia de la conectividad córtico-subcortical y al parecer están ligadas a las habilidades relacionadas con la cognición y la memoria (Schabus et al., 2006). Por tanto, las potenciales ventajas del EEG para conocer los mecanismos cerebrales responsables de los procesos cognitivos de aprendizaje/memoria, lenguaje y razonamiento parecen innegables y aplicables al ámbito neuroeducativo.

II. Objetivos

El objetivo general del presente estudio es analizar las relaciones entre el rendimiento académico, las aptitudes intelectuales y el CI (Cociente Intelectual), así como evaluar los cambios funcionales que se producen en diferentes regiones cerebrales corticales mediante EEG durante la resolución de tareas cognitivas en una muestra de jóvenes estudiantes de la ESO.

Las hipótesis planteadas en este estudio son:

- Existirán diferencias en el rendimiento académico y las aptitudes intelectuales valoradas con el test EFAI en la muestra de estudiantes seleccionada relacionadas con el sexo.
- Existirán correlaciones altas y positivas entre el rendimiento académico, el CI y las aptitudes intelectuales en la muestra de estudiantes evaluada.

- Existirán cambios cerebrales regionales durante la ejecución de tareas cognitivas con presencia de ritmos EEG más rápidos en relación a la línea base de actividad en reposo.

III. Método

En el presente estudio se seleccionaron 201 adolescentes que cursaban 3º o 4º de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de la ciudad de Tudela (Navarra). Todos los participantes en el estudio eran menores de edad, así que se solicitaron las autorizaciones correspondientes a sus madres, padres o tutores legales. Establecimos como criterios de exclusión: a) la realización azarosa del test, b) la no realización de alguna de las pruebas del test, y c) la ausencia de calificaciones académicas de los cursos anteriores (estudiantes de otros centros educativos); como consecuencia al realizar el análisis estadístico se eliminaron los datos de 9 sujetos.

Las calificaciones académicas individuales fueron proporcionadas por las secretarías académicas de los centros educativos previa recogida de los Consentimientos Informados. Calculamos la media de las calificaciones académicas de cada asignatura (Lengua y Literatura, Matemáticas, Biología, Lengua Extranjera, Geografía e Historia, y Física y Química). Además, creamos cuatro variables de agrupación: Media Global de calificaciones académicas; Media de Asignaturas Verbales (AV), promedio de las asignaturas de Lengua y Literatura, Lengua Extranjera, Geografía e Historia; Media de Asignaturas No Verbales (ANV), promedio de Matemáticas, Física y Química; Media Ciencias, generada con el promedio de Matemáticas, Física y Química, Biología. Estas agrupaciones se realizaron con el objetivo de analizar las diferencias entre las asignaturas clásicamente clasificadas en la rama de humanidades y en la rama de ciencias.

Para la evaluación de las aptitudes intelectuales se empleó la batería de Evaluación Factorial de las Aptitudes Intelectuales (EFAI-3) (Santamaría, Arribas, Pereña, & Seisdedos, 2014). Esta batería está constituida por 5 escalas de primer orden: Aptitud Espacial, Aptitud Numérica, Aptitud Verbal, Aptitud de Razonamiento Abstracto y Aptitud de Memoria; a través de las cuales se pueden obtener tres escalas de segundo orden: Inteligencia no verbal (INV), Inteligencia verbal (IV) e Inteligencia General (IG). Los autores han definido las escalas de primer orden del siguiente modo: 1) Aptitud Espacial, capacidad y agilidad de imaginar distintos movimientos y transformaciones de un objeto en el espacio; 2) Aptitud Numérica, capacidad de realizar razonamientos con números, y saber utilizarlos de forma metódica, ágil y apropiada, está estrechamente relacionada con conceptos matemáticos básicos, razonamiento aritmético, la resolución

de problemas de la vida diaria y la habilidad para interpretar tablas y gráficas de tipo lógico y abstracto; 3) Razonamiento Abstracto, capacidad que posee el sujeto para generar vínculos entre diversos elementos, y descubrir las relaciones entre conjuntos abstractos complejos, relacionada con el razonamiento lógico y la flexibilidad en la resolución de cuestiones lógicas y abstractas; 4) Aptitud Verbal, capacidad de comprender las sutilezas de la lengua y poseer la habilidad de manejar correctamente datos verbales, evalúa la capacidad del sujeto de percibir y comprender conceptos e ideas expresadas de forma verbal, se relaciona con la riqueza de vocabulario; 5) Memoria, capacidad que presenta el sujeto de retener y consolidar nueva información en su memoria a medio plazo, y la capacidad de recordarla a posteriori de forma fluida, nos indica la destreza que presenta el sujeto para aprender nueva información y almacenarla en la memoria. En relación a las escalas de segundo orden los autores exponen que la IG evalúa la capacidad del sujeto para resolver distintos problemas, los cuales pueden implicar aspectos verbales, numéricos o conceptos abstractos y simbólicos. También valora la agilidad y la aptitud para razonar, así como la capacidad para comprender relaciones y aplicar eficazmente los conocimientos adquiridos. La IV nos indica la capacidad que presenta el sujeto de realizar razonamientos, resolver problemas y trabajar con contenidos con un alto componente cultural (símbolos verbales y numéricos). Finalmente, la INV evalúa la capacidad actual del sujeto para realizar manipulaciones espaciales y razonamientos de patrones geométricos y figuras. También nos informa de la habilidad de resolver problemas figurativos y simbólicos. Por tanto, refleja la capacidad visoperceptiva, analítica y lógica del sujeto.

Para el registro de la actividad cerebral se emplearon tres dispositivos EEG Emotiv EPOC+ como hardware inalámbrico. La medición de la actividad eléctrica cerebral se realiza mediante electrodos de superficie, que digitalizan la suma de potenciales eléctricos que fluyen en la excitación sináptica de las dendritas de millones de neuronas piramidales en las zonas próximas al electrodo. El equipo dispone de 14 electrodos que son colocados en el cráneo utilizando el sistema internacional 10-20, cada uno de los cuales ofrece una señal de actividad cerebral que fue grabada de forma continuada a 256 Hz. Cada dispositivo de registro EEG se colocó en la cabeza de los sujetos situando dos referencias como electrodos de masa a nivel del hueso mastoides izquierdo/derecho. El software EmotivPRO nos permitió la monitorización, adquisición y procesamiento de las señales, previa aplicación de un filtro de 50 Hz para evitar interferencias. El dispositivo detecta señales primarias emitidas en el cerebro, estos tipos de onda interpretados por el sistema EEG se han clasificado en las siguientes bandas de frecuencia: 1) Gamma entre 25-45 hz; 2) Low

Beta entre 12-16 Hz; 3) High Beta entre 16-25 Hz; 4) Alpha entre 8-12 Hz; 5) Theta entre 4-8 Hz. Para analizar los registros EEG, es necesario cuantificar tres elementos para el estudio de la señal eléctrica: frecuencia, voltaje y amplitud de la onda EEG. A posteriori, se realizó un filtrado eliminando las señales de potencia que excedían de $\pm 100 \mu\text{V}$ y que podían estar relacionados con artefactos procedentes de parpadeos o movimientos musculares faciales.

A nivel estadístico, se recopilaron las respuestas de cada sujeto y se calcularon las puntuaciones directas de cada una de las escalas, se normalizaron y transformaron a puntuaciones CI con el objetivo de facilitar su interpretación y la comparación de los resultados, a través de la siguiente fórmula: $\text{puntuación normalizada} * 15 + 100$. Posteriormente, se utilizó el programa estadístico IBM SPSS Statistics (versión 25) para proceder al análisis de datos estadístico. El análisis de fiabilidad de las escalas que conforman el test EFAI-3 se realizó por medio del índice α -Cronbach. Empleamos los estadísticos de asimetría y curtosis para el estudio de la distribución de todas las variables, y la prueba de Levene para analizar la normalidad y homogeneidad de varianzas. El análisis de comparación de medias se realizó a través de la prueba *t* de Student. El tamaño del efecto también fue calculado con la *d* de Cohen. Finalmente, se estudiaron las relaciones entre las variables calculando la correlación de Pearson ($p < 0.05$).

Las frecuencias de ondas EEG se realizaron utilizando el algoritmo de Transformada Rápida de Fourier (FFT) (resolución 0,125 Hz) y se calculó la densidad espectral de potencia absoluta ($\mu\text{V}^2/\text{Hz}$) para los ritmos theta (4-8 Hz), alfa (8-12 Hz), beta (12-25 Hz) y gamma (+25 Hz).

IV. Resultados

El estudio analizó los datos de una muestra de 192 adolescentes, entre los que encontramos 79 chicos (41.1%) y 113 chicas (58.9%), con un rango de edad entre 13 y 17 años (media=14.56, desviación típica =.78), sin existir diferencias de edad entre los estudiantes que componen la muestra.

Respecto a los resultados del test EFAI-3, transformados a puntuaciones CI, se observa una distribución normal en todas las variables a excepción de la escala de Memoria. Los índices de fiabilidad obtenidos son menores en comparación a los descritos en el manual del test. Se realizó un análisis estadístico de todas las escalas a través de la prueba de Levene, cuyos resultados nos permitieron asumir varianzas iguales. Se observaron diferencias significativas entre sexos en las escalas Espacial

($p=.045$) y Numérica ($p=.007$), en ambos casos son los chicos quienes obtienen mayores puntuaciones. En el resto de escalas que conforman el test, no se observan diferencias estadísticamente significativas. Dado que la escala de Memoria no mostró una distribución normal, la comparación de medias de dicha escala se realizó a través de la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney (.545). Debemos destacar el valor medio del tamaño del efecto en las escalas Espacial (.296), Numérica (.396), Inteligencia Verbal (.287) y CI (.233). En relación al rendimiento académico observamos que la muestra sigue una distribución normal en todas las variables, tanto en las notas directas como en las agrupaciones realizadas por áreas de conocimiento. Los valores de asimetría y curtosis, nos permiten asumir una distribución normal de la muestra en todas las asignaturas. Los resultados de la prueba de Levene nos permitieron asumir varianzas iguales en Biología, y Física y Química. En relación a las diferencias entre sexos, se observaron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables a excepción de Matemáticas, en todos los casos fueron las chicas quienes obtuvieron mayor rendimiento. Además, en todas las asignaturas se observa un tamaño del efecto medio-alto.

Posteriormente, realizamos un estudio correlacional para valorar el grado de relación entre las variables de medida evaluadas. Existen correlaciones significativas entre las asignaturas y las escalas del EFAI-3, observándose la correlación más elevada entre la Media ANV y la escala de Razonamiento (.90**), el resto de correlaciones son significativas y se encuentran entre los valores .152** (correlación obtenida entre Media Ciencias y Aptitud Espacial) y .542** (correlación obtenida entre Media ANV e IV). Sin embargo, la escala Espacial solamente correlaciona de forma significativa con Matemáticas, Media ANV y Media Ciencias. También debemos mencionar Biología como la asignatura con menor número de correlaciones significativas, solamente se observan correlaciones significativas con las escalas: Numérica, Verbal, Inteligencia Verbal y CI.

Respecto a la actividad EEG observamos que los diferentes patrones de ondas EEG cambiaron significativamente entre la línea base con ojos cerrados y ojos abiertos (ondas alfa en ambas regiones occipitales -O1 y O2-), así como entre estos dos estados y la fase experimental en la que se realizaron tareas cognitivas. Las comparaciones entre línea base y la actividad cortical durante la ejecución de las pruebas puso de manifiesto una predominancia de ritmos EEG rápidos en regiones frontales y parieto-temporales. En concreto, las pruebas de Aptitud Espacial y Razonamiento Abstracto activaron diferencialmente los canales parietales y temporales sobre todo del hemisferio derecho, mientras que las pruebas de Aptitud Numérica mostraron una activación lateralizada en el parietal y frontal del hemisferio derecho (P8, F8), las pruebas de Aptitud Verbal

mostraron una activación significativa de regiones frontales, parietales y temporales del hemisferio izquierdo (FC5, P7 y T7). Sin embargo, la prueba de memoria mostró una activación bi-hemisférica a nivel occipital, y fronto-temporal.

V. Discusión y Conclusiones

En el presente estudio se ha analizado la relación entre las aptitudes intelectuales, valoradas a través de la batería de *Evaluación Factorial de las Aptitudes Intelectuales* (EFAI-3), con el rendimiento académico y su relación con el CI en una muestra amplia de estudiantes de tercero y cuarto de la ESO de la ciudad de Tudela.

En primer lugar, se realizó el análisis descriptivo de las puntuaciones obtenidas para las escalas que conforman el test. Los resultados obtenidos muestran sutiles diferencias entre los índices de fiabilidad calculados a través de las respuestas de la muestra del estudio y los calculados por los autores del test (Santamaría et al., 2014). Esta pequeña discrepancia entre los valores, podrían explicarse por las diferencias de tamaño muestral, que fue mayor en el estudio original de validación que en el presente trabajo.

En los factores de primer orden, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos en las aptitudes espacial y numérica, en ambos casos los chicos obtuvieron mejores resultados. Resultados similares encontraron Berkowitz y Stern (2018), quienes observaron un rendimiento diferencial entre sexos en aptitud espacial a favor de los hombres, aunque en ningún caso estas diferencias llegaron a ser significativas. En contraposición, encontramos las conclusiones de los meta-análisis realizados por Linn y Petersen (1985) y Voyer, Voyer, y Bryden (1995). Estos autores confirmaron la existencia de diferencias significativas entre hombres y mujeres en la aptitud espacial; no obstante, observaron que estas diferencias han disminuido en los últimos años, y que dependen del test utilizado para medir la aptitud. En relación a la aptitud numérica, los resultados obtenidos concuerdan con la evidencia conocida. En un meta-análisis realizado por Hyde, Fennema y Lamon (1990), se observó un mayor rendimiento de los hombres; sin embargo, el tamaño del efecto de dichas diferencias era pequeño. El resto de aptitudes no muestran diferencias significativas entre sexos, hecho que concuerda con los enfoques actuales sobre las diferencias de género. Hyde (2005) analizó los resultados de aproximadamente 40 meta-análisis, analizando diferencias de género en relación a distintos constructos psicológicos. Analizando el tamaño del efecto, observó que solamente existían diferencias desta-

cables en: aspectos motrices, algunos aspectos de la sexualidad y en agresividad; siendo este índice de valor pequeño o muy pequeño. Estas observaciones, van en la línea de los resultados obtenidos en nuestro estudio, aportan evidencias a favor de la Gender Similarities Hypothesis, la cual sustenta que hombres y mujeres son similares en la mayoría, pero no en todas, las dimensiones psicológicas.

Respecto al rendimiento académico, los datos revelan una diferencia considerable entre ambos sexos. Las chicas obtuvieron calificaciones académicas significativamente mejores que los chicos en todas las asignaturas, a excepción de matemáticas. Estos hallazgos coinciden con los observados por los trabajos de Deary et al. (2007), Fergusson y Horwood (1997) y Petrides et al. (2005), quienes también observaron diferencias significativas en el rendimiento académico entre sexos, siendo las chicas quienes obtuvieron mejores resultados. En todos ellos se afirma que las diferencias halladas en el rendimiento académico entre sexos no se explican por la existencia de diferencias en aptitudes intelectuales o inteligencia entre ambos grupos. Dado que, en consonancia con observaciones previas, sabemos que la inteligencia general (IG) es la variable que correlaciona más alto con el rendimiento académico (Colom & Flores-Mendoza, 2007; I. J. Deary et al., 2007; Mayes, Calhoun, Bixler, & Zimmerman, 2009).

En relación a las escalas de primer orden, destacan las correlaciones obtenidas entre las pruebas de aptitud verbal y numérica, las cuales conforman el índice de inteligencia verbal (IV), siendo la aptitud verbal un buen predictor de rendimiento académico. Estos resultados también coinciden con los observados en los estudios de Gilles y Bailleux (2001), Leeson, Ciarrochi, y Heaven (2008) y Miñano y Castejón (2011), quienes encontraron correlaciones significativas entre las capacidades verbales y el rendimiento académico. Más concretamente debemos destacar el estudio de Miñano, Cantero y Castejón (2008), dado que también se realizó con una muestra española, en este caso con alumnos de primero de la ESO. En este estudio se analizaron la aptitud numérica, verbal y espacial, en relación a las asignaturas de lengua y matemáticas. Las correlaciones obtenidas entre las asignaturas y aptitudes mencionadas son prácticamente iguales a las de nuestro estudio, con la excepción, de la aptitud espacial. Las correlaciones obtenidas en este estudio, entre el rendimiento académico y la aptitud espacial, fueron altas y significativas. En cambio, en nuestro estudio las correlaciones entre la aptitud espacial y el rendimiento en la asignatura de lengua y literatura no eran significativas, y la correlación entre la aptitud espacial y el rendimiento en matemáticas fue mucho más bajo. Una situación similar se observa con los resultados del estudio de Berkowitz y Stern (2018), los cuales concu-

erdan, parcialmente, con los de nuestra investigación. En su estudio las aptitudes verbal y numérica también mostraron altas correlaciones con el rendimiento académico. Sin embargo, sus resultados mostraron correlaciones significativas entre el rendimiento académico y la aptitud espacial, correlaciones que no se observan en nuestro estudio.

Una posible explicación de las diferencias de los resultados en aptitud espacial entre nuestro estudio y los mencionados, es el uso de distintas herramientas para evaluar dicha aptitud. Sin embargo, los estudios analizados no emplearon los mismos instrumentos (ej.: BADyG, Spatial-Relation task, Paper Folding Test, Mental Rotation Test) y obtuvieron resultados similares, coincidiendo en que la aptitud espacial es un fuerte predictor del rendimiento académico, sobre todo en relación a las asignaturas de ciencias. Por consiguiente, es importante destacar que la fiabilidad de la prueba de aptitud espacial, fue la segunda más baja en el estudio realizado por los autores del EFAI (Santamaría et al., 2014), y la más baja en el análisis de fiabilidad del presente estudio. Asimismo, en relación a la validez de dicha prueba, los autores también observaron que era la prueba con una menor correlación con el rendimiento académico. En consecuencia, debemos mencionar que todas estas evidencias podrían ser indicativas de que la prueba de aptitud espacial del EFAI-3 debería revisarse.

En este trabajo, también se ha estudiado de forma aislada las correlaciones en función del sexo de la muestra. El estudio general de las relaciones entre las notas de las asignaturas que determinan el rendimiento académico y las puntuaciones obtenidas en las diferentes aptitudes intelectuales medidas con el EFAI-3 en el sexo femenino, mostraron correlaciones altas y significativas en la mayoría de los casos; en cambio, el sexo masculino obtuvo correlaciones menores y algunas no significativas. Un hallazgo interesante que se debe destacar fue que a pesar de que las chicas obtuvieran puntuaciones inferiores en la prueba de aptitud espacial, obtuvieron correlaciones significativas en la asignatura de matemáticas, media global, media AV y media ANV. En cambio, los chicos no obtuvieron ninguna correlación significativa en relación con esta aptitud. El mismo suceso ocurre con la aptitud de razonamiento, el grupo de chicas obtuvo correlaciones significativas con la mayoría de asignaturas; sin embargo, en el grupo de chicos no se observó ninguna correlación significativa. Aunando toda la información expuesta y los resultados del presente estudio, podemos hipotetizar la existencia de un conjunto de variables, no relacionadas con las aptitudes intelectuales ni la inteligencia, como la motivación o la personalidad, que ejercen un importante impacto sobre el rendimiento académico de los chicos durante el desarrollo de los cursos escolares de tercero y cuarto de la ESO.

El análisis de los mecanismos neurofisiológicos asociados a diferentes procesos cognitivos precisa de métodos de investigación y técnicas de análisis que permitan conocer la actividad del cerebro ante ciertas tareas o eventos. Las técnicas de registro psicofisiológico tienen la capacidad de estudiar los patrones temporales asociados a procesos cognitivos mediante el estudio de potenciales evocados, así como la relación entre procesos sensoriales y respuestas motoras (Fernández et al., 1999; Ortiz, Goodin, & Aminoff, 1993). El EEG permite registrar estos potenciales postsinápticos excitatorios en grandes poblaciones de dendritas a nivel cortical, generando un registro continuo de la actividad cerebral (Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2006).

Nuestros resultados coinciden con estudios anteriores donde se han reportado correlaciones significativas entre inteligencia y EEG, tanto en tareas de atención visuoespacial (Jaušovec & Jaušovec, 2000), procesos de aprendizaje y memoria de trabajo (Jaušovec & Jaušovec, 2004, 2012), o tareas de razonamiento abstracto complejo (Benedek, Bergner, Könen, Fink, & Neubauer, 2011). También se ha estudiado mediante técnicas de potenciales evocados, las relaciones entre los procesos de aprendizaje y memoria, y el nivel de ejecución de tareas de inteligencia fluida (test de Raven). En concreto, la presencia de mayor amplitud y menor latencia de ondas P300 parece estar relacionada a mejores índices de memoria e inteligencia fluida localizadas en regiones parietales y mediales (Amin, Malik, Kamel, Chooi, & Hussain, 2015). Otros estudios adicionales, han descrito diferencias en la actividad cerebral mediante EEG en tareas que implican a la memoria de trabajo y una mayor interconectividad entre regiones corticales dependiendo de su complejidad (Jaušovec & Jaušovec, 2004; Jin, Kwon, Jeong, Kwon, & Shin, 2006), o del contenido de la información a resolver, como problemas matemáticos (O'Boyle, Alexander, & Benbow, 1991).

En conclusión, los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos, a favor de los chicos, en aptitud espacial y aptitud numérica. En relación al rendimiento académico, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre sexos en lengua y literatura, biología, lengua extranjera, geografía e historia, física y química; también en agrupaciones de asignaturas (verbales, no verbales y media global), el rendimiento fue mayor en el sexo femenino. El estudio de relación entre las variables nos permitió detectar correlaciones significativas entre la mayoría de aptitudes cognitivas evaluadas y las variables de rendimiento académico. A nivel EEG, detectamos cambios funcionales relevantes en la actividad cerebral en reposo y durante la ejecución de tareas cognitivas, consistentes en la aparición de ritmos EEG rápidos y localizados en redes corticales frontales y parieto-temporales. Estos cambios funciona-

les deben facilitar un mejor proceso de adquisición de la información y resolución de tareas, basado en una mejor conectividad y una mayor eficiencia neuronal.

VI. Agradecimientos

Ayudas a la Investigación 2019 concedida por la UNED-Tudela, Obra Social "la Caixa" y Fundación Caja Navarra.

Departamento de Universidad, Innovación y Transformación Digital del Gobierno de Navarra: "Convocatoria de Subvenciones a Proyectos de Investigación y Transferencia del Conocimiento a realizar en centros educativos financiados con fondos públicos del año 2019".

VII. Bibliografía

- Amin, H. U., Malik, A. S., Kamel, N., Chooi, W.-T., & Hussain, M. (2015). P300 correlates with learning & memory abilities and fluid intelligence. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 12(1), 1-14.
- Benedek, M., Bergner, S., Könen, T., Fink, A., & Neubauer, A. C. (2011). EEG alpha synchronization is related to top-down processing in convergent and divergent thinking. *Neuropsychologia*, 49(12), 3505-3511.
- Berkowitz Biran, M., & Stern, E. (2018). Which Cognitive Abilities Make the Difference? Predicting Academic Achievements in Advanced. *Journal of Intelligence*, 6(4), 48.
- Chamorro-Premuzic, T., & Furnham, A. (2006). Self-assessed intelligence and academic performance. *Educational Psychology*, 26(6), 769-779.
- Collins, D. W., & Rourke, B. P. (2003). Learning-disabled brains: A review of the literature. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25(7), 1011-1034.
- Colom, R., & Flores-Mendoza, C. E. (2007). Intelligence predicts scholastic achievement irrespective of SES factors: Evidence from Brazil. *Intelligence*, 35(3), 243-251.
- Deary, I. Strand. S., Smith, P., and Fernandes, C. 2007. *Intelligence and educational achievement. Intelligence*, 35, 13-12.
- Deary, I., Strand, S., Smith, P., & Fernandes, C. (2007). Intelligence and educational achievement. *Intelligence*, 35(1), 13-21.
- Deary, I. J., Strand, S., Smith, P., & Fernandes, C. (2007). Intelligence and educational achievement. *Intelligence*, 35(1), 13-21.
- Del Rosal, Á. B., Hernández-Jorge, C. M., & Sierra, M. A. G. (2012). Achievement predictors in a secondary students' sample. *Quality & Quantity*, 46(6), 1687-1697.
- Fergusson, D. M., & Horwood, L. J. (1997). Gender differences in educational achievement in a New Zealand birth cohort. *New Zealand Journal of Educational Studies*, 32, 83-96.

- Fernández, A., Ortiz, T., Maestú, F., Martínez, E., Robles, J. I., & De León, M. G. (1999). Diferencias en potenciales evocados de larga latencia y respuesta motriz en sujetos con alto y bajo CI. *Psicothema*, 53-63.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. (2006). *Cognitive Neuroscience. The biology of the mind*, (2014): Norton: New York.
- Gilles, P.-Y., & Bailleux, C. (2001). Personality traits and abilities as predictors of academic achievement. *European Journal of Psychology of Education*, 16(1), 3-15.
- González Barbera, C. (2004). *Factores determinantes del bajo rendimiento académico en educación secundaria*: Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.
- Hyde, J. S. (2005). The gender similarities hypothesis. *American psychologist*, 60(6), 581.
- Hyde, J. S., Fennema, E., & Lamon, S. J. (1990). Gender differences in mathematics performance: a meta-analysis. *Psychological bulletin*, 107(2), 139.
- Jaušovec, N., & Jaušovec, K. (2000). Differences in event-related and induced brain oscillations in the theta and alpha frequency bands related to human intelligence. *Neuroscience letters*, 293(3), 191-194.
- Jaušovec, N., & Jaušovec, K. (2004). Differences in induced brain activity during the performance of learning and working-memory tasks related to intelligence. *Brain and Cognition*, 54(1), 65-74.
- Jaušovec, N., & Jaušovec, K. (2012). Working memory training: improving intelligence—changing brain activity. *Brain and Cognition*, 79(2), 96-106.
- Jin, S.-H., Kwon, Y.-J., Jeong, J.-S., Kwon, S.-W., & Shin, D.-H. (2006). Differences in brain information transmission between gifted and normal children during scientific hypothesis generation. *Brain and Cognition*, 62(3), 191-197.
- Laidra, K., Pullmann, H., & Allik, J. (2007). Personality and intelligence as predictors of academic achievement: A cross-sectional study from elementary to secondary school. *Personality and individual differences*, 42(3), 441-451.
- Leeson, P., Ciarrochi, J., & Heaven, P. C. (2008). Cognitive ability, personality, and academic performance in adolescence. *Personality and individual differences*, 45(7), 630-635.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child development*, 1479-1498.
- Luengo, L. O. S. (2015). *Rendimiento académico de los estudiantes de secundaria obligatoria y su relación con las aptitudes mentales y las actitudes ante el estudio*. UNED. Universidad Nacional de Educación a Distancia (España).
- Mayes, S. D., Calhoun, S. L., Bixler, E. O., & Zimmerman, D. N. (2009). IQ and neuropsychological predictors of academic achievement. *Learning and Individual Differences*, 19(2), 238-241.
- Migues, A. R., Uzquiano, M. P., & Lozano, A. B. (2010). Cambios en las variables predictoras del rendimiento escolar en Enseñanza Secundaria. *Psicothema*, 22(4), 790-796.
- Ministerio de Educación, C. y D. (2014). *Informe 2014 sobre el Estado del Sistema Educativo*. Madrid: Secretaría General Técnica. Subdirección General de Documentación y Publicaciones (M. S. G. T. S. G. d. D. y Publicaciones. Ed.): Madrid: Secretaría General Técnica. Subdirección General de Documentación y Publicaciones. Recuperado de <https://sede.educacion.gob.es/publivena/>

- Miñano, P., Cantero, M. P., & Castejón, J. L. (2008). Predicción del rendimiento escolar de los alumnos a partir de las aptitudes, el autoconcepto académico y las atribuciones causales. *Horizontes educacionales*, 13(2), 11-23.
- Miñano, P., & Castejón, J. L. (2011). Variables cognitivas y motivacionales en el rendimiento académico en Lengua y Matemáticas: un modelo estructural. *Revista de psicodidáctica*, 16(2), 203-230.
- Muelas, Á., & Beltrán, J. A. (2011). Variables influyentes en el rendimiento académico de los estudiantes. *Revista de Psicología de la Educación*, 6.
- O'Boyle, M. W., Alexander, J. E., & Benbow, C. P. (1991). Enhanced right hemisphere activation in the mathematically precocious: A preliminary EEG investigation. *Brain and Cognition*, 17(2), 138-153.
- Ortiz, T. A., Goodin, D. S., & Aminoff, M. J. (1993). Neural processing in a three-choice reaction-time task: a study using cerebral evoked-potentials and single-trial analysis in normal humans. *Journal of Neurophysiology*, 69(5), 1499-1512.
- Petrides, K. V., Chamorro-Premuzic, T., Frederickson, N., & Furnham, A. (2005). Explaining individual differences in scholastic behaviour and achievement. *British journal of educational psychology*, 75(2), 239-255.
- Santamaría, P., Arribas, D., Pereña, J., & Seisdedos, N. (2014). *EFAI: Evaluación factorial de las aptitudes intelectuales*: TEA Ediciones Madrid.
- Schabus, M., Hödlmoser, K., Gruber, G., Sauter, C., Anderer, P., Klösch, G., . . . Zeithofer, J. (2006). Sleep spindle-related activity in the human EEG and its relation to general cognitive and learning abilities. *European Journal of Neuroscience*, 23(7), 1738-1746.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: a meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological bulletin*, 117(2), 250.