



Grado en Psicología
Trabajo de Fin de Grado
Curso 2016/2017
Convocatoria Junio

Modalidad: Trabajo descriptivo correlacional relacionado con la titulación.

Título: Estudio de la P300 y su relación con la memoria de trabajo en jóvenes

Autor: Ismael Roca Sola.

Tutora: Olga Pellicer Porcar

Elche a 14 de Junio del 2017

Índice:

1.Resumen.....	3
2. Introducción.	4
3. Material y Método.....	7
3.1.Participantes.....	7
3.2.Materiales.....	7
3.3.Procedimiento.....	9
3.3.1.Registro electrofisiológico.....	10
3.3.2. Análisis estadísticos.....	11
4.Resultados.....	11
5.Discusión.....	15
6.Conclusiones.....	17
7.Referencias bibliográficas.	18
Figura1.....	10
Tabla 1.....	11
Tabla 2.....	13
Tabla 3.....	14
Tabla 4.....	14

Resumen

Introducción: El estudio de la cognición humana ha hecho que las técnicas para su conocimiento hayan tenido que evolucionar. Actualmente una de las técnicas más utilizadas es el registro de potenciales evocados. El objetivo del presente trabajo es utilizar dicha técnica para generar el componente P300, y evaluar la memoria de trabajo para ver si la amplitud de dicho componente correlaciona con las pruebas neuropsicológicas y por tanto se le puede considerar como un indicador neurofisiológico de la memoria de trabajo.

Método: Se evaluó mediante la técnica de potenciales evocados y las pruebas neuropsicológicas Test de Corsi y Dígitos Directos e Inversos a 23 participantes.

Resultados: El modelo final resultó significativo y explicaba un 46.8 % de la varianza de la amplitud del componente P300. La variable que más aportó fue *Corsi Inverso*, seguida de *Corsi Directo* y *Dígitos Directos* y finalmente, *Dígitos Inversos*.

Conclusión: Los datos obtenidos corroboran estudios anteriores sobre la relación entre la amplitud del componente P300 y la memoria de trabajo. Pudiéndose así utilizar dicho componente como medida neurofisiológica para futuras investigaciones.

Palabras clave: P300; Memoria de Trabajo; Potenciales Evocados; Paradigma Oddball; Test de Corsi; Dígitos Directos e Inversos.

Introducción:

La cognición humana ha sido y es uno de los principales objetos de estudio de la investigación psicológica, por ello se ha tenido que hacer uso de distintas técnicas para poder indagar en su conocimiento. Una de las técnicas que ha ganado fuerza y relevancia últimamente es el registro de potenciales evocados. Esta técnica ha resultado ser de gran utilidad y su uso se ha extendido a diversos aspectos de la psicología cognitiva como son: atención, procesamiento de la información, memoria, comprensión del lenguaje, procesos emocionales, entre otros.

Los potenciales evocados son definidos por Coles y Rugg (1995) como fluctuaciones en el voltaje del electroencefalograma (EEG) provocadas por sucesos sensoriales, motores o cognitivos. Se ha observado que después de la presentación de un estímulo o la realización de alguna tarea se producen cambios constantes en el EEG. Los cambios observados adoptan la forma de picos o valles y nos aportan información acerca de los procesos cognitivos que subyacen. La esencia fisiológica de los potenciales evocados se basa en la actividad eléctrica registrada en el cuero cabelludo, ésta es la suma de los potenciales post-sinápticos generados por la despolarización e hiperpolarización de las células cerebrales.

En lo que respecta a la terminología que se utiliza para nombrar a un potencial evocado concreto es muy variada. En este trabajo nos referiremos a la onda que estudiamos como componente P300. ¿Pero, qué es un componente? Algunos autores definen componente como algo diferente de un pico o una onda. Lo definen como una porción del registro de la actividad eléctrica cerebral, que es sensible a una manipulación experimental, y que se considera un reflejo de un proceso particular o de un grupo de procesos. Por tanto, un componente puede ser tanto un único pico como una secuencia de picos (Coles, Gratton y Fabiani, 1990).

El registro de potenciales evocados y el de EEG espontáneo en esencia es igual. No obstante, existen ciertos aspectos diferenciales en el proceso que nos permite obtener cada uno de ellos. La diferencia más relevante entre ambos hace referencia a su generación. Ya que un potencial evocado recoge la actividad eléctrica cerebral provocada por la presentación de un estímulo externo, por lo que será necesaria bien la exposición de un estímulo, bien la realización de una determinada tarea, necesaria para que el potencial evocado aparezca (Núñez-Peña et al., 2004).

El componente que nos interesa registrar en este trabajo es la P300, dicho componente está compuesto por una serie de picos positivos, los cuales, pese a presentar diversas diferencias entre ellos, también presentan diversos elementos comunes. En primer lugar

este componente suele aparecer ante estímulos inesperados que son relevantes para la tarea que tiene que llevar a cabo el sujeto. En segundo, su latencia varía dependiendo de la dificultad de la tarea. En tercero, su amplitud se ve modulada por el grado de expectación que el sujeto tiene de un determinado estímulo (Núñez-Peña et al., 2004).

El componente P300 se ha utilizado en una gran variedad de aplicaciones teóricas, empíricas y clínicas. Dicho componente se obtiene utilizando el llamado paradigma oddball, donde dos estímulos, uno de mayor probabilidad que el otro, se presentan en orden aleatorio. El sujeto tiene que discriminar el estímulo infrecuente, del frecuente, apretando un pulsador.

El conocimiento de las estructuras generadoras del potencial P300 se ha intentado llevar a cabo mediante registros intracraneales, estudios de pacientes con accidentes cerebrovasculares, estudios en animales, así como también registros magneto encefalográficos y pruebas de imagen (Valiño, 2016).

Hamsenne (2000) citado por (Valiño, 2016) afirma que la localización de las áreas implicadas en la generación del potencial P300, aun no están totalmente determinadas.

La mayor dificultad encontrada para identificar estas áreas se debe al probable carácter difuso de las estructuras que lo generan, que son diferentes fuentes neuronales. El hecho de que la P300 muestra una latencia uniforme desde distintas zonas de registro hace pensar que es originada por la activación de varias regiones cerebrales, relativamente independientes, o que más bien es generada por un sistema integrado central con amplias conexiones (Valiño, 2016).

La generación del componente P300 implica a diferente estructuras cerebrales que, aunque interconectadas, se activarían simultáneamente como consecuencia de la implicación de diversas operaciones cognitivas relacionadas con la atención y con la actualización de la memoria de trabajo (Valiño, 2016).

Según Tarkka (1996); Escera (1997); Campanella (2006) y Li (2012) pese a que no existe un total consenso parece ser que se pueden considerar como posibles fuentes de dicho potencial a: el lóbulo temporal medial, estructuras del hipocampo, amígdala, la circunvolución cingulada anterior y corteza prefrontal, así como las áreas inferiores de los lóbulos parietales (Valiño, 2016, p.64).

Puesto que los procesos cognitivos se supone que están relacionados con la actividad eléctrica cerebral y los potenciales evocados son fluctuaciones del potencial eléctrico que se genera en el cerebro ante la presentación de un estímulo, parece posible inferir que los

potenciales evocados son un instrumento adecuado para ayudar a comprender el sistema cognitivo humano (Núñez-Peña, 2004). No obstante, a pesar de su significado funcional constituye un debate abierto en la actualidad, existe un amplio consenso al pensar que el significado funcional, que en este caso se le atribuye a la P300, abarca multitud de procesos cognitivos, y más concretamente se ha relacionado profusamente con la atención, la memoria y el procesamiento de estímulos afectivos. En este sentido la amplitud como componente cuantificable de la P300, parece representar diferentes aspectos de la actividad cognitiva. La amplitud del componente P300 está relacionada con el nivel de concentración de la atención hacia el estímulo infrecuente que origina dicho componente, con los mecanismos de memoria y las operaciones cognitivas necesarias para ubicar la atención sobre dicho estímulo y procesarlo para su posterior utilización. Es decir, la variación de la amplitud está vinculada al trabajo de actualización de la memoria, es decir a la memoria de trabajo (Valiño, 2016). La memoria a corto plazo o memoria de trabajo es la que guarda y procesa durante un corto periodo de tiempo la información que procede de los registros sensoriales y actúa sobre ellos y sobre otros. Esta memoria nos permite recordar la información pero, es limitada y susceptible de interferencias. Esta vulnerabilidad del proceso le imprime un carácter de enorme flexibilidad, que nos permite estar abiertos a la recepción de nueva información (Etchepareborda y Abad-Mas, 2005). Si interpretamos el componente P300 gráficamente, nos proporciona información a través de su amplitud de la asignación de los recursos atencionales y a través de su latencia de la evaluación del estímulo (Núñez-Peña et al., 2004).

Hay diversos estudios que exploran la posibilidad de que la amplitud de la P300 sea un índice de memoria de trabajo, dichos estudios fueron llevados a cabo por Roca, Presentación Herrero, Miranda-Casas, Mulas y Ortiz-Sánchez (2014) y Roca et al. (2012) en adolescentes y niños con TDAH respectivamente. En el estudio de Roca et al. (2014) se encontró una correlación negativa entre la amplitud de la P300 y el índice de memoria de trabajo del BRIEF-P. Dicha correlación apuntaría que una mayor amplitud de la P300 se asociaría a menores dificultades de memoria de trabajo en la vida diaria. El estudio de Roca et al. (2012) confirma lo mencionado en el anterior estudio, y es que, se encontraron altas correlaciones significativas en los índices del BRIEF. Los índices que mostraban correlaciones más significativas fueron: inhibición, memoria de trabajo, planificación y autocontrol-monitorización. Apuntando así a confirmar que existe una relación entre la disminución de la amplitud de la P300 y la alteración de la memoria de trabajo.

Como se ha dicho en el párrafo anterior, se cree que el componente P300 es un índice de la memoria de trabajo, aunque no existen estudios llevados a cabo con muestra sana que

relacionen este componente con la memoria de trabajo, por tanto el objetivo del siguiente trabajo es estudiar dicha relación en una muestra de sujetos jóvenes y sanos.

Material y Método:

Participantes:

La muestra estuvo compuesta por un total de 23 participantes con una media de edad 22,43 y desviación típica 3,85. La proporción de sexo fue de 47,8% hombres y 52,2% mujeres. Cada candidato fue entrevistado para comprobar que se cumplían las condiciones idóneas para participar en la investigación. De este modo, como criterios de exclusión se establecieron: el consumo de más de diez cigarrillos por día, abuso de alcohol u otro tipo de drogas, ser ambidiestro o zurdo, la presencia de problemas visuales o auditivos no corregidos, así como padecer alguna patología neurológica, psiquiátrica, endocrina o cardiovascular, el consumo de fármacos que pudiesen interferir en la función cognitiva (ej., benzodiazepinas), haber estado sometido a anestesia general en los últimos seis meses o la presencia de un acontecimiento vital estresante en este mismo período de tiempo.

Materiales:

La variable dependiente, de tipo cuantitativa, la llamamos *Amplitud de la P300*, y se define según Artieda, Iriarte y Martín (2012) como el valor máximo (positivo o negativo) a la línea base o desde éste al pico de la onda previa o posterior. Según Jonh Polich (2007) las demandas cognitivas durante el procesamiento de la tarea influyen en la P300 de la forma descrita a continuación. Se ha comprobado que el tamaño de los componentes es pequeño para las presentaciones de un estímulo relativamente rápido, mientras que para estímulos que ocurren en intervalos más largos obtienen una amplitud mucho más grande. Esta afirmación está en consonancia con el vínculo existente entre el componente P300 y el procesamiento atencional de los eventos relacionados con el procesamiento de la memoria. La técnica utilizada para su evaluación fue la de Potenciales Evocados y el EEG (Ballesteros, Molina, Mendez y Martínez, 2017).

Por otro lado, las variables independientes fueron las siguientes:

La primera de ellas es, la variable *Memoria Verbal Inmediata*, de tipo cuantitativa, que según Ballesteros (1999) es una parte de la memoria de trabajo encargada de conservar transitoriamente la información que recibimos por el canal auditivo. Esta variable será evaluada con la parte de Dígitos Directos de la prueba descrita más adelante.

La segunda variable es, *Memoria de trabajo*, de tipo cuantitativa, esta variable es definida por Baddeley (1983) como un mecanismo de almacenamiento temporal que nos permite

recordar información, sin embargo, es limitada y vulnerable a las interferencias. Está vulnerabilidad le otorga un carácter de gran flexibilidad, que nos permite estar siempre abiertos a la recepción de nueva información (Etchepareborda y Abad-Mas 2005). Esta variable será evaluada mediante la parte de Dígitos Inversos de la prueba descrita a continuación:

Dígitos Directos e Inversos (*Wechsler Memory Scale - WMS-IV, Wechsler, 2013 a y b*)

Según Tamayo et al. (2012) esta es una tarea de atención y memoria compuesta por 2 partes. En la primera el sujeto debe repetir una secuencia cada vez mayor de números en el mismo orden en el que se le exponen y, en la segunda, en el orden inverso a la presentación.

La versión directa es considerada una medida de la eficacia de la atención verbal, más que de la memoria. Sin embargo, la tarea de dígitos inversos conlleva un rastreo mental en el que intervienen procesos verbales y visuales, así como la memoria de trabajo. La prueba se administró siguiendo las siguientes normas:

- El participante posee dos intentos por cada elemento (compuesto por dos ítems), hubiese o no error en el primer intento.
- Se puntúa el último ítem realizado que equivale al elemento.
- El rango de puntuaciones es de 0 a 9 para los Dígitos directos, y de 0 a 8 para los inversos. Luego existe una puntuación total, que es la suma de las puntuaciones obtenidas en ambas tareas.

Por último, la última variable, *Memoria Visuoespacial*, de tipo cuantitativo, definida por Darlington, Barceló, Fernández y Rubia (1999) como la responsable del registro y el almacenamiento de los aspectos espaciales de la información visual. Esta variable será evaluada mediante la siguiente prueba.

Test de Corsi (*Wechsler Memory Scale - WMS-IV, Wechsler, 2013 a y b*)

Siguiendo la misma dinámica Tamayo et al. (2012) afirman que esta es una tarea de memoria espacial y memoria de trabajo visual. La prueba hace uso de un tablero con 9 cubos distribuidos aleatoriamente, y consta de 2 partes. En la primera, el participante debe reproducir en el mismo orden una secuencia realizada por el evaluador; en la segunda, el sujeto de realizar inversamente la secuencia realizada. . La prueba se administró siguiendo las siguientes normas para ambas partes:

- Hay dos administraciones para cada elemento de la prueba (compuesto por 2 ítems), sin tener en cuenta si el participante cometía error o no.

- El elemento no se corresponde con el último ítem realizado correctamente. Para obtenerlo hay que sumar 1 punto a este último.
- El rango de puntuaciones para el elemento tanto en orden directo como inverso va de 0 a 9.

Procedimiento:

En primer lugar, se llevó a cabo una revisión bibliográfica sobre la técnica de los potenciales evocados, la onda P300 y la relación que tiene esta última con la memoria de trabajo. A continuación, se seleccionaron los instrumentos que se iban a utilizar en la investigación en base a su disponibilidad y brevedad de aplicación. Además, también se elaboró un consentimiento informado para que los participantes pudiesen participar en la investigación, en el cual se les indicaba que su participación era completamente voluntaria por lo cual si en algún momento del proceso no deseaban continuar, podrían solicitar el cese de la misma, así como también se les hizo saber que la totalidad de los datos obtenidos en el estudio serían tratados con estricta confidencialidad de acuerdo con la normativa vigente.

Respecto al muestreo de los participantes, se llevó a cabo de modo casual, se acudió a las aulas de Psicología de la Universidad Miguel Hernández de Elche para pedir la colaboración de los estudiantes, reclutando finalmente un total de 23 participantes. La recogida de datos se realizó de forma supervisada por un evaluador y un investigador, informando previamente sobre el objetivo de la investigación y la confidencialidad de los datos. Por otro lado, no hubo límite de tiempo para la administración de las pruebas utilizadas.

Una vez los participantes fueron admitidos en la investigación, se solicitó a todos ellos que se abstuvieran de consumir alcohol o realizar cualquier actividad física intensa, así como alterar sus patrones de sueño en las 24 horas previas al experimento. Las sesiones se llevaron a cabo por la tarde (entre las 16:00 y las 19:00 horas). Durante las sesiones los participantes permanecieron sentados y la temperatura de la sala fue constante y adecuada para favorecer el confort.

Los participantes fueron recibidos en la facultad de Psicología, y acompañados al laboratorio por el experimentador. Dentro de la sala experimental, el protocolo comenzó mediante la firma del consentimiento informado. Con posterioridad, se le colocaron los 8 electrodos en el cuero cabelludo siguiendo el sistema internacional 10/20 (Jasper, 1958). Durante el registro, se mantuvo la impedancia de la piel por debajo de los 5 kiloohmios gracias a la aplicación de un gel conductor de cloruro sódico.

El experimentador transmitió las instrucciones al participante para que realizase una tarea “go-no go” (Figura 1), la cual es idónea para que éste mantenga la atención de forma

constante y no se produzca habituación (Maestú, Ríos y Cabestrero, 2007). Los participantes eran colocados a 80 cm. de una pantalla de ordenador de 19 pulgadas. Al comienzo de dicha tarea se le presentaba una letra, número o símbolo objetivo, a continuación se le presentaba una matriz que contenía letras (A-Z), números (1-9) así como un símbolo (“_”). A continuación y de forma aleatoria las letras, número y símbolos se cubrían con un círculo o un cuadrado, el participante recibió instrucciones para pulsar el botón únicamente cuando el círculo cubrían el objetivo (condición go) y no cuando el cuadrado lo cubriese (condición no-go). Antes de comenzar la tarea, el experimentador explicó al participante que si se equivocaba no debía de comentar nada, ya que el registro electroencefalográfico podía alterarse. Una vez el participante realizó un total de 6 ensayos go-no go la tarea terminó y le fueron retirado los electrodos. A continuación el participante fue sometido a una evaluación neuropsicológica.

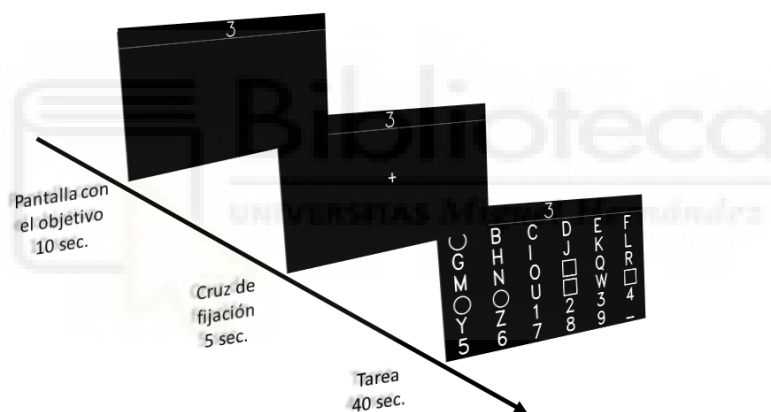


Figura 1

Registro electrofisiológico:

El electroencefalograma se registró continuamente con un muestreo de tasa de 250 Hz con una toma de tierra y una referencia situada en el cuero cabelludo. La impedancia de la piel se mantuvo durante todo el experimento por debajo de los 5 kiloohmios. Todos los canales fueron filtrados con una línea paso banda de 0,1 a 30 Hz. Además se realizó una detección de artefactos visual para eliminar los parpadeos. Se fragmentó la señal de los electrodos PZ en épocas de 1200 milisegundos, para, de esta forma, obtener 200 milisegundos de línea base (pre estímulo) y 1000 milisegundos de respuesta cortical a los estímulos presentados.

Análisis Estadísticos:

Una vez recabados los datos, la codificación y análisis de los mismos se llevó a cabo mediante el soporte estadístico IBM SPSS Statistics versión 20.0, se realizó un análisis de correlación de Pearson y un análisis de regresión múltiple a través del método simultáneo, previa comprobación de los supuestos de aplicación necesarios, con el objetivo de determinar las variables de la memoria de trabajo que explican una mayor varianza de la amplitud de la P300.

Resultados:

En primer lugar, los resultados señalaron que en cuanto a las puntuaciones en la variable dependiente *P300_PZ (Amplitud)*, los participantes muestran una puntuación media, tal y como se puede observar en la *Tabla 1*. En relación a las variables independientes, se puede apreciar que los participantes presentan una puntuación calificable como media en las variables *Corsi Directo*, *Corsi Inverso*, *Dígitos Directos* y *Dígitos Inversos* (*Tabla 1*).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos para variables independientes y dependiente obtenidos en la regresión múltiple.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típ.
Corsi Directo	5.0	9.0	6.391	1.0331
Corsi Inverso	4.0	8.0	6.043	1.3644
Dígitos Directos	7.0	15.0	9.870	1.9378
Dígitos inversos	4.0	13.0	7.087	2.1087
P300_PZ	.9	5.2	2.983	1.0530

Como paso previo a la realización de la regresión múltiple, se llevó a cabo la comprobación del cumplimiento de los supuestos de aplicación del modelo, es decir, la ausencia de multicolinealidad, linealidad y normalidad de las variables, la presencia de homocedasticidad y la normalidad e independencia de los errores.

En primer lugar, se pudo observar que la variable independiente *Corsi Directo* presenta multicolinealidad con la variable *Corsi Inverso*. En segundo lugar, la variable *Corsi Inverso* presenta multicolinealidad con la variable *P300_PZ*. Para finalizar con el análisis de este supuesto observando la *Tabla 2* podemos apreciar que el resto de variables no presentaron esta situación.

Por otro lado, prestando atención a la matriz de correlaciones de la *Tabla 2*, se puede apreciar que la variable predictora *Corsi Inverso* es la que más correlaciona con *P300_PZ*, seguida por la variable *Corsi Directo* y, por último, las que presentan una menor correlación son las variables *Dígitos Directos* y *Dígitos Inversos*.

En cuanto a la relación entre la variable dependiente *P300_PZ* (Amplitud de la onda en el electrodo Pz) y la variable independiente *Corsi Directo*, ha mostrado una tendencia lineal, pudiéndose observar una relación de una intensidad medianamente intensa (*Tabla 2*). Además, se puede apreciar que la dirección de dicha relación es directa, lo cual indica que una alta puntuación en la prueba Test de Corsi (su vertiente directa) se asocia a una mayor amplitud del componente P300 registrado por el electrodo Pz.

Por otro lado, la variable *P300_PZ* presenta una relación lineal directa con la variable *Corsi Inverso*, siendo esta relación mucho más intensa que la anterior, tal y como se puede apreciar en la *Tabla 2*, lo que indica que llevar a cabo un Test de Corsi en su vertiente inversa requiere muchos más recursos de la memoria de trabajo, y por tanto la amplitud del componente P300 registrado por el electrodo Pz es mayor que con cualquier otra prueba.

Por último, respecto a la relación existente entre las variables independientes *Dígitos Directos* y *Dígitos Inversos* con la variable dependiente *P300_PZ*, cabe destacar que ambas variables poseen una relación lineal directa de baja intensidad, lo cual indica que una puntuación alta en estas pruebas no explica en su totalidad la amplitud del componente P300 registrado por el electrodo Pz, y por ende la memoria de trabajo.

Por tanto, en base al análisis de correlaciones junto con los datos expuestos mediante los diagramas de dispersión, queda confirmado que se cumple el supuesto de linealidad entre la variable dependiente e independientes.

Tabla 2. Matriz de correlaciones entre la variable dependiente P300 y las variables independientes.

Variables	Corsi Directo	Corsi Inverso	Dígitos Directos	Dígitos Inversos	P300_PZ
Corsi Directo	1	.826**	.254	.171	.553**
Corsi Inverso		1	.312	.188	.728**
Dígitos Directos			1	.581**	.351
Dígitos Inversos				1	.160
P300_PZ					1

** $p < 0,01$

En cuanto al supuesto de normalidad de los residuos, el cual ha sido comprobado mediante la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov, se pudo apreciar la ausencia de normalidad para las variables independientes *Corsi Directo* ($Z = 0.343$, $p = .000$), *Corsi Inverso* ($Z = 0.169$, $p = .007$), *Dígitos Directos* ($Z = 0.343$, $p = .000$) y *Dígitos Inversos* ($Z = 0.212$, $p = .009$). Por otro lado tenemos una variable que si cumple el supuesto de normalidad de los residuos según la prueba aplicada, y es la variable dependiente *P300_PZ* ($Z = 0.108$, $p = .200$). Asimismo, la ausencia o presencia de normalidad fue corroborada por los histogramas y por los gráficos de probabilidad acumulada P-P. Por otro lado, en cuanto al supuesto de homocedasticidad, se pudo observar en el gráfico de dispersión el cumplimiento del supuesto para todas las variables.

Por otra parte, en relación al supuesto de independencia de los errores, el estadístico Durbin-Watson mostró un valor de 1.97, por lo que indica la existencia de independencia de los errores. Finalmente, no se apreció la presencia de outliers.

Viendo todo lo anterior, se puede concluir que tres de los cinco supuestos se cumplieron, estos fueron: linealidad, independencia de errores y la homocedasticidad. Como se apreciaba anteriormente el supuesto de multicolinealidad se incumple, así como el supuesto de normalidad que también se incumple para todas las variables menos para la variable dependiente *P300_PZ*.

Tras la comprobación de los supuestos, se procedió a la construcción del modelo a través del método simultáneo, en el cual todas las variables seleccionadas se introducen a la vez a

la regresión. Este método es válido ya que no disponemos de una base teórica sólida y además se trata de un estudio exploratorio que determinara si se puede llevar esta investigación a una escala mayor. Por tanto, el modelo está compuesto por las variables *Corsi Directo*, *Corsi Inverso*, *Dígitos Directos* y *Dígitos Inversos*. Tal como se puede apreciar en la *Tabla 3*, apreciamos que los valores de R y R² corregida son de .751 y .468, respectivamente, lo cual se puede traducir en un tamaño del efecto grande según los criterios de Cohen (1988). Esto supone que un 46.8 % de la varianza de la *Amplitud de la P300 en el electrodo Pz* viene explicada por las variables predictoras anteriormente mencionadas. Por último, se puede apreciar que el modelo fue significativo, con una F de 5.839 y una significación asociada de .003.

Tabla 3. Resumen del modelo de Regresión

Modelo	R	R ²	R ² Corregida	Significación
1	.051 ^a	.0565	.468	.003 ^b

a. V. Predictoras
b. V. Dependiente

p < .050

Tabla 4. Componentes de la ecuación de regresión final y sus coeficientes

	B	Beta	Pearson	Parcial
(Constante)	-.362			
Corsi Directo	.214	.209	.553	.176
Corsi Inverso	.663	.859	.728	.585
Dígitos Directos	.095	.175	.351	.205
Dígitos Inversos	-.034	-.067	.160	-.083

De esta forma y como se puede observar en la *Tabla 4*, la ecuación del modelo en puntuaciones directas sería la siguiente: $Y' \text{ Amplitud de la P300} = -.362 + -0.214.X \text{ Corsi directo} + 0.663.X \text{ Corsi inverso} + 0.095.X \text{ Dígitos directos} - 0.034.X \text{ Dígitos inversos}$, y su equivalente en puntuaciones típicas: $Z' \text{ Amplitud de la P300} = 0.209.Z \text{ Corsi directo} + 0.859.Z \text{ Corsi inverso} + 0.175.Z \text{ Dígitos directos} - 0.067.Z \text{ Dígitos inversos}$.

En relación a la aportación de cada una de las variables predictoras del modelo, tal y como se puede apreciar en la *Tabla 4*, la variable que más peso tiene es *Corsi Inverso* (.859), seguida de las variables *Corsi Directo* (.209) y *Dígitos Directos* (.175) y por último, de *Dígitos Inversos* (-.067).

Por otra parte, en los patrones de asociación observados entre las variables del modelo de regresión, se aprecia un patrón de redundancia en todas las variables independientes que lo componen puesto que presentan un valor más reducido en sus parciales que en los coeficientes de correlación de Pearson, lo que indica que existe una cantidad de varianza compartida entre las mismas al entrar en la ecuación de regresión (*Tabla 4*).

Discusión:

El objetivo del presente trabajo era determinar si el componente P300 es un índice de la memoria de trabajo en una población joven y sana. Los resultados encontrados muestran la existencia de una fuerte relación entre las variables analizadas que componen la memoria de trabajo y la amplitud del componente P300 registrada mediante el electrodo Pz.

En relación a cuáles son los componentes de la memoria de trabajo que más relevancia tienen a la hora de generar una gran amplitud en la onda P300, en base a los resultados obtenidos en el presente estudio, observando la ecuación de regresión multivariante se puede concluir que aquellas personas que puntúan alto en las pruebas de Corsi y Dígitos Directos e Inversos, son capaces de generar una onda P300 con una amplitud mayor. Así pues, el modelo constituido por las variables *Corsi Directo*, *Corsi Inverso*, *Dígitos Directos* y *Dígitos Inversos* fue capaz de explicar gran parte de la varianza de la amplitud del componente P300 registrado por el electrodo Pz, el cual mostró un tamaño del efecto considerado como grande.

Por otro lado, las variables estudiadas en la presente investigación presentaban un patrón de redundancia, el cual indica que las variables en su conjunto explican menos que lo que explicaban antes de ser introducidas en el modelo, en especial para la variable *Corsi Inverso*, la cual por sí misma es capaz de explicar una gran cantidad de varianza. Así pues, dicha variable es la que más peso tiene en el modelo, evidencia que se aprecia cuando se tiene en cuenta que dicha prueba requiere una gran asignación de recursos atencionales y que la representación gráfica del componente P300 nos proporciona información a través de su amplitud de la asignación de dichos recursos a través de su latencia de la evaluación del estímulo (Núñez-Peña et al., 2004).

En este sentido, los resultados de la presente investigación apuntan a que la amplitud de la P300 representa un índice de la memoria de trabajo, aun tratándose de un estudio inicial y tomando estos resultados como un punto de partida para llevar a cabo una investigación a mayor escala.

En base a la literatura expuesta sobre el tema, los estudios realizados con anterioridad ponían de manifiesto que los métodos que se utilizan para producir el componente P300, parecidos a los que se ha empleado en este estudio, demandan que el sujeto responda ante la presentación repetida de un estímulo determinado, cuya probabilidad de aparición es baja. Si se pretende que el sujeto logre responder al estímulo infrecuente al que se le está exponiendo es necesario que el individuo mantenga su atención para garantizar la recepción y el procesamiento de la información, para lo que ha de elaborar un modelo cognitivo con la capacidad de guiar al sistema atencional. Cuando dicho estímulo se presenta, este modelo es actualizado y se compara extensivamente con el estímulo, para después de esa revisión seleccionar y ejecutar una respuesta. Por tanto, la calidad de la ejecución depende de: la detección del estímulo, la revisión y la actualización del modelo mental, la selección de la respuesta correcta y su realización. Cuando la tarea se extiende varios minutos como es el caso de la presente investigación, la calidad del desempeño del sujeto se basa principalmente, en la capacidad para mantener actualizados los modelos cognitivos correspondientes dentro de la memoria de trabajo y concentrada la atención en dichos modelos, a pesar del cansancio y el aburrimiento (Alonso-Prieto, Álvarez-González, Fernández-Concepción, Jiménez-Conde y Machado, 2002).

Se ha planteado que éste es el mecanismo que subyace a la generación del componente P300 en personas sanas; por tanto, la amplitud de este componente proporciona un indicador neurofisiológico de la cantidad de recursos que se han empleado (Alonso-Prieto et al., 2002).

Los estudios llevados a cabo por Roca et al. (2014) y Roca et al. (2012) se pone de manifiesto que existen correlaciones significativas entre la amplitud de la P300 y el índice de memoria de trabajo del BRIEF en sujetos con TDAH. Dichas correlaciones apuntarían a que una mayor amplitud de la P300 se asociaría a menores dificultades de memoria de trabajo en la vida diaria. Los índices del BRIEF que mostraban correlaciones más significativas fueron: inhibición, memoria de trabajo, planificación y autocontrol-monitorización. Las correlaciones obtenidas en dichos estudios irían en la línea de lo descrito en trabajos anteriores, afirmando que una menor amplitud de la P300 estaría asociada a un rendimiento más pobre en la memoria de trabajo, tanto en los estudios que emplean medidas ecológicas como el BRIEF como los que emplean otras medidas de laboratorio de memoria de trabajo (Johnstone, Barry y Clarke, 2012).

Por tanto, viendo lo obtenido en investigaciones anteriores se puede apreciar que los resultados obtenidos en el presente trabajo pese a la diferencia de las muestras utilizadas son muy parecidos, poniéndose de manifiesto que una mejor ejecución en memoria de

trabajo correlaciona directamente con una mayor amplitud de la P300, que va en la misma dirección que lo observado en estudios previos, en los que peores ejecuciones en las pruebas de memoria de trabajo están relacionadas con una menor amplitud de dicha onda.

Conclusiones:

Por consiguiente, los datos obtenidos en la presente investigación apoyan la idea de los estudios realizados acerca del componente P300 y la utilidad que tiene la representación gráfica de su amplitud como índice de la memoria de trabajo en población joven y sana.

En relación a las limitaciones encontradas durante la realización de la presente investigación, el incumplimiento de los supuestos hallado durante el análisis de los resultados conlleva que los resultados obtenidos sean tomados con precaución, así como también la ausencia de un mayor número de pruebas para evaluar en mayor profundidad la memoria de trabajo de los participantes del estudio. No obstante, esta última limitación supondría un gran coste de tiempo por lo que habría ralentizado el proceso de registro y evaluación de los participantes. Por otra parte también hubiera sido deseable un mayor número de sujetos, aunque en principio este estudio está concebido como estudio piloto.

Otro aspecto que se ha tenido en cuenta en otros estudios y en este no, es la motivación. Se cree que la amplitud del componente P300 disminuye conforme decrece la motivación y la relevancia del estímulo y se incrementa cuando la aparición del estímulo se reduce (Idiazábal, Palencia-Taboada, Sangorrín y Espalder-Gamissans, 2002).

Así pues, para futuras investigaciones sería de interés superar las limitaciones anteriormente citadas.

En definitiva, la presente investigación pone de manifiesto la necesidad de continuar profundizando en la técnica de los potenciales evocados, y más concretamente en el componente P300 y la utilidad de su amplitud como índice neurofisiológico para la medida de la memoria de trabajo y su posible relación con otras variables neuropsicológicas.

Referencias Bibliográficas:

- Alonso-Prieto, E., Álvarez-González, M. A., Fernández-Concepción, O., Jiménez-Conde, A. y Machado, C. (2002). Utilidad del P300 como herramienta para el diagnóstico de alteraciones de la atención sostenida en la enfermedad cerebrovascular isquémica. *Revista Neurología*, 34, 1105-1109.
- Artieda, J., Iriarte, J., y Martín B. (2012). Fundamentos del registro de potenciales evocados. En J. Artieda, J. Iriarte (Eds.), *Manual de neurofisiología clínica* (pp. 225-225). Madrid: Panamericana.
- Ballesteros, I., Molina S., Mendez, A. y Martínez, L. (2017, Julio). A multimodal system for functional assessment of brain and systemic responses. Trabajo presentado al // *International Congress of Psychobiology*, Ávila, España.
- Ballesteros, S. (1999). Memoria humana: Investigación y teoría. *Psicothema*, 11, 705-723.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Darlington, M. P., Barceló, F., Fernández, C. y Rubia, F. J. (1999). Neurofisiología de la memoria operativa viso-espacial. *Psicothema*, 11, 163-174.
- Etchepareborda, M. C. y Abad-Mas, L. (2005). Memoria de trabajo en los procesos básicos del aprendizaje. *Revista Neurología*, 40, 79-83.
- Idiazábal, M. A., Palencia-Taboada, A. B., Sangorrín, J. y Espalder-Gamissans, J.M. (2002). Potenciales evocados cognitivos en el trastorno por déficit de atención con hiperactividad. *Revista Neurología*, 34, 301-305.
- Johnstone, S. J., Barry, R. J. and Clarke, A. R. (2012). Ten years on: A follow-up review of ERP research in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clin Neurophysiol*, 124, 644-657.
- Núñez-Peña, M. I., Corral, M. J. y Escera, C. (2004). Potenciales Evocados cerebrales en el contexto de la investigación psicológica: Una actualización. *Anuario de Psicología*, 35, 3-21.
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clin Neurophysiol*, 118, 2128-2148.

- Roca, P., Mulas F., Presentación-Herrero M. J., Ortiz-Sánchez, P., Idiazábal-Alecha, M. y Miranda-Casas, A. (2012). Potenciales evocados y funcionamiento ejecutivo en niños con trastorno por déficit de atención/hiperactividad. *Rev Neurol*; 54 (Supl 1): S95-103.
- Roca, P., Presentación-Herrero, M. J., Miranda-Casas, A., Mulas, F. y Ortiz-Sánchez, P. (2014). El componente P300 como correlato neurofisiológico de la memoria de trabajo conductual en adolescentes con trastorno por déficit de atención/hiperactividad. *Rev Neurol*; 58 (Supl 1): S51-6.
- Tamayo, F., Casals-Coll, M., Sánchez-Benavides, G., Quintana, M., Manero, R. M., Rognoni, T., Calvo, L., Palomo, R., Arancivia, F. y Peña-Casanova, J. (2012). Estudios normativos españoles en población adulta joven (Proyecto NEURONORMA jóvenes): Normas para las pruebas span verbal, span visuoespacial, letter-number sequencing, trail making y symbol digit modalities test. *Neurología*, 27, 319-329.
- Valiño, M. J. (2016). *Medida P300 en una intervención basada en la disociación de componentes mindfulness para pacientes con trastorno de ansiedad generalizada*. Tesis doctoral publicada. Universidad de Zaragoza.
- Wechsler Memory Scale - WMS-IV, Wechsler, 2013 a y b.