

**TAREA GO-NOGO Y PROCESOS INHIBITORIOS EN POBLACIÓN CONTROL Y  
SUBCLÍNICOS**

Trabajo Fin de Grado de Psicología

Facultad de Psicología y Logopedia

Autoras:

Ana Rodríguez González

Salma Hernández Santana

**Tutorizado por Hipólito Marrero Hernández**

**Emma Rico Martín**

**Curso Académico 2023-24**

## Índice

Resumen	3
Introducción	5
Análisis de datos	15
Discusión	21
Conclusión	23
Referencias	26

## **Resumen**

La inhibición conductual se refiere a la capacidad de una persona para controlar o detener comportamientos que no son adecuados o beneficiosos en un contexto determinado. Este mecanismo es esencial para la regulación del comportamiento y para la adaptación en diversas situaciones. El Electroencefalograma (EEG) permite el análisis de Potenciales Evocados Relacionados con Eventos (ERP). En el contexto de la inhibición conductual, un potencial evocado es el P300. En esta investigación se pretende estudiar si existen diferencias en la amplitud del P300 entre los estímulos Go y NoGo. Y por otro lado, utilizando la tarea Go-NoGo, observar si existen diferencias entre un grupo control y subclínico, siendo este último caracterizado por puntuar alto en las escalas de ansiedad, TOC y depresión. Esta tarea trata de responder rápidamente a ciertos estímulos ("Go") mientras inhiben su respuesta a otros ("NoGo"), lo que permite explorar cómo diferentes redes neuronales contribuyen al control inhibitorio y a los procesos atencionales. En síntesis, los resultados de este estudio muestran que si existen diferencias en la amplitud del componente P300, ya que en el estímulo NoGo es mayor, cumpliéndose nuestra hipótesis inicial. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas en la amplitud de este componente entre grupo control y subclínico.

***Palabras clave: inhibición, electroencefalograma (EEG), tarea Go-NoGo, P300***

## **Abstract**

Behavioral inhibition refers to a person's ability to control or stop behaviors that are not appropriate or beneficial in a given context. This mechanism is essential for regulating behavior and adapting to various situations. The Electroencephalogram (EEG) enables the analysis of Event-Related Potentials (ERPs). In the context of behavioral inhibition, one key ERP is the P300. This research aims to investigate whether there are differences in the amplitude of the P300 between Go and NoGo stimuli. Additionally, using the Go-NoGo task, we seek to observe if there are differences between a control group and a subclinical group, the latter being characterized by high scores on anxiety, OCD, and depression scales. This task involves quickly responding to certain stimuli ("Go") while inhibiting responses to others ("NoGo"), allowing exploration of how different neural networks contribute to inhibitory control and attentional processes. In summary, the results of this study show that there are indeed differences in the amplitude of the P300 component, as it is larger in response to the NoGo stimulus, confirming our initial hypothesis. However, no significant differences were found in the amplitude of this component between the control and subclinical groups.

***Key words: inhibition, electroencephalogram (EGG), Go-NoGo task, P300***

## **Introducción**

El término inhibición conductual se refiere a la capacidad de un individuo para suprimir o detener acciones que no son adaptativas o que son inapropiadas en un contexto específico. Este proceso es crucial para regular el comportamiento y adaptarse a diferentes situaciones. La inhibición conductual se manifiesta cuando una persona, frente a una situación determinada, es capaz de abstenerse de realizar una respuesta que, de otro modo, ocurriría automáticamente o impulsivamente, siempre y cuando mantenga la capacidad latente para emitir dicha respuesta (Sosa y Ramírez, 2020). En otras palabras, es la habilidad de contener reacciones automáticas y seleccionar respuestas más adecuadas o deseables (Diamond, 2013).

## **Función de la inhibición en la regulación conductual**

La inhibición conductual es una de las funciones ejecutivas fundamentales, que forman parte de los procesos mentales de "arriba hacia abajo" (del inglés, *top-down*) que permiten controlar de manera consciente nuestras acciones debido a la corteza frontal (Fuster, 1997). Su comprensión es de gran importancia en el campo de la psicología, ya que la inhibición conductual abarca aspectos cruciales como la regulación emocional, el control de los impulsos, la toma de decisiones y el comportamiento social (Diamond, 2013). Es, por tanto, uno de los componentes esenciales del comportamiento humano.

Además, la inhibición conductual es un indicador clave en la identificación y comprensión de varios trastornos neurológicos y neuropsicológicos. Estos trastornos, a menudo, se caracterizan por un déficit en el control inhibitorio, lo que puede afectar significativamente la capacidad de una persona para regular su comportamiento de manera efectiva en diferentes contextos (Henderson et al., 2015).

## **Evaluación de las funciones cerebrales mediante registro encefalográfico**

En estudios recientes, la electroencefalografía (EEG) ha sido una herramienta crucial para examinar los patrones de actividad cerebral asociados con tareas de inhibición de respuesta, como la tarea Go-NoGo. En este paradigma experimental, los participantes responden rápidamente a ciertos estímulos ("Go") mientras inhiben su respuesta a otros ("No-Go"), lo que permite explorar cómo diferentes redes neuronales contribuyen al control inhibitorio, una función cognitiva esencial para regular el comportamiento y prevenir respuestas inapropiadas (Eagle et al., 2008). Las investigaciones revelan que la inhibición de

respuestas no está localizada en una única región cerebral, sino que implica una compleja interacción entre diversas áreas del cerebro (Huster et al., 2013). Entre estas, la corteza prefrontal destaca por su papel en las funciones ejecutivas y la toma de decisiones, mientras que otras áreas subcorticales también son fundamentales para la modulación del control inhibitorio (Roberts et al., 2021). Los resultados de estos estudios proporcionan una visión más completa de los mecanismos neurofisiológicos que subyacen a la capacidad de inhibir respuestas, subrayando la importancia de la coordinación de múltiples redes cerebrales para el adecuado control del comportamiento (Li y Kayser, 2020).

Entre las técnicas de registro cerebral, no invasivas, destaca el EEG, técnica que conlleva la colocación de electrodos sobre el cuero cabelludo para medir y registrar la actividad eléctrica del cerebro. Permite conocer la actividad eléctrica de las neuronas cuando se presenta un estado mental o el cerebro reacciona a ciertos estímulos; en la que se registra la región emisora, la polaridad y los cambios de dichas señales espacio-temporales (Moreno et al., 2019). El EEG, al ser una técnica no invasiva, cuenta con múltiples ventajas ya que disminuye el riesgo del paciente; Los electrodos se colocan de una manera sencilla y además, se trata de una técnica con una gran trayectoria (Bermúdez, 2013). Normalmente, para la colocación de los electrodos en el cuero cabelludo se utiliza el “Sistema Internacional de Posicionamiento de Electrodos 10-20”, o también denominado “Sistema 10-20” que propuso Jasper en 1958. Se trata del sistema de colocación de electrodos estandarizado más común que utiliza las letras F, C, P, O y T para referirse a las diferentes zonas: frontal, cortical, parietal, occipital y temporal, y los números pares para hacer referencia al hemisferio derecho y los impares al hemisferio izquierdo (Jasper, 1958). Y además, para adquirir las señales, se realiza una preparación previa en la que se utiliza un gel conductor en el cabello.

### **El presente estudio**

Además, el EEG permite el análisis de Potenciales Relacionados con Eventos (PRE) o Event-Related Potentials (ERP). El potencial relacionado con el evento de la inhibición conductual es el P300, correspondiendo su nomenclatura la P con amplitud de onda positiva que alcanza su punto máximo entre 250 y 500 milisegundos después de la aparición de estímulos poco frecuentes (Houshmand et al., 2021). Desde su descubrimiento, el P300 se ha utilizado ampliamente en la investigación clínica y de neurociencia básica para evaluar la percepción y la cognición en poblaciones tanto sanas como patológicas (Linden,

2005). Se analizaron las funciones ejecutivas en pacientes Trastorno Obsesivo-Compulsivo (TOC), Trastorno de Ansiedad Generalizada (TAG) y Trastorno de Ansiedad Social (TAS) encontrando que el componente P300 del potencial evocado muestra alteraciones significativas en estos grupos. En pacientes con TOC, se observó una disminución en la amplitud del P300, indicando dificultades en la inhibición de la respuesta y la flexibilidad cognitiva. Estas anomalías en el P300 reflejan disfunciones en las regiones frontales del cerebro, cruciales para el control inhibitorio. En el TAG y TAS, aunque también se detectaron alteraciones, estas no fueron tan pronunciadas como en el TOC, lo que indica que este componente puede ser un marcador útil para evaluar los déficits cognitivos asociados con estos trastornos (Alcázar et al., 2021). Otro estudio registró el potencial relacionado con eventos (PRE) P300 en pacientes depresivos melancólicos sin fármacos y controles. Las amplitudes P300 en los pacientes fueron menores que en los controles y se correlacionaron negativamente con la gravedad de la depresión. Tras la recuperación con terapia electroconvulsiva (TEC), las amplitudes P300 aumentaron significativamente y se normalizaron. Las latencias P300 no mostraron diferencias significativas. Esto sugiere que P300 podría ser un marcador de estado para la depresión melancólica (Gangadhar et al., 1993).

En un estudio de 2013, Sharaf y Pratt investigaron los mecanismos neurofisiológicos detrás del comportamiento inhibitorio utilizando la tarea Go-NoGo y registros de electroencefalografía (EEG). Los investigadores se centraron en los componentes N2 y P3 del potencial evocado, encontrando que el componente N2, que aparece con mayor amplitud en los ensayos NoGo, está asociado con la detección de conflictos y la preparación para la inhibición de la respuesta. Por otro lado, el componente P3, también más pronunciado en los ensayos NoGo, refleja la evaluación de la relevancia del estímulo y la asignación de recursos atencionales.

El presente estudio consistirá en la realización de una tarea de inhibición conductual denominada Go-NoGo a una muestra de 20 jóvenes que se dividen en controles y subclínicos. Siendo los clínicos participantes con puntuaciones altas en las escalas de depresión, ansiedad (social y generalizada) y trastorno obsesivo-compulsivo (TOC). Dicha tarea se trata de realizar una respuesta motora rápida pulsando la barra espaciadora de un teclado ante la presentación frecuente de un estímulo, en concreto un círculo verde, siendo esta la señal Go en un 80% de los ensayos aproximadamente, frente a un porcentaje menor

de un 20% de la señal NoGo, en la que los participantes deben inhibir la respuesta cuando se produzca la aparición de un círculo rojo en la pantalla, utilizando el ERP, mencionado anteriormente, ya que tiene buena discriminación temporal en procesos muy rápidos y evalúa las funciones ejecutivas, referido a la capacidad que tenemos como seres humanos para planificar, organizar, inhibir, monitorizar nuestra conducta y ser flexibles frente a situaciones novedosas (Echevarría, 2017). El objetivo de esta investigación es, por un lado, determinar si existen diferencias significativas entre la respuesta a los estímulos Go y NoGo, considerando que el componente P300 se manifiesta durante la inhibición conductual, es decir, en la respuesta NoGo. Por otro lado, se pretende predecir la existencia de diferencias significativas en la inhibición conductual entre el grupo control y subclínico

**H1:** existen diferencias significativas en la amplitud del componente P300 entre los estímulos Go y NoGo debido a la inhibición conductual.

**H2:** existen diferencias significativas en la amplitud del P300 en los ensayos Go y NoGo entre controles y subclínicos.

## **Método**

### ***Cuestionarios***

Para el análisis demográfico del estudio, se empleó una ANOVA de una vía utilizando el software RStudio. Esta técnica estadística permitió evaluar si existían diferencias significativas entre los grupos en función de varias medidas demográficas y psicológicas recopiladas a través de diferentes cuestionarios y escalas.

1. **Escala de Hamilton:** La HAM-A consta de varios ítems que evalúan diferentes aspectos de la ansiedad, como la tensión, la preocupación, los síntomas físicos de ansiedad y los síntomas de miedo. Cada ítem se califica en función de la intensidad de los síntomas experimentados por el paciente durante un período de tiempo específico (Hamilton, 1967). La fiabilidad y validez de esta escala es apropiada tanto en la versión original como en la adaptación española.
2. **Inventario de Depresión de Beck (BDI):** para evaluar la depresión, se utilizó la segunda versión del Inventario de Depresión de Beck (BDI-II). Esta escala incluye 21 ítems diseñados para medir la severidad de los síntomas depresivos. Cada ítem ofrece opciones de respuesta que van de 0 a 3, permitiendo a los participantes



reflejar con precisión cómo se habían sentido en las dos semanas anteriores, incluyendo el día de la evaluación. Por ejemplo, en el caso de la tristeza, las opciones eran: 0 (No me siento triste), 1 (Me siento triste gran parte del tiempo), 2 (Estoy triste todo el tiempo) y 3 (Estoy tan triste o infeliz que no puedo soportarlo) (Beck, 1996). La fiabilidad y validez de esta escala es apropiada tanto en la versión original como en la adaptación española.

3. **Escala de Obsesión:** para medir la severidad de los síntomas obsesivo-compulsivos, se empleó el Inventario Obsesivo-Compulsivo Revisado (OCI-R). Este cuestionario autoadministrado de 18 ítems se organiza en seis subescalas específicas: lavado, comprobación, neutralización, obsesión, orden y acaparamiento. Ejemplos de ítems incluyen declaraciones como "Reviso las cosas más de lo necesario" y "Siento que tengo que repetir ciertos números". Los participantes calificaron cada ítem en una escala que va de 0 a 4, donde 0 indica "nada en absoluto" y 4 representa "extremadamente". Esta estructura permite una evaluación detallada de la frecuencia y la intensidad de los comportamientos y pensamientos obsesivo-compulsivos en distintas áreas (Foa et al., 2002). La fiabilidad y validez de esta escala es apropiada tanto en la versión original como en la adaptación española.
4. **Escala de Ansiedad Social de Liebowitz (LSAS):** esta herramienta comprende 24 ítems que exploran situaciones sociales o de desempeño comúnmente problemáticas para quienes padecen trastorno de ansiedad social. La escala se divide en dos subescalas específicas: ansiedad de desempeño, que incluye 13 ítems (por ejemplo, "Hablar por teléfono en público" y "Comer en un lugar público"), y ansiedad social, que abarca 11 ítems (como "Ir a una fiesta" y "Conocer a extraños"). Cada subescala evalúa dos dimensiones cruciales: la intensidad de la ansiedad experimentada y el grado de evitación que muestran los individuos en esas situaciones. En nuestro análisis, consideramos los 48 ítems sin separar las subescalas. Las respuestas se clasificaron en una escala de 0 a 3, donde 0 indicaba la ausencia de ansiedad o evitación y 3 representaba un nivel de ansiedad severo o una fuerte tendencia a la evitación (Liebowitz, 2015). La fiabilidad y validez de esta escala es apropiada tanto en la versión original como en la adaptación española.

### ***Participantes***

En el presente estudio participaron 20 individuos, todos estudiantes universitarios de la Universidad de La Laguna, cuyas edades oscilan entre 18 y 30 años, con

una media de 21 años. El género no se consideró un factor crucial en el análisis, la muestra incluyó un 35% de hombres y un 65% de mujeres. Se establecieron rigurosos criterios de selección para garantizar la homogeneidad de la muestra. En cuanto a los criterios de exclusión, los participantes debían no consumir drogas habitualmente, no tener daño cerebral, heridas recientes o piezas metálicas en el cerebro, no estar bajo tratamiento con psicofármacos y ser diestros, excluyendo así a los zurdos. Estos criterios aseguraron que no hubiera factores físicos o médicos que pudieran influir en los resultados.

La muestra se dividió en dos grupos basados en los resultados de cuestionarios clínicos administrados previamente. El grupo de control estaba compuesto por 11 participantes que no superaron los umbrales establecidos en los cuestionarios, indicando ausencia de síntomas significativos de trastornos psicológicos. Por otro lado, el grupo subclínico, compuesto por 9 participantes, incluía a aquellos que superaron los umbrales de los cuestionarios, mostrando niveles subclínicos de los siguientes trastornos: Trastorno Obsesivo-Compulsivo (Foa et al., 2002), Ansiedad Generalizada (Hamilton, 1967), Ansiedad Social (Liebowitz, 2015) y Depresión (Beck, 1996). Los umbrales de los cuestionarios fueron definidos con base en la literatura psicológica, y se utilizaron para clasificar a los individuos en función de su perfil psicológico (ver Tabla 1)

Tabla 1

*Umbrales de las escalas que determinan el grupo subclínico o control*

Escala	Umbral
TOC	$\geq 21$ (Foa et al., 2002)
Ansiedad generalizada	$\geq 15$ punto de corte moderado (Hamilton, 1967)
Ansiedad social	$\geq 61$ punto de corte generalizada (Liebowitz, 2015)
Depresión	$\geq 20$ punto de corte moderado (Beck, 1996)

Por tanto, los controles no alcanzan ninguno de los umbrales anteriores (ver Tabla 1) y los subclínicos dan puntuación alta en los umbrales correspondientes.

El análisis ANOVA reveló diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere que los participantes en el grupo subclínico tendían a presentar puntuaciones más altas en las escalas de ansiedad, depresión, obsesión y otros trastornos psicológicos, comparados con el grupo de control (ver Tabla 2).

Tabla 2

*Comparación de medias y desviaciones típicas en grupos controles y subclínicos.*

	Controles	Subclínico	Estadístico
Edad	Media= 20.27 DE= 2.17	Media= 19.88 DE= 1.79	
Hamilton	Media= 7.45 DE= 4	Media= 21.44 DE= 10.21	F= 0.00092 P<0.001
BDI	Media= 6.27 DE= 4.71	Media= 17.77 DE= 11.19	F= 0.008 P<0.01
EDI II	Media= 11.81 DE= 5.76	Media= 29.77 DE= 14.34	F= 0.002 P< 0.01
LSAS	Media= 19.36 DE= 2.95	Media= 60.88 DE= 29.27	F= 0.0007 P<0.001
TOC	Media= 7 DE= 3.49	Media= 23.44 DE= 13.03	F= 0.00129 P<0.01

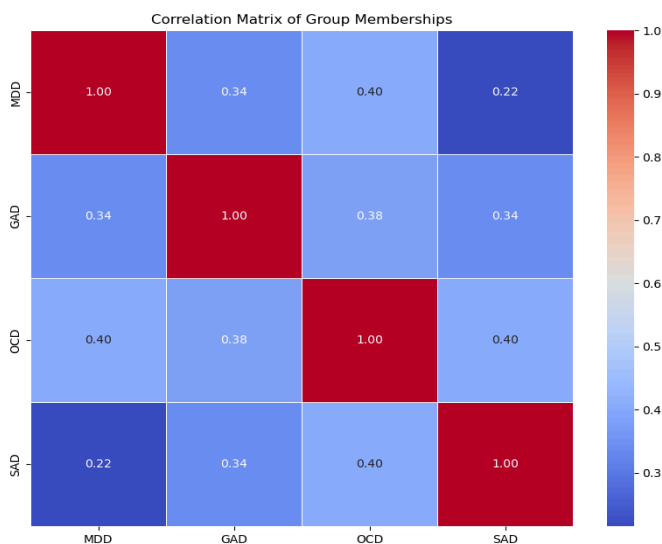
Por otro lado, se realiza una matriz de correlaciones grupales en diferentes trastornos psicológicos (ver Figura 1). La matriz está representada como un gráfico de calor (heatmap), donde cada celda muestra el coeficiente de correlación entre dos trastornos. Los trastornos considerados en la matriz son: trastorno depresivo mayor (MDD), trastorno de ansiedad generalizada (GAD), trastorno obsesivo-compulsivo (OCD), trastorno de ansiedad

social (SAD). Dicha matriz muestra cierta comorbilidad entre los trastornos evaluados con los cuestionarios.

Por tanto, en síntesis, la matriz de correlaciones indica que los sujetos del grupo subclínico forman una categoría homogénea sin distinciones claras entre diferentes trastornos específicos. Esto se debe a que los participantes no exhiben un único trastorno "puro", sino que presentan una mezcla de síntomas y características que no permiten una clasificación precisa dentro de diagnósticos tradicionales. En consecuencia, las diferencias individuales dentro del grupo subclínico no son suficientemente marcadas para establecer subgrupos claros.

### Figura 1

*Matriz de correlaciones de los diferentes trastornos psicológicos*



*Nota:* La figura representa la matriz de correlaciones de los diferentes trastornos psicológicos: trastorno depresivo mayor (MDD), trastorno de ansiedad generalizada (GAD), trastorno obsesivo-compulsivo (OCD), trastorno de ansiedad social (SAD) en el grupo subclínico.

### **Tarea Go-NoGo**

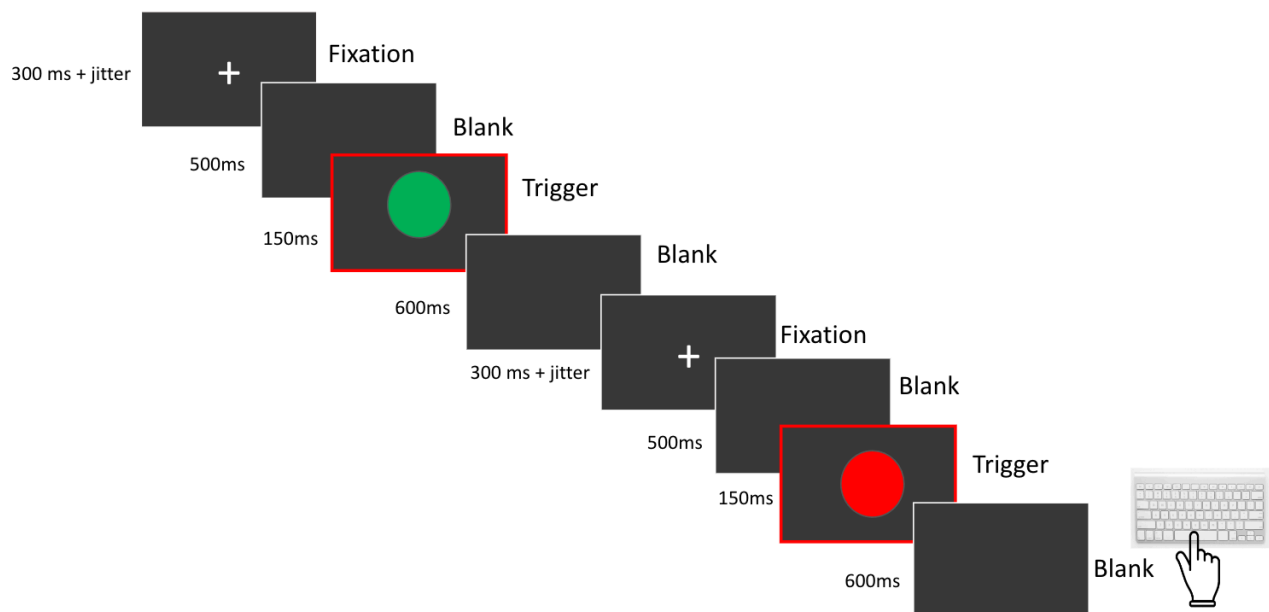
La tarea utilizada en este estudio ha sido Go-NoGo, se trata de un paradigma de control cognitivo que evalúa la capacidad de inhibición de respuestas y el control atencional de una persona (Sharaf y Pratt, 2013).

Dicha tarea utiliza el estímulo de “ir” (Go), en el que el participante debe realizar una respuesta motora específica, en este caso, pulsar la barra espaciadora cada vez que aparezca un círculo de color verde en la pantalla (ver Figura 2). Y por otro lado, el estímulo de “no ir” (NoGo), que indica que el participante debe inhibir la respuesta, es decir, no pulsar la barra espaciadora si el círculo que aparece en la pantalla es de color rojo.

En cuanto a la cantidad de ensayos (trials), se utilizaron 200 trials. Generalmente, los ensayos "Go" son más frecuentes, representando aproximadamente el 80% del total, es decir, 160 trials para crear una tendencia a responder y así hacer más difícil la inhibición, mientras que los ensayos "No-Go" constituyen el 20% restante, 40 trials. Cada estímulo se presenta por un periodo de tiempo breve seguido de un intervalo de respuesta y un intervalo inter-trial que puede variar.

## Figura 2

*Representación de la tarea de Go-NoGo.*



*Nota:* En cada ensayo los participantes debían presionar la barra espaciadora cuando apareciera el círculo verde o no presionar nada si aparecía el círculo rojo.

### ***Adquisición de los datos de EEG***

Para adquirir los datos desde EEG, se utilizó un neuroscan de 64 canales con gorro húmedo. El registro de las señales se realizó a través de los electrodos Ag/AgCl, los cuales estarán montados en Quickcaps elásticos (Neuromedical Supplies, Compumedics Inc., Charlotte, EE.UU.). Se utilizarán 60 electrodos colocados según el sistema estándar 10-20 (De Vega et al., 2019; Marrero et al., 2023). La señal de EEG se amplificará a una frecuencia de 500 Hz mediante un amplificador Synamp2 (Neuroscan, Compumedics Inc., Charlotte), con una configuración en 0,05 Hz del filtro de paso alto y 100 Hz del filtro de paso bajo (Marrero et al., 2023).

Para la colocación del gel conductor, se llenaron varias jeringuillas sin aguja con el gel. Con mucho cuidado, se fue insertando la punta de la jeringuilla en el orificio del gorro correspondiente a cada electrodo, introduciendo la cantidad suficiente de gel para garantizar un buen contacto entre el cuero cabelludo y el electrodo con la ayuda de un bastoncillo para distribuir el gel y asegurarnos de que penetre bien hasta el cuero cabelludo.

Posteriormente, se verificó la impedancia de cada electrodo, se mantuvo a menos de 5 m $\Omega$  para asegurar una buena conductividad. En caso de que fuera mayor, se añadió más gel conductor y se ajustó la posición del electrodo para conseguir la impedancia necesaria.

### **Procedimiento**

La evaluación se realizó en una pequeña sala aislada para minimizar interferencias y reducir el ruido externo, con una iluminación suave y equipado con todo el material necesario para realizar el EEG.

Previamente al estudio, se les pasó unos cuestionarios a los participantes que evaluaban diferentes escalas para categorizarlos entre sujetos controles o subclínicos. Una vez completado este paso, se concretó una cita con cada participante y se les entregó un consentimiento que debían firmar antes de realizar la prueba. Este documento les informaba sobre la naturaleza de la prueba, el propósito del estudio y su derecho a retirarse del mismo en cualquier momento. Posteriormente, se les comenzaron a dar las instrucciones correspondientes. Se les indicó que debían quitarse accesorios metálicos y dejar en otra sala dispositivos electrónicos como teléfonos móviles o relojes inteligentes.

Luego, se acompañó a cada participante a la sala de pruebas, donde se les invitó a sentarse cómodamente y relajados en una silla. A continuación, se procedió a la limpieza del área de la piel donde se colocarían los electrodos, utilizando algodón y alcohol para eliminar cualquier tipo de suciedad. Seguidamente, se colocó el gorro en la cabeza del participante, asegurándose de que estuviera bien ajustado y alineado, y que todos los electrodos estuvieran conectados en su lugar correspondiente. Después, se aplicó el gel conductor en cada electrodo.

Una vez colocado el gel, se verificó que la impedancia fuera baja y se realizaron los ajustes finales para asegurar un funcionamiento adecuado, ya que el EEG se efectuaba en tiempo real. Luego, se comenzó con la explicación de la tarea a realizar, en este caso, la tarea Go-NoGo. Se les pidió a los participantes que permanecieran en una posición relajada y contestaran con su mano dominante sin hacer movimientos bruscos. También se les explicó que, si en algún momento del estudio se sentían incómodos o molestos, lo comunicaran de inmediato.

Una vez finalizada la tarea, se retiró el gorro y se limpiaron los residuos de gel conductor tanto del gorro como del cuero cabelludo del participante, utilizando champú y otros productos proporcionados por el equipo. Al terminar el experimento, se les entregó una documentación que debían cumplimentar y firmar con sus datos para recibir una bonificación por su participación en el estudio. Esto incentivó a los participantes a acudir con compromiso y responsabilidad al estudio.

### ***Análisis de datos***

#### Preprocesamiento de EEG

Todos los pasos de procesamiento de señales EEG se llevaron a cabo utilizando el software MATLAB (versión R2016a) junto con la caja de herramientas EEGLAB (Delorme y Makeig, 2004), siguiendo los mismo pasos que en (Birba et al., 2022). El proceso se inició aplicando una referencia a los datos utilizando los electrodos mastoides M1 y M2, lo cual ayuda a minimizar los artefactos de referencia comunes.

Posteriormente, se procedió con un paso crucial de filtrado para eliminar componentes de frecuencias no deseadas. Se aplicó un filtro pasa banda con una frecuencia de corte baja de 0.5 Hz para eliminar fluctuaciones lentas o derivaciones, y una frecuencia

de corte alta de 30 Hz para eliminar ruido de alta frecuencia, que a menudo está asociado con el movimiento muscular y otras interferencias externas.

Una vez completado el filtrado, se interpolan los canales más ruidosos (cómo máximo 6 electrodos por cada participante) Siendo los canales eliminados por cada participante:

**Tabla 2**

*Canales eliminados en el paso de filtrado del preprocesamiento de EEG*

Participante	Canal eliminado
1	C3
2	FT8
3	F8
5	FP1, AF7, FPZ
6	T8, T7
7	T7
9	AF8, F6, AF7, F8
11	C3, FT7, FC5
13	C3
17	FP2, AF7
18	TP8
20	FT7, T7



Por último, se llevó a cabo el Análisis de Componentes Independientes (ICA) que consiste en buscar una transformación lineal que minimice la dependencia estadística entre sus componentes (Comon, 1994). Esta técnica permite descomponer las señales mixtas registradas en el cuero cabelludo en componentes independientes que representan actividades neurales distintas.

El ICA es especialmente útil para separar señales de interés de artefactos como movimientos oculares, parpadeos, o ruidos ambientales, proporcionando así una representación más clara y precisa de la actividad cerebral. Mediante esta técnica se eliminaron los movimientos oculares y parpadeos. Se separó la señal en ensayos según las dos condiciones analizadas (ensayos: Go y ensayos NoGo). Se eliminaron aquellos ensayos que contenían ruido en la señal incluso luego de completar todos los pasos del preprocesamiento.

#### Análisis de ERP

Para el análisis de los Potenciales Evocados (ERP) se utilizó la herramienta study de EEGLAB. Este enfoque permitió la organización y el análisis eficiente de las señales EEG obtenidas en diferentes condiciones experimentales. En el proceso de análisis, se generó el gran promedio o "grand average" de las respuestas EEG. Esto implica la media de las señales de EEG registradas en múltiples sujetos o ensayos bajo cada condición experimental específica. De esta manera, se reduce la variabilidad intersujeto y resalta las características consistentes de los ERPs asociados con las condiciones experimentales.

Por tanto, para responder a la primera hipótesis, se realizó un análisis combinando a todos los participantes de la muestra, sin distinción de grupo control y grupo subclínico. En este análisis conjunto, se generó un grand average para los ensayos Go y otro para los ensayos No-Go, proporcionando así una visión global de la actividad cerebral durante las condiciones de ejecución e inhibición.

Para responder a la segunda hipótesis, que sugiere que podrían existir diferencias específicas en la actividad cerebral entre los grupos durante los ensayos Go y NoGo, se realizaron promedios generales (grand averages) por separado para cada grupo. Así pues se analizó y comparó cómo cada grupo procesaba las tareas de respuesta y de inhibición de manera independiente, proporcionando una comprensión más detallada y específica de las diferencias potenciales en la actividad cerebral entre los dos grupos.

Por otro lado se usó la técnica estadística no paramétrica, análisis por permutaciones, para comparar respuestas en múltiples condiciones experimentales y a través de numerosos electrodos y momentos en el tiempo.

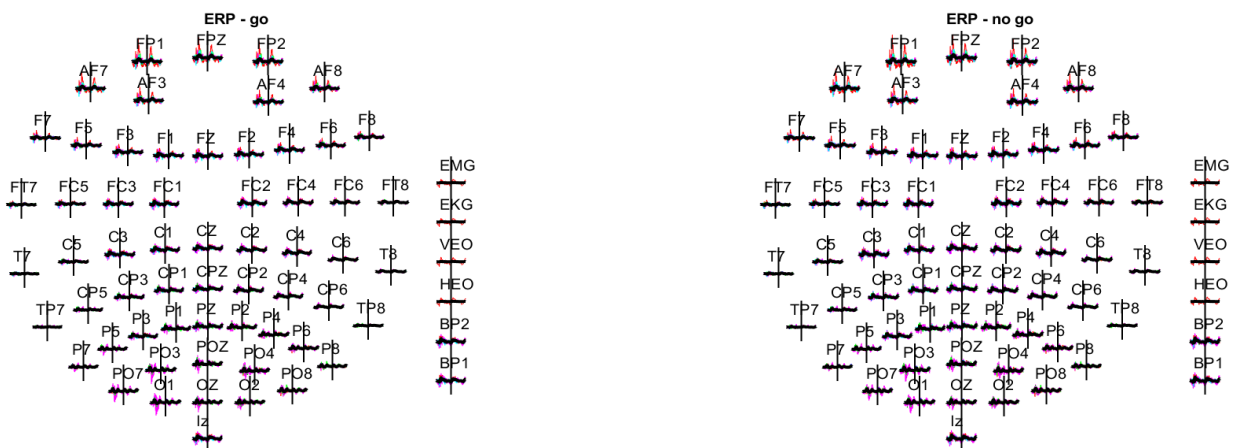
## Resultados

### 1. Primera hipótesis: diferencias entre go no- go en la tarea

En el análisis de los potenciales ERPs en la tarea Go-NoGo, se observaron diferencias significativas entre los estímulos "Go" y "NoGo" en el intervalo temporal comprendido entre 300 ms - 400 ms (ver Figura 4). Estas diferencias se reflejan en la amplitud de las componentes ERP, con una amplitud positiva notablemente mayor en los trials NoGo comparada con los trials Go ( $p < 0.05$ ) (ver Figura 3).

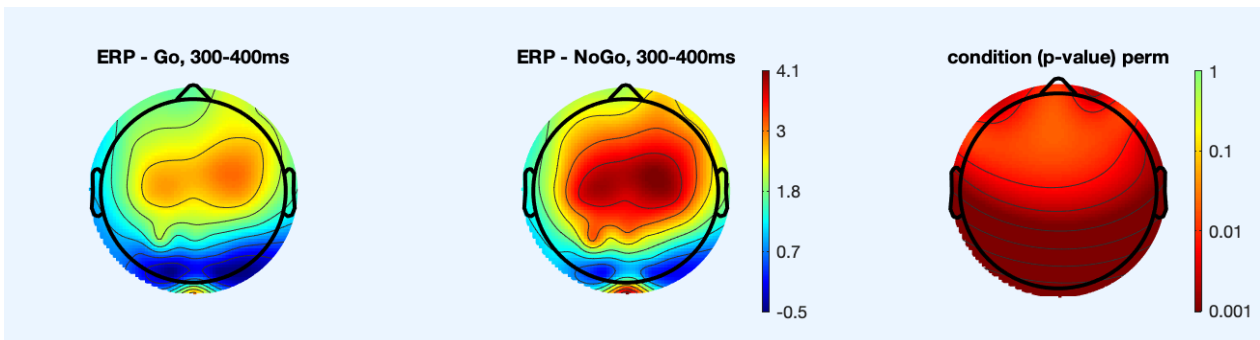
**Figura 3**

*Comparación de ERP en la tarea Go-NoGo sin distinguir entre grupo control y grupo subclínico.*



#### Figura 4

*Mapa topográfico de la comparación ERP en Go-NoGo con intervalo temporal comprendido 300-400ms y mostrando mayor amplitud en los trials NoGo cuya distribución topográfica es central.*

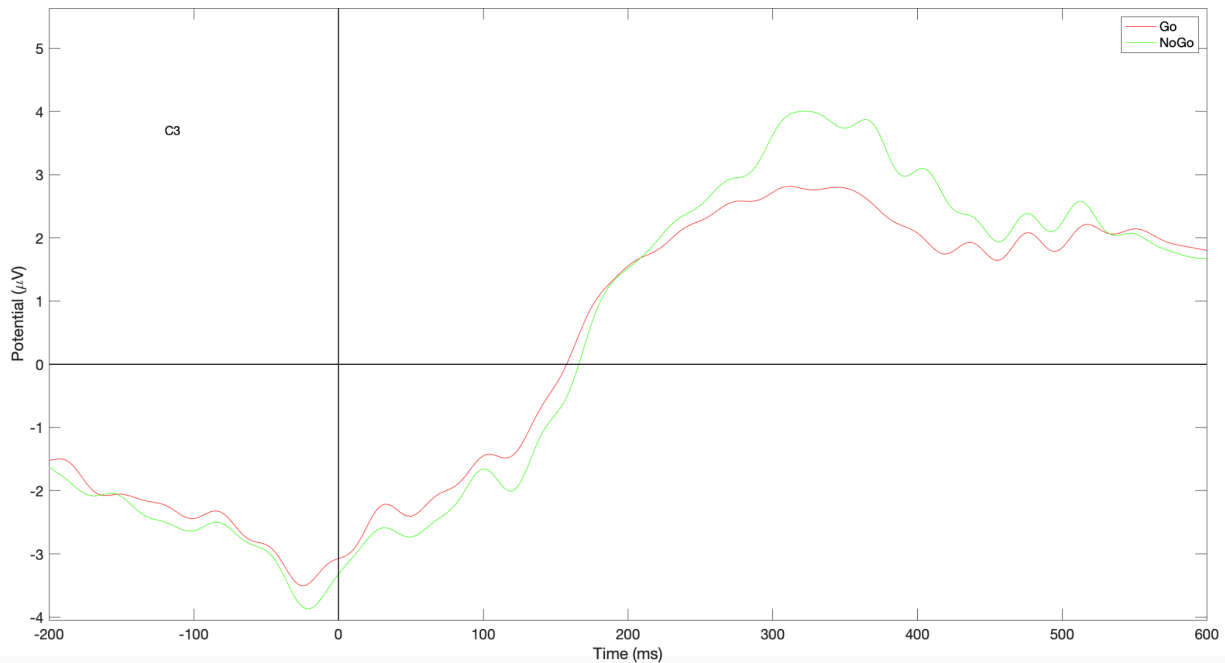


Por otro lado, para una evaluación detallada, se seleccionaron como regiones de interés los electrodos centrales: C1, C2, CZ, CPZ, CP1 y CP2. Estos electrodos se eligieron debido a su relevancia en la captura de la actividad cortical relacionada con el procesamiento cognitivo y la inhibición de respuestas.

Estas diferencias son evidentes en el topo plot de todos los electrodos (ver Figura 3), sin embargo, cabe destacar el electrodo C3 como ejemplo. En este electrodo, se observa claramente que la amplitud del componente P300 es mayor en respuesta al estímulo "NoGo" en comparación con el estímulo "Go" (ver Figura 5) en el intervalo temporal de 300-400ms.

## Figura 5

Gráfica de Go-NoGo en el electrodo C3 siendo significativo en el intervalo temporal 300-400ms

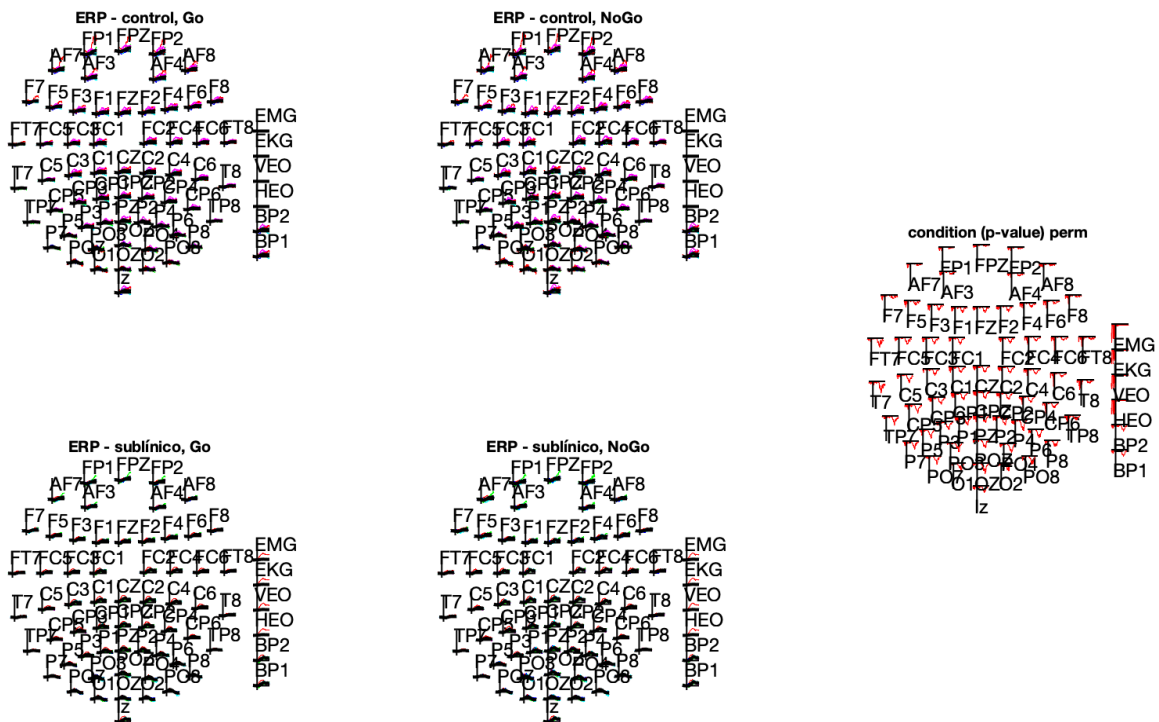


### 2. Segunda hipótesis: diferencias go no-go entre grupo control y grupo subclínico

En el análisis de los potenciales evocados relacionados con eventos (ERPs) durante la tarea Go/No-Go, se evaluaron las diferencias entre el grupo control y el grupo subclínico en las respuestas cerebrales a los estímulos "Go" y "NoGo". A lo largo de las comparaciones realizadas, no se observaron diferencias significativas en las amplitudes de los ERPs entre el grupo control y el grupo subclínico en ninguna de las medidas evaluadas ( $p > 0.05$ ). Es decir, ambos grupos mostraron patrones de activación cerebral comparables en respuesta a los estímulos Go y NoGo. Si bien no se observan diferencias significativas entre grupos se puede observar la topografía típica del p300 en ambos grupos.

## Figura 6

Comparación ERP en la tarea Go-NoGo en grupo control y grupo subclínico



## Discusión

Los objetivos de esta investigación fueron dos. En primer lugar, se buscaba demostrar que existen diferencias significativas en la amplitud del componente P300 entre las condiciones Go y NoGo de la tarea Go-NoGo, atribuidas a la inhibición conductual. En segundo lugar, se pretendía identificar diferencias significativas en la amplitud del P300 al comparar el grupo control y el grupo subclínico durante la realización de la tarea Go-NoGo. Los resultados obtenidos confirmaron la primera hipótesis ya que, se observaron diferencias significativas en la amplitud del componente P300, lo que indica el papel crucial de la inhibición conductual en la tarea Go-NoGo. Por otro lado, la segunda hipótesis fue rechazada. Los análisis no revelaron diferencias significativas en la amplitud del P300 entre el grupo control y el grupo subclínico.

Al confirmar la primera hipótesis, reafirmamos la capacidad de los individuos para inhibir respuestas inapropiadas que se manifiestan claramente en la modulación de la

amplitud del componente P300 durante la realización de la tarea Go-NoGo. Este hallazgo coincide con la literatura científica existente, que ofrece una revisión exhaustiva de la neurofisiología de la inhibición de la respuesta en la tarea Go-NoGo. Por ejemplo, Aron et al. (2014) destacan cómo la inhibición conductual se refleja en la activación de áreas cerebrales críticas, como la corteza prefrontal y los ganglios basales. Además, estudios que utilizan técnicas como EEG y la resonancia magnética funcional (fMRI) muestran cómo la actividad cerebral relacionada con la inhibición se refleja en la modulación del P300 y en otras respuestas neurofisiológicas (Verbruggen y Logan, 2008). Por lo que, concluimos que la amplitud del componente P300 es significativamente mayor en el estímulo NoGo, lo cual confirma nuestra hipótesis inicial.

Por otro lado, el hallazgo de la presente investigación sugiere que, en el contexto de la tarea Go-NoGo, los individuos con características subclínicas, de sintomatología ansiosa, obsesiva-compulsiva y depresiva, no muestran una respuesta neuronal diferenciada respecto al grupo control en términos de la amplitud del P300. Aunque algunos estudios muestran diferencias entre grupos como el de Kim et al. (2017), ya que, tanto los sujetos afectados por el Trastorno del Juego en Internet (IGD) como el Trastorno Obsesivo-Compulsivo, presentan déficits en la inhibición de la respuesta y que las diferencias en las respuestas fisiológicas reflejan las distintas dimensiones de impulsividad y compulsividad en estos trastornos. En contraste, estudios como el de Ng et al. (2012), proporcionan una visión profunda de cómo los individuos con características subclínicas, como la ansiedad, procesan la inhibición conductual durante la tarea Go-NoGo igual que el grupo control, confirmando que no hay diferencias significativas coincidiendo con los resultados obtenidos en nuestra segunda hipótesis.

En definitiva, aunque la inhibición conductual afecta la amplitud del P300, esta influencia no parece distinguir claramente entre individuos subclínicos y el grupo control en la tarea evaluada, lo que sugiere que el P300 podría no ser un marcador suficientemente sensible para detectar diferencias sutiles en la inhibición de respuestas en poblaciones subclínicas.

Estos resultados implican que efectivamente hay diferencia entre los estímulos de la tarea Go-NoGo que indica inhibición conductual, concluyendo al igual que otros estudios que el N200 y el P300 tienen mayor amplitud en los ensayos “NoGo” que en los ensayos “Go” como hemos mencionado ya anteriormente (Kim et al., 2017). Gracias a este

descubrimiento se proporciona implicaciones teóricas sobre el papel específico de las regiones corticales en la función cognitiva de la inhibición motora (Aron et al., 2014).

El objetivo principal del estudio era desarrollar una aplicación práctica que pudiera servir de apoyo en la evaluación de individuos con problemas psicológicos que presentan dificultades en la inhibición de respuestas. Se esperaba que esta herramienta permitiera realizar evaluaciones más eficaces en futuras intervenciones clínicas, además de facilitar la diferenciación y caracterización de distintos grupos de pacientes. Sin embargo, los resultados no cumplieron con estas expectativas. Por lo tanto, se sugiere que investigaciones futuras aborden las propuestas y recomendaciones que se detallan a continuación para mejorar la precisión y utilidad de las evaluaciones clínicas en este ámbito.

El estudio presenta varias limitaciones significativas. En primer lugar, la muestra fue pequeña y consistió en una población subclínica no rigurosamente diagnosticada. Además, el orden de realización de EEG de los participantes no fue aleatoria; todos los controles fueron evaluados primero, seguidos por los sujetos subclínicos. Esta metodología podría haber introducido sesgos en los resultados. Además, la falta de dominio en la técnica de EEG durante la recogida de datos podría haber afectado la calidad de los registros iniciales, potencialmente haciendo que los datos de los controles fueran menos limpios en comparación con los del grupo subclínico. Para futuras investigaciones, se recomienda emplear una muestra más amplia y realizar el orden de los sujetos de forma aleatoria. También sería beneficioso incluir sujetos diagnosticados de manera rigurosa.

## **Conclusión**

Los objetivos de esta investigación se centraron en demostrar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la amplitud del componente P300 entre los estímulos Go y NoGo, atribuibles a la inhibición conductual y, en segundo lugar, en identificar diferencias durante esta tarea en la amplitud del P300 entre el grupo control y el grupo subclínico, siendo este último caracterizado por puntuar alto en las escalas clínicas de ansiedad, TOC y depresión.

Los resultados confirmaron la primera hipótesis, mostrando diferencias significativas en la amplitud del componente P300, lo cual destaca la importancia de la inhibición conductual en esta tarea.

Sin embargo, la segunda hipótesis fue rechazada, ya que no se identificaron diferencias significativas en la amplitud del P300 entre el grupo control y el grupo subclínico. Este hallazgo sugiere que, aunque la inhibición conductual tiene un impacto en la amplitud del P300, esta influencia no es suficiente para diferenciar claramente entre individuos subclínicos y el grupo control en el contexto de la tarea evaluada.



La realización del presente Trabajo Fin de Grado ha sido apoyada por el proyecto “Neuro-cognitive toolbox to assess approach-avoidance and inhibition in mental disorders” (NEUCOGTOOL). PDC2021-121850-I00. Concept test projects 2021. Hipólito Marrero Hernández (IP). Ministerio de Ciencia e Innovación, financiado MCIN/AEI /10.13039/501100011033 y por la Unión Europea Next GenerationEU/PRTR.



## Referencias

- Aron, A. R., Robbins, T. W., y Poldrack, R. A. (2014). Inhibición y corteza frontal inferior derecha: una década después. *Tendencias en ciencias cognitivas*, 18 (4), 177-185. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.12.003>
- Bermúdez Cicchino, A. N. (2013). *Técnicas de procesamiento de EEG para detección de eventos* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Comon, P. (1994). Independent component analysis, a new concept? *Signal Processing*, 36(3), 287-314. [https://doi.org/10.1016/0165-1684\(94\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0165-1684(94)90029-9)
- Delorme, A., y Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open-source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics. *Journal of Neuroscience Methods*, 134, 9-21.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Echevarría, L. M. (2017). Modelos explicativos de las funciones ejecutivas. *Revista de Investigación en Psicología*, 20 (1), 237 - 247. <https://doi.org/10.15381/rinvp.v20i1.13367>
- Fuster, J.M. (1997). *La corteza prefrontal*. Filadelfia: Lippincott-Raven.
- Gangadhar, B. N., Ancy, J., Janakiramaiah, N., & Umapathy, C. (1993). P300 amplitude in non-bipolar, melancholic depression. *Journal of Affective Disorders*, 28(1), 57-60. [https://doi.org/10.1016/0165-0327\(93\)90077-W](https://doi.org/10.1016/0165-0327(93)90077-W)
- Hamilton, M. (1967). Development of a rating scale for primary depressive illness. *Br J Soc Clin Psychol* 6, 278-296
- Henderson, H., Pine, D., y Fox, N.(2015). Inhibición del comportamiento y riesgo del desarrollo: una perspectiva de procesamiento dual. *Neuropsychopharmacology* 40(2), 207–224. <https://doi.org/10.1038/npp.2014.189>
- Houshmand, Chatroudi, A., Rostami, R., Nasrabadi A. M., y Yotsumoto, Y. (2021). Efecto de la inhibición indexada por P300 auditivo en la transmisión de información sensorial visual. *MÁS UNO*, 16(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247416>
- Huster, R. J., Enriquez-Geppert, S., Lavallee, C. F., Falkenstein, M., y Herrmann, C. S. (2013). Electroencephalography of response inhibition tasks: Functional networks and cognitive contributions. *Brain and Cognition*, 80(1), 20-28.
- Jasper, H.H. (1958). The ten-twenty electrodes system of the International Federation. *Electroenceph and Clinical Neurophysiology*, 10, 371-375.

- Kim, M., Lee, T. H., Choi, J. S., Kwak, Y. B., Hwang, W. J., Kim, T., y Kwon, J. S. (2017). Neurophysiological correlates of altered response inhibition in internet gaming disorder and obsessive-compulsive disorder: perspectives from impulsivity and compulsivity. *Scientific reports*, 7(1).
- Linden, D. (2005). The P300: Where in the Brain Is It Produced and What Does It Tell Us? *El neurocientífico*, 11(6), 563-576.  
<https://doi.org/10.1177/1073858405280524>
- Moreno, I., Batista, E., Serracín, S., Moreno, R., Gómez, L., Serracín, J., Boya., C y Quintero, J. (2019). Los sistemas de interfaz cerebro-computadora basado en EEG: características y aplicaciones. *Revista de I+D Tecnológico*, 15 (2), 13-26.  
<http://doi.org/revistas.utp.ac.pa>
- Ng, J., Chan, H. Y., y Schlaghecken, F. (2012). Dissociating effects of subclinical anxiety and depression on cognitive control. *Advances in Cognitive Psychology*, 8(1), 38.
- Roberts, C. E., Reeve, D. L., Hill, A. C., y Bellgrove, M. A. (2021). Neural Correlates of Response Inhibition and Subcomponents of Executive Function: A Meta-Analysis of fMRI Studies. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 21(4), 708-727. doi: [10.3758/s13415-021-00874-6](https://doi.org/10.3758/s13415-021-00874-6)
- Rosa-Alcázar, A. I., Rosa-Alcázar, Á., Martínez-Esparza, I. C., Storch, E. A., y Olivares-Olivares, P. J. (2021). Response Inhibition, Cognitive Flexibility and Working Memory in Obsessive-Compulsive Disorder, Generalized Anxiety Disorder and Social Anxiety Disorder. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3642. doi:10.3390/ijerph18073642
- Shahaf, G., y Pratt, H. (2013). Especificación exhaustiva de los procesos neurofisiológicos que subyacen al comportamiento y de su manifestación en la demostración de EEG con la tarea go/no-go. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 305. doi:10.3389/fnhum.2013.00305
- Sosa, R., y Ramírez, M. N. (2020). Inhibición de respuestas: Su estudio y conceptualización desde distintas perspectivas. Producto válido para logro de objetivos. *Revista de Ciencias del Comportamiento*, 5(2), 45-56.
- Verbruggen, F., y Logan, G. D. (2008). Inhibitory control and response monitoring in the stop signal task and the go/no-go task. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33(5), 647-661. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.08.014>