



Universidad Nacional Autónoma de
México

Facultad de Psicología

**POTENCIALES RELACIONADOS A EVENTOS ASOCIADOS AL
PROCESAMIENTO JERÁRQUICO DE LA INFORMACIÓN**

TESIS

Para obtener el título de:
Licenciada en Psicología

Presenta:

Alejandra Lázaro Figueroa

Directora de tesis:

Dra. Alejandra Evelyn Ruiz Contreras

Revisora de tesis:

Dra. Zeidy Vanessa Muñoz Torres

Sinodales:

Dra. Kirareset Barrera García
Dra. Alejandra Ciria Fernández Varela
Dr. Wady Alexander Ríos Herrera

Ciudad Universitaria, CD. MX., mayo de 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Esta tesis se realizó en el Laboratorio de Neurogenómica Cognitiva, a cargo de la Dra. Alejandra E. Ruiz Contreras, en la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México con apoyo económico de PAPIIT, Proyecto IN217918

Agradezco a PAPIIT (Proyecto IN217918) por la beca recibida.

Dedicatoria

A mi mamá Laura y a mi hermano Agustín, por siempre impulsarme a lograr mis metas.

En memoria de mi papá Agustín, tu recuerdo me motiva a seguir adelante.

(...)

*Todos son iguales jueces;
y siendo iguales y varios,
no hay quien pueda decidir
cuál es lo más acertado.*

*Pues si no hay quien lo sentencie,
¿por qué pensáis, vos, errado,
que os comió Dios a vos
la decisión de los casos?*

(...)

*Sí es mío mi entendimiento,
¿por qué siempre he de encontrarlo
tan torpe para el alivio,
tan agudo para el daño?*

*El discurso es un acero
que sirve para ambos cabos:
de dar muerte, por la punta,
por el pomo, de resguardo...*

Juana Inés de Asbaje y Ramírez

Agradecimientos

Tengo la fortuna de contar con muchas personas que me han apoyado en diferentes ámbitos, entre ellos está mi camino académico, que culmina con la presente tesis, a continuación, mis agradecimientos a quienes me acompañaron.

Mamá, gracias por todo el empeño que has puesto en mi crianza, gracias por haberme inculcado el gusto por la ciencia y por continuar conmigo en este camino.

Hermano, gracias por siempre escucharme, acompañarme, ayudarme y darme ánimos en los momentos más complicados. Gracias por creer en mi capacidad, has sido mi ejemplo a seguir.

Papá, gracias por transmitirme seguridad y confianza, llevo conmigo todos los buenos recuerdos a tu lado. ¡Lo logramos!

A la Dra. Ale Ruiz, gracias por todas las enseñanzas, orientación y paciencia, ha sido una gran experiencia ser parte del laboratorio y aprender a hacer ciencia.

A la Dra. Talía Román, gracias por tu disposición a compartir tus conocimientos, por todo lo que me has enseñado y principalmente por el gran apoyo que me diste para la realización de esta tesis.

A las y el sinodal, así como a mi revisora, muchas gracias por sus aportaciones para el mejoramiento del presente trabajo.

A la UNAM, que desde que entré a la preparatoria me mostró un mundo de posibilidades y que me ha dado las herramientas para la vida profesional, así como me ha permitido conocer personas maravillosas.

A mis compañeras y compañeros del laboratorio que me han enseñado y ayudado durante estos últimos tres años a Ulises, Ivett, Ángela, Andrea, Sofía y Diego; así como a Eli y Carla, por los días en los que nos organizábamos para buscar participantes y nos apoyábamos para culminar el proyecto de atención y autocontrol.

A todas las personas que nos ayudaron como participantes para el desarrollo de esta investigación, gracias infinitas por darnos su tiempo.

A mi amiga Fer Armas que desde la secundaria nos hemos acompañado y presenciado nuestros momentos buenos y malos, ¡logramos nuestras licenciaturas!

A mis amigas de la prepa, Kelly, Mayel, Andrea y Gris, con quienes he compartido muy bonitas experiencias y me han dado su apoyo y cariño.

A mis amigas(os/es) de la facultad; Eli, Andrea, Edith, Jan, Leslie y Chof's les agradezco los bellos momentos que pase a su lado. Y obviamente a Cris y Luis por las charlas en la cafetería, las fiestas, las preocupaciones compartidas por los exámenes, las exposiciones, las inscripciones, la vida adulta y demás.

A mis amigas(os/es) cósmicos; Mirna, Kassita, Moi, Ricardo, Genesis, Ian y Félix con quienes he pasado experiencias únicas y maravillosas, personas que coincidimos en nuestro gusto por la divulgación científica, de quienes he aprendido mucho y espero seguir haciéndolo.

A todas las maestras que he tenido a lo largo de mi vida escolar, han sido pieza clave para mi desarrollo, gracias por desempeñar su labor con tanta dedicación.

A mi perrita Mili que tantos días me ha acompañado en las desveladas causadas por la tesis y que siempre me sube el ánimo con su cariño incondicional.

Finalmente, un agradecimiento muy especial a la educación pública del país, que, a pesar de tener muchas deficiencias y cosas por mejorar, me permitió desde mis primeros años aprender y descubrir las maravillas del mundo a través del conocimiento. Gracias escuela pública, me has dado mucho.

Índice

1.	Resumen	7
2.	Introducción	8
3.	Antecedentes	8
3.1	Percepción	8
3.2	Atención	10
3.3	Neurofisiología de la percepción y atención	11
3.4	Evaluación de la atención.....	14
3.5	Paradigma de Navon	14
3.6	Componentes asociados al control cognitivo	20
4.	Planteamiento del problema	21
5.	Pregunta de investigación	21
6.	Objetivo general.....	21
6.1	Objetivos específicos:	21
7.	Hipótesis	22
8.	Método	22
8.1	Participantes	22
8.2	Materiales	23
8.2.1	Aparatos	23
8.2.2	Instrumentos y cuestionarios	23
8.3	Tarea experimental.....	26
8.4	Procedimiento	29
8.5	Registro Electroencefalográfico.	30
9.	Análisis de datos	32
10.	Resultados	32
10.1	Porcentaje de respuestas correctas (%RC)	33
10.2	Tiempos de reacción.....	35
10.3	Potenciales Relacionados a Eventos.....	39
10.3.1	Amplitud.....	43
10.3.2	Latencia	50
11.	Discusión.....	52
11.1	Resultados conductuales	52
11.2	Resultados electrofisiológicos.....	53
12.	Conclusión	58

13. Limitaciones y sugerencias.	59
14. Referencias	59
15. Anexo	64
15.1 Apéndice de las pruebas estadísticas.....	64

1. Resumen

La percepción visual es la capacidad que tiene el cerebro para recibir, transformar, interpretar y actuar sobre un estímulo visual. La teoría de la carga perceptual propone una relación indirecta entre la carga perceptual y el procesamiento de información irrelevante. Uno de los procesos subsecuentes de la percepción, es la atención. Mediante la tarea del paradigma de Navon (1977), se estudia la atención selectiva al variar la jerarquización de procesamiento de la información, a partir de la presentación de una letra grande (procesamiento global) compuesta de letras pequeñas (procesamiento local), con el objetivo de prestarle atención y sólo responder al nivel global o local. Hasta el momento se desconoce si el procesamiento jerárquico de la información se modula incrementando la dificultad de la discriminación de las características físicas de los estímulos, generando una mayor demanda atencional. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar el efecto de la demanda atencional en el procesamiento jerárquico global/local, a través de las respuestas conductuales, así como de los Potenciales Relacionados a Eventos (PREs) (ondas en microvoltios, llamadas componentes, con amplitudes y latencias asociadas a un evento cognitivo). Por un muestreo por conveniencia se reclutaron a 63 participantes voluntarios sanos que resolvieron la tarea del paradigma de Navon, mientras se les hacía un registro de la actividad eléctrica cerebral con 32 electrodos Ag /AgCl, utilizando el sistema HydroCel Geodesic EEG System (EGI). Los resultados obtenidos, tanto conductuales como de PREs se replicaron con lo encontrado en los estudios precedentes. Respecto a la demanda atencional se obtuvo que mientras mayor fuera la demanda atencional, mayores eran los tiempos de reacción, así como mayor amplitud y latencia de los componentes N2 y P3, además se encontró que el efecto por demanda atencional ocurre predominantemente en la región frontal. Se sugiere que el efecto de demanda atencional modifica los recursos atencionales asignados a la información atendida, lo que apoya la teoría de la carga perceptual.

Palabras clave: Atención, Carga perceptual, Procesamiento jerárquico de la información, Potenciales Relacionados a Eventos, Global/Local.

2. Introducción

La percepción visual es un proceso automático que permite procesar la información que ingresa a través de los ojos y se apoya de la atención para seleccionar las características relevantes. Una de las formas para analizar la información es a través del procesamiento jerárquico durante la percepción visual. El procesamiento jerárquico implica percibir y procesar primero los elementos más grandes de una escena (procesamiento global) y posteriormente los pequeños detalles (procesamiento local). Hasta el momento, se desconoce si el procesamiento jerárquico de la información es modulado por el incremento de la dificultad en la discriminación de las características físicas de los estímulos por una similitud entre ellos, de modo que se requiera mayor o menor demanda atencional para su resolución. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la demanda atencional en el procesamiento jerárquico global/local. La evaluación del procesamiento jerárquico se llevó a cabo a través de las respuestas conductuales, así como mediante el análisis de la actividad eléctrica cerebral por medio de la técnica de potenciales relacionados a eventos (PREs).

3. Antecedentes

3.1 Percepción

La percepción visual es la capacidad que tiene el cerebro para recibir, transformar, interpretar y actuar sobre un estímulo visual (Orloff, 2004). A la vez, la percepción visual se encarga de codificar la gran cantidad de información que llega a la retina en una representación explícita de características que se pueden utilizar para guiar una conducta (DeWit & Wagemans, 2012).

Una teoría que han abordado el estudio de la percepción es la Gestalt (Koffka, 1935). Esta teoría define a la percepción como un estado subjetivo a partir del cual la información del mundo externo o de acontecimientos importantes se abstrae, desde este punto de vista la percepción busca organizar directamente, en una sencilla representación mental, la información medioambiental (Oviedo, 2004).

La teoría de la Gestalt propone las leyes de la percepción que se describen a continuación (Oviedo, 2004):

- **Pregnancia:** La tendencia que tiene la mente a organizar la información del exterior en categorías sencillas, como cuando vemos un objeto esférico como una burbuja, es fácil formarse una idea sobre su tamaño, su redondez constante, textura de la superficie, de manera que nos permite imaginar las partes que no son visibles.
- **Proximidad:** Tendencia a agrupar los elementos que se encuentran más cercanos entre sí.
- **Semejanza o igualdad:** Clasificación de la información de acuerdo con la semejanza entre los elementos, se tiende a agrupar en un bloque a los estímulos homogéneos, diferenciándolos de los demás.
- **Tendencia al cierre:** El concepto de contorno se forma a partir de información que ayuda a percibirlo, como bordes o límites definidos de objetos, por lo que estos son favorecidos por la percepción sobre los que no lo tienen.
- **Relación figura-fondo:** Tendencia mental a separar el fondo de una figura contrastante, a partir de la variación que exponga los límites a la homogeneidad del fondo.

Esta teoría permite entender la propensión de la mente a agrupar y organizar la información visual del exterior a partir de la percepción.

Otro enfoque que ha descrito cómo funciona la percepción es la teoría de la carga perceptual (Lavie, 1995), la cual sugiere que el procesamiento perceptivo es automático e independiente del control voluntario. Propone que la percepción tiene una capacidad limitada de carga y dependiendo de la saturación que tenga se podrá o no procesar la información irrelevante, por lo que sólo las condiciones de la carga perceptiva determinarán si el procesamiento será selectivo o no. En este sentido, si la capacidad de carga es excedida, el procesamiento de selección de información será necesario (Lavie & Tsal, 1994).

En otras palabras, la teoría de la carga perceptual de Lavie (1995) postula que dependiendo de la demanda atencional que requiera el estímulo objetivo, el procesamiento de la información irrelevante será mayor o menor. Por lo tanto, esta teoría sugiere que cuando se resuelve una tarea que implique una alta carga perceptiva, la mayoría de los recursos atencionales se ubicarán en la información relevante para la tarea, de modo que se excluye del procesamiento de nivel superior la información irrelevante, por falta de recursos.

Mientras que cuando la carga perceptiva no se satura, sólo una parte de los recursos atencionales son necesarios para procesar la información relevante, permitiendo también el posible procesamiento de la información irrelevante (Lavie, 1995)

En conclusión, estas teorías explican que el procesamiento perceptual es automático, por lo que sólo responde a las características de los estímulos que se le presentan, desde el punto de vista de la Gestalt, buscando homogeneidad en los elementos y desde la carga perceptual, actuando en función de la cantidad de elementos que se le presenten. Ambos postulados introducen a la atención como el proceso subsecuente a la percepción.

3.2 *Atención*

Todos los días nos encontramos rodeados de diversas demandas ambientales, sin embargo, no podemos atender a todas al mismo tiempo, por lo que debemos limitar nuestros recursos atencionales a un solo objetivo. Esto ha llevado a que el fenómeno de la atención sea de gran interés para los psicólogos. Por ejemplo, Wundt (1874) describió a la atención como ideas que se presentan en la conciencia en diferentes grados, causadas por una actividad interior. Posteriormente, James (1890) propuso una definición más completa con referencia a un proceso selectivo, explicando que la atención “es un proceso en el que se toma control de la mente de uno o varios objetos o líneas de pensamiento que suceden de forma simultánea, de una manera vívida y clara” (p.256).

De forma general, la atención facilita la interacción entre los objetos y el espacio en el que se encuentran, permitiendo enfocarse en un objetivo o situación dentro de la gran cantidad de demandas ambientales (Tsotsos et al., 2005). De manera más específica, la atención selectiva consiste en enfocarse únicamente en un solo objeto o ubicación, suprimiendo el procesamiento de los demás estímulos que se encuentran alrededor, favoreciendo un rendimiento más eficiente para atender al estímulo objetivo (Srinivasan et al., 2009).

Respecto a los procesos atencionales durante el procesamiento de la información visual se ha propuesto un modelo de dos etapas (Treisman, 1960). Este modelo plantea que primero sucede un procesamiento preventivo a partir de un análisis del campo visual, rápido y básico (etapa de atención previa o preatencional) y posteriormente ocurre un proceso de atención

selectiva, que permite la identificación de objetos (etapa de atención). La atención selectiva tiene la función adaptativa de seleccionar, de entornos complejos, los objetos que posean las características relevantes y necesarias para realizar una conducta (Moore & Zirnsak, 2017). Cuando exploramos el entorno, hacemos uso de la búsqueda visual para focalizar los estímulos relevantes para la tarea y al mismo tiempo evitamos focalizar en los estímulos irrelevantes (Eysenck, 2012).

Experimentalmente, la atención selectiva se suele estudiar mediante la presentación simultánea de dos o más estímulos, con la instrucción de atender a sólo uno de ellos. Su estudio nos permite entender cómo ocurre la selección eficaz de estímulos relevantes así como la inhibición ante los estímulos en lugar de los irrelevantes, la naturaleza del proceso de selección y el potencial destino de los estímulos no atendidos (Eysenck, 2012).

3.3 *Neurofisiología de la percepción y atención*

La conducta y experiencia humana provienen de la actividad de miles de millones de neuronas que se comunican a través de un proceso electroquímico. Este mismo proceso ocurre durante el procesamiento de la información visual. Para que la percepción visual y la atención se lleven a cabo deben de ocurrir una serie de pasos para que la información de longitudes de onda que llega a la retina pueda ser interpretada por el cerebro y guíen nuestra conducta.

La luz al pasar a través de la córnea y la pupila llega a las células fotorreceptoras de la retina y de ahí se envía a las células bipolares y a las células ganglionares, de tal forma que se transmiten potenciales de acción que se dirigirán hacia el cerebro, a través del nervio óptico. Posteriormente, la información de cada campo visual (izquierdo y derecho) se dividirá en el quiasma óptico, después se dirigirá al núcleo geniculado lateral y, finalmente, llegará a la corteza visual, donde empezará el procesamiento perceptivo de la imagen (Wnuk et al., 2018).

En la corteza visual se encuentra un mapa retinotópico por lo que neuronas que representan elementos similares (p. ej. orientación y color) parecen estar juntas a lo largo de distintas áreas (De-Wit & Wagemans, 2012). En este sentido, en la corteza visual primaria (V1) tiene lugar el reconocimiento de los bordes y la orientación de las imágenes, mientras

que en el área V2 hay una interpretación de la entrada de información de V1 (De-Wit & Wagemans, 2012). Del área V1 emergen dos haces de fibras; el fascículo longitudinal superior que sigue una ruta dorsal que termina en las regiones posteriores del lóbulo parietal y el fascículo longitudinal inferior que sigue una ruta ventral que culmina en el lóbulo temporal (Gazzaniga et al., 2014). A estas dos vías se les conoce como la vía dorsal (occipitoparietal) o del dónde y la vía ventral (occipitotemporal) o del qué. La vía ventral se especializa en el reconocimiento y percepción del objeto para entender qué es lo que se está viendo, mientras que la vía dorsal se especializa en la percepción espacial (para determinar dónde se encuentra el objeto) y para analizar la organización espacial entre los diferentes objetos de la escena observada. El qué y dónde son dos elementos básicos para la percepción visual y para poder llevarla a cabo correctamente debemos reconocer qué es y dónde se encuentra lo que estamos mirando (Gazzaniga et al., 2014)

Dentro del procesamiento perceptivo se ha identificado un procesamiento jerárquico en las capas de la corteza visual, en el cual las áreas con tamaños de campo receptivo crecientes (V1, V2, V4) van codificando diferentes partes de los objetos, empezando por un procesamiento básico como el análisis de los segmentos de línea, los ángulos, esquinas, uniones, etc., para que conforme vaya pasando la información de una capa a otra se logre un análisis más detallado. Y así finalmente converja la información en el complejo lateral occipital (LOC) (región que se extiende ventral y dorsalmente en la orilla lateral del giro fusiforme), donde se codifican las formas y objetos, de la vía del qué, de tal manera que se logró la comprensión de lo que se está observando (De-Wit & Wagemans, 2012).

Se ha propuesto que la percepción visual opera automáticamente en un circuito de retroalimentación, en el que de manera predeterminada la información global se procesa primero que la local (ver el bosque antes que los árboles). Lo anterior implica que la interacción entre las capas es bidireccional, dado que si se necesita extraer información de los detalles, por ejemplo, la comunicación sería de áreas de orden superior (LOC) a las de orden inferior (V1) y viceversa (De-Wit & Wagemans, 2012). Por lo tanto, el procesamiento perceptivo es esencial para reconocer lo que nos rodea, sin embargo, este procesamiento se ve controlado por la atención, ya que decidirá a qué estímulo atender (Rensink, 2013).

En relación con los mecanismos neuronales de la atención, se ha encontrado que la atención implica que los circuitos del núcleo reticular talámico (NRT) activan o inhiben la transmisión de señales que va del núcleo geniculado lateral (NGL) a la corteza visual. Puede que una señal neuronal descendente de la corteza o una señal separada de las entradas subcorticales viajen a las neuronas del NRT, estas señales que llegan al NRT pueden resultar en dos procesos: uno de ellos es excitar a las neuronas del NRT para inhibir la transmisión de información desde el NGL a la corteza visual y el otro proceso implica que estas señales tengan el efecto contrario, suprimir a las neuronas del NRT, resultando en un aumento de la transmisión del NGL a la corteza visual. Este mecanismo es consistente con el aumento observado en las respuestas neuronales del NGL y V1 cuando se codifica la ubicación de un estímulo atendido (Gazzaniga et al., 2014). Por lo tanto, la atención puede modular la actividad temprana del sistema visual en los núcleos subcorticales del tálamo (Gazzaniga et al., 2014),

Respecto a la atención selectiva, Knudsen (2018) describió tres circuitos específicos involucrados: a) el circuito de retroalimentación, que se dirige desde áreas corticales de orden superior a áreas corticales de orden inferior (p. ej., de corteza prefrontal a occipital); b) los circuitos talámicos, que implican neuronas inhibitoras del núcleo reticular talámico y proyecciones de neuronas gabaérgicas; y c) circuitos en el cerebro basal anterior formados por una amplia proyección de neuronas colinérgicas hacia la corteza e hipocampo. Dichos circuitos cooperan con diferentes grados de precisión anatómica y funcional para mejorar la representación de la información seleccionada. Asimismo, estos circuitos trabajan con alta precisión temporal, permitiendo la rápida modulación del procesamiento de información que se requiere para la atención selectiva en un mundo que cambia rápidamente.

Cabe destacar que el procesamiento perceptual y atencional están sumamente relacionados, primero porque la percepción es el primer paso para registrar la información que está a nuestro alrededor; y, segundo, porque tanto el procesamiento perceptivo como la atención visual comparten circuitos neuronales y ambas se retroalimentan de la información procesada.

3.4 Evaluación de la atención

Para el estudio de la atención se han desarrollado diversas tareas, que permiten evaluar algunas características de esta función cognitiva, por ejemplo, la Tarea de Flanqueo de Eriksen (Eriksen y Eriksen, 1974) y la tarea de Stroop (Stroop, 1935) informan sobre la inhibición conductual, evaluando la atención selectiva a través de la inhibición de la respuesta automática y la selección de información relevante. En el paradigma de parpadeo atencional (Pashler, 1994) se estudia la atención dividida y en el de Navon (1977) evalúan la atención selectiva a través del procesamiento global/local. Por lo tanto, el paradigma de Navon es de particular interés para esta investigación dado que permite estudiar el procesamiento jerárquico de la información a través de una tarea sencilla.

3.5 Paradigma de Navon

El paradigma de Navon (1977), consiste en la presentación de un estímulo compuesto por una letra grande (información global) formada de letras pequeñas (información local) (ver Figura 1); los niveles global y local pueden ser consistentes (existe coincidencia de la letra grande con las pequeñas) o inconsistentes (la letra grande difiere de las pequeñas). A las personas se les indica a qué tipo de estímulo debe dirigir su atención, si a nivel global o local (Gerlach & Krumborg, 2014). Entonces, las personas pueden atender al nivel global (letras grandes) o al nivel local (letras pequeñas).

H	H	S	S	HHHHH	SSSSS
H	H	S	S	H	S
HHHHH	SSSSS	HHHHH	SSSSS		
H	H	S	S	H	S
H	H	S	S	HHHHH	SSSSS

Figura 1. Ejemplo de la tarea de Navon (Yamaguchi et al., 2000)

De manera natural, el sistema visual lleva a cabo un procesamiento inicialmente global seguido por uno local, a este efecto se le denominó precedencia global (Navon, 1977). La precedencia global tiene una serie de ventajas posibles para la percepción, como utilizar información de baja resolución, economización de los recursos de procesamiento y la desambiguación de distintos detalles, por lo tanto, el nivel global de una escena no se puede omitir al procesar el nivel local (Navon, 1977).

Diversos estudios han encontrado tres efectos al resolver la tarea Navon: 1) El efecto de precedencia global, que hace referencia a que los tiempos de reacción son más rápidos al responder ante los elementos globales, en comparación con los locales. 2) El efecto de consistencia, que se refiere a que los tiempos de reacción son más rápidos ante los estímulos consistentes que ante los inconsistentes. 3) El efecto de interferencia por consistencia, donde ocurre una interacción entre el tipo de procesamiento y el tipo de consistencia, obteniendo mayores tiempos de reacción en los ensayos locales inconsistentes que en los globales inconsistentes (Beaucousin et al., 2011; Gerlach & Krumborg, 2014; Han et al., 2000; Han & Chen, 1996; Navon, 1977).

Por lo tanto, el procesamiento jerárquico de la información permite optimizar los recursos atencionales necesarios para la percepción, mientras que el paradigma de Navon permite estudiar experimentalmente este proceso cognitivo.

Estudios neurofisiológicos asociados al paradigma de Navon.

Una de las maneras de examinar los procesos cognitivos, emocionales y motores es a través del estudio de la actividad eléctrica cerebral mediante la electroencefalografía (EEG) (Thigpen et al., 2017). Se han desarrollado diversos métodos para su análisis cuantitativo, entre ellos, la técnica de Potenciales Relacionados a Eventos (PREs). Esta técnica registra las fluctuaciones de voltaje, capturadas por electrodos de superficie dispuestos en el cuero cabelludo, que están relacionadas a un evento específico (p. ej., un tipo de estímulo o condición), mismo que puede ser cognitivo, sensorial o motor (Kappenman & Luck, 2011). Para obtener los PREs, se promedian fragmentos de EEG de numerosas repeticiones del estímulo (épocas), sincronizados por su inicio o por la respuesta del sujeto (Kropotov, 2016). Son representados con una forma de onda compleja, compuesta de picos positivos y negativos, que cambian en amplitud, latencia y disposición topográfica a lo largo del tiempo (Kropotov, 2016). Cada onda representa campos eléctricos asociados a la suma de potenciales postsinápticos, generados por poblaciones de neuronas corticales, por lo que esta técnica muestra una alta resolución temporal.

Con la técnica de PREs el paradigma de Navon ha sido ampliamente estudiado. Con esta técnica se han encontrado diferencias en las amplitudes y latencias correspondientes al tipo de procesamiento (global/local) y al tipo de ensayo (consistente/inconsistente), en los

componentes N1, N2, P1, P2 y P3. También varían dependiendo del sitio topográfico, así como de la lateralidad (Beaucousin et al., 2011; Evans et al., 1999; Flevaris et al., 2014; Han et al., 2000; Han & Chen, 1996; Heinze & Münte, 1993; Moynihan et al., 2016; Peng et al., 2018; Volberg & Hübner, 2004; Yamaguchi et al., 2000).

En el componente P1, se observa un efecto lateralizado para el procesamiento global/local, dado que en las regiones temporales izquierdas la amplitud en el procesamiento local es mayor que en el global, pero en las regiones temporales derechas sucede lo opuesto, mayor amplitud en global que en local (Evans et al., 1999; Han & Chen, 1996). En general se ha descrito que este componente tiene mayor amplitud ante un estímulo atendido en comparación con uno no atendido, además se ha propuesto que refleja el procesamiento sensorial y atencional inicial de un estímulo (APA, 2022).

Respecto a la diferencia en el procesamiento global/local, se ha encontrado que las amplitudes del componente N1 son mayores durante el procesamiento local en comparación con el global en regiones temporales y temporoccipitales (Han et al., 2000; Han & Chen, 1996); mientras que en regiones parietales, las amplitudes del procesamiento local fueron menores que en el procesamiento global (Beaucousin et al., 2011). El componente N1 se ha propuesto que refleja, al igual que P1, el procesamiento sensorial y atencional inicial de un estímulo (APA, 2022).

Para el componente P2, se ha encontrado que la amplitud en el procesamiento global es más grande en comparación con la del local, en regiones parietales y occipitales (Flevaris et al., 2014; Han et al., 2000). Asimismo, en este componente se ha visto un efecto dado por la inconsistencia de la tarea, en regiones centrales y parietales, resultando en amplitudes menores para la condición de consistencia, respecto a la de inconsistencia (Han & Chen, 1996). P2 refleja procesos perceptuales, como el análisis de características de los estímulos y la asignación/modulación de los recursos para el procesamiento de información. (APA, 2022)

En el componente N2, la amplitud asociada al procesamiento local es mayor comparada con el global en regiones temporales, parietales y occipitales (Evans et al., 1999; Han et al., 2000), sin embargo, este efecto se ve modificado por la lateralidad: se observa una mayor amplitud para el procesamiento global que para el local en el hemisferio derecho en regiones

frontales, temporales, parietales y occipitales (Heinze & Münte, 1993; Volberg & Hübner, 2004; Yamaguchi et al., 2000); mientras que ocurre lo contrario en el hemisferio izquierdo (Heinze & Münte, 1993; Volberg & Hübner, 2004; Yamaguchi et al., 2000). N2 se ha asociado a la categorización de estímulos visuales, al reconocimiento de objetos y al control cognitivo (Buzzell et al., 2014; Woodman, 2010)

En relación al componente P3 los hallazgos en relación al efecto global/local, son contradictorios, puesto que algunos estudios describen una amplitud mayor para el procesamiento global comparado con el local en regiones parietales y occipitales (Evans et al., 1999; Volberg & Hübner, 2004); pero también se ha reportado el efecto opuesto, mayor amplitud para el procesamiento local que para el global (Moynihan et al., 2016) en regiones parietales y occipitales. Igualmente, se ha reportado un efecto de lateralidad, mayor amplitud de P3 en el procesamiento global ante el local en el hemisferio izquierdo, mientras que el efecto contrario (mayor amplitud en local que en global) en electrodos parietales del lado derecho (Yamaguchi et al., 2000). El efecto de consistencia/inconsistencia también se reflejó en este componente, siendo la condición consistente la que obtuvo una amplitud mayor que la inconsistente en regiones frontales, parietales, temporales y occipitales (Han & Chen, 1996; Moynihan et al., 2016; Volberg & Hübner, 2004). Es importante recalcar que los resultados de este componente reportados por diversos estudios han sido contradictorios. Se ha propuesto que P3 refleja la asignación de recursos atencionales para la categorización de estímulos visuales (APA, 2022; Woodman, 2010).

La mayor amplitud en N1, N2 y P3 del procesamiento local en comparación al global se ha asociado a un mayor uso de recursos neuronales necesarios para inhibir la precedencia global y poder seleccionar las características locales (Evans et al., 1999; Han et al., 2000; Yamaguchi et al., 2000).

Para P2 también se ha asociado la mayor amplitud en la condición de inconsistencia en comparación con la de consistencia a un mayor uso de recursos neuronales frente a la inconsistencia (Han & Chen, 1996).

Los hallazgos respecto a las latencias en la tarea de Navon describen que para el componente N1, N2 y P3 el procesamiento de la información local es más tardío que el global (Han et al., 2000; Han & Chen, 1996). Para N1 en regiones temporales y occipitales, para N2

en parietales, temporales y occipitales (Evans et al., 1999; Han & Chen, 1996; Heinze & Münte, 1993) y P3, en regiones parietales (Han et al., 2000; Han & Chen, 1996; Yamaguchi et al., 2000). Además, en dichos componentes, las latencias son menores bajo la condición de consistente que en la de inconsistente (Han & Chen, 1996).

Los resultados de las latencias se han asociado a un procesamiento más rápido y corto para las características globales en comparación a la locales (Evans et al., 1999; Han & Chen, 1996).

En conclusión, estos resultados indican que, sin tomar en cuenta la lateralidad, la amplitud para los componentes N1, N2 y P3 es mayor cuando se asigna la atención al procesamiento local que al global, mientras que para el componente P2 la amplitud asociada al procesamiento global es más grande que al procesamiento local. Sin embargo, para P3 los resultados son contradictorios y, por lo tanto, no concluyentes. Cabe señalar que los componentes se ven ampliamente impactados por la lateralidad, derivado de que el hemisferio derecho domina el procesamiento global y el izquierdo el local (Flevaris et al., 2014; Han et al., 2000; Volberg & Hübner, 2004; Yamaguchi et al., 2000). Adicionalmente, todavía no se explora qué repercusión puede tener el uso de estímulos que representen una mayor demanda en la tarea, causando una variación de la demanda atencional.

Cabe destacar que también se han hecho estudios con resonancia magnética funcional (RMF) para evaluar la tarea de Navon, y se ha encontrado que se activaban más ante la condición local que la global (derivada de la interferencia del estímulo global) las redes atencionales como: la corteza prefrontal dorsomedial bilateral, giro precentral derecho y postcentral izquierdo, corteza prefrontal ventromedial derecha, regiones occipito temporales (giro temporal superior izquierdo y medial derecho), regiones sensoriales (cuña izquierda) y el hipocampo izquierdo, Mientras que para la condición global sólo una parte del tronco cerebral derecho tuvo mayor actividad comparada con la condición local (Liddell et al., 2015)

En la Tabla 1 se muestra un resumen de los resultados de los estudios descritos anteriormente.

Tabla 1. Resultados de estudios del paradigma de Navon con la técnica de PREs.

Componente	Función asociada	Hallazgo		Referencia
P1	Refleja el inicio del procesamiento sensorial y atencional.	<u>Amplitud</u> Efecto lateralizado Derecho: Global>Local Izquierdo: Local>Global		(APA, 2022; Evans et al., 1999; Han & Chen, 1996).
N1	Refleja el inicio del procesamiento sensorial y atencional.	<u>Amplitud</u> Temporal: Local>Global Parietal: Global>Local	<u>Latencia</u> Temporal y occipital: Global<Local	(APA, 2022; Beauconsin et al., 2011; Han et al., 2000; Han & Chen, 1996)
P2	Análisis de características de los estímulos.	<u>Amplitud</u> Parietal y occipital: Global>Local		(APA, 2022; Flevaris et al., 2014; Han et al., 2000; Han & Chen, 1996).
N2	Categorización de estímulos visuales, reconocimiento de objetos y control cognitivo.	<u>Amplitud</u> Efecto lateralizado Derecho: Global>Local Izquierdo: Global<Local	<u>Latencia</u> Parietal, temporal y occipital: Global<Local	(Heinze & Münte, 1993; Volberg & Hübner, 2004; Yamaguchi et al., 2000; Buzzell et al., 2014; Woodman, 2010)
P3	Asignación de recursos atencionales para la categorización de estímulos visuales.	<u>Amplitud</u> Efecto lateralizado Izquierdo Parietal Global>Local Derecho Parietal Global<Local	<u>Latencia</u> Parietal: Global<Local	(APA, 2022; Woodman, 2010; Yamaguchi et al., 2000)

Variaciones en los estímulos en la tarea de Navon

Se ha encontrado que el procesamiento global/local es sensible a variaciones en los estímulos. Por ejemplo, se han realizado variaciones en la densidad de las letras (mayor o menor dispersión entre ellas). Con esta manipulación se han obtenido mayores tiempos de reacción para los elementos locales ante estímulos más densos en comparación con los estímulos dispersos (Krakowski et al., 2018); además que no se observa el efecto de precedencia global cuando los estímulos son dispersos, pero sí cuando son densos (Lithfous et al., 2016).

Teniendo en cuenta que las variaciones en la tarea producen modificaciones en los tiempos de reacción, probablemente también ocurran cambios electrofisiológicos en el

cerebro. Se ha observado que la densidad de la configuración del estímulo global/local modula la amplitud de N1, de tal forma que una mayor amplitud se asoció con los estímulos dispersos en comparación con los densos, sin interactuar con el procesamiento global/local (Lithfous et al., 2016). En contraste, N2 sí mostró una modulación de la amplitud dependiente de la configuración del estímulo y el tipo de procesamiento: su amplitud fue mayor asociada a los estímulos locales que a los globales cuando los estímulos fueron densos; y ocurrió al revés cuando los estímulos fueron dispersos (Lithfous et al., 2016). La configuración del estímulo no moduló la amplitud o latencia de la P3.

Si bien las variaciones en las características físicas del estímulo modularon a los componentes de los PREs, se desconoce si una alta demanda atencional, por ejemplo, una mayor dificultad en la discriminación de los estímulos podría modificar el procesamiento global/local, que se refleje en la modulación de los PREs y la eficiencia conductual.

3.6 Componentes asociados al control cognitivo

El control cognitivo permite inhibir una respuesta automática para que, por medio de la atención, se lleve a cabo un análisis más detallado, la presencia o ausencia de este proceso se ve reflejado en las variaciones en los componentes de los PREs (Larson et al., 2014). Por lo tanto, se puede esperar que en la tarea de Navon, que evalúa el procesamiento global/local (en el cual es esencial inhibir la respuesta automática del estímulo global para responder al estímulo local), se registren variaciones en los componentes P2, N2 y P3, asociadas al control cognitivo.

Los componentes P2, N2 y P3 se han asociado a procesos atencionales y de control cognitivo, al presentarse durante la realización de algunas tareas. En el primero, la amplitud del componente P2 frontal está asociada al procesamiento selectivo de la atención, a la evaluación del estímulo y con incremento dependiente a la complejidad del estímulo (Kappenman & Luck, 2011; Rey-Mermet et al., 2019). Por ejemplo, en la tarea de flancos de Eriksen se ha asociado la aparición de este componente con la resolución del conflicto en los ensayos incongruentes (Rey-Mermet et al., 2019). En el segundo componente, la amplitud de N2 frontal se ha asociado a la detección de un conflicto por incongruencia de los estímulos: la amplitud es más negativa en los ensayos inconsistentes comparados con los consistentes

(Larson et al., 2014). Este efecto también se ha relacionado con la inhibición de la respuesta y el monitoreo de errores, que son parte del control cognitivo (Folstein & Van Petten, 2008). Finalmente el componente P3 frontal se ha relacionado con la orientación de la atención hacia estímulos inesperados o significativos y su latencia se asocia al tiempo de evaluación del estímulo (Folstein & Van Petten, 2008).

4. Planteamiento del problema

El procesamiento de información visual requiere la selección parcial de la información proveniente de la entrada sensorial. En una primera instancia, se hace una evaluación global de los objetos, seguido de una evaluación local. Se sabe que el procesamiento global interfiere con el local. Numerosas investigaciones han estudiado la atención selectiva, a través del uso de la tarea de Navon, manipulando el estímulo (p. ej., frecuencia espacial, figuras geométricas, dibujos en lugar de letras o números) (Beaucousin et al., 2011; Chamberlain et al., 2017; Gerlach & Krumborg, 2014) o utilizándola para evaluar diferencias entre grupos, (p. ej., edad, cultura o psicopatología) (Bellgrove et al., 2003; Davidoff et al., 2008; Müller-Oehring et al., 2007; Van der Hallen et al., 2015). Sin embargo, se desconoce si el procesamiento jerárquico de la información se modula incrementando la dificultad de la discriminación de las características físicas de los estímulos, generando una mayor demanda atencional, por una similitud entre ellos. Este estudio permite conocer el efecto de la demanda atencional en el procesamiento jerárquico de información visual.

5. Pregunta de investigación

¿El procesamiento jerárquico global/local cambia en función de la demanda atencional?

6. Objetivo general

Evaluar si la demanda atencional en el procesamiento jerárquico global/local modifica la respuesta conductual y de los PREs

6.1 Objetivos específicos:

- Evaluar si la demanda atencional del procesamiento jerárquico global/local modifica los tiempos de reacción y la precisión en las respuestas.

- Evaluar si la demanda atencional del procesamiento jerárquico global/local modifica la amplitud y la latencia de los componentes P2, N2 y P3

7. Hipótesis

- a) Las amplitudes de los componentes P2, N2 y P3 frontales y centrales son mayores ante la condición de alta demanda atencional, en comparación con la condición de baja demanda atencional.
- b) Las latencias de los componentes P2, N2 y P3 frontales y centrales son mayores en la condición alta demanda atencional en comparación con la condición de baja demanda atencional.

8. Método

8.1 Participantes

A través de un muestreo por conveniencia se reclutaron a 63 participantes voluntarios. Una vez que se verificó que cumplían con los criterios de inclusión, los participantes firmaron una carta de consentimiento informado, la cual fue aprobada por la Comisión de Investigación y Ética de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Los **criterios de inclusión** con los que los participantes cumplieron para formar parte del estudio fueron los siguientes: Tener edad entre 20 y 30 años, no presentar enfermedades neurológicas o psiquiátricas tanto el participante como sus familiares en línea directa (padres, hermanos o hijos), **visión normal o corregida**, tener por lo menos 12 años de escolaridad formal, lateralidad diestra, no haber consumido algún medicamento que afectara al sistema nervioso central al momento que se llevó a cabo la sesión, no haber consumido alguna droga ilícita, esteroides y/o psicofármacos en un periodo previo de 12 meses, no haber consumido alcohol, sustancias naturistas o bebidas energizantes 24 horas antes de la sesión, no presentar trastorno por abuso de sustancias de alcohol, ni de tabaco, así como ausencia de sintomatología severa asociada a depresión o ansiedad.

Los **criterios de eliminación** fueron los siguientes: Tener un porcentaje mayor al 10% de no respuestas en cualquiera de las condiciones (Global Baja, Global Alta, Local Baja y Local Alta). Que los participantes parpadearan o se movieran constantemente durante el

registro electroencefalográfico (ver apartado 6.5). La detección de artefactos en más del 40% de la señal segmentada durante el procesamiento de la señal para la obtención de los PREs.

Por los criterios de eliminación la muestra se redujo a 39 participantes, eliminando a 24 participantes. En total fueron 21 hombres y 18 mujeres, con una media de edad de 23.2 ± 2.64 años.

8.2 *Materiales*

8.2.1 *Aparatos*

Se utilizó una computadora con el software E-Prime V.2.0. (Psychology Software Tools, Inc., Pittsburgh, PA) tanto para la presentación de la tarea como para el registro de las respuestas de los participantes. Las respuestas tenían dos opciones que se registraron con dos cajas de respuestas (izquierda y derecha).

Para el registro de la actividad eléctrica cerebral se utilizaron 32 electrodos Ag /AgCl, utilizando el sistema HydroCel Geodesic EEG System (EGI). El registro se realizó en una computadora Macintosh con el software Net Station versión 4.5.6 de EGI® (Eugene, OR, USA).

8.2.2 *Instrumentos y cuestionarios*

Carta de consentimiento informado

Es un documento en el que se le proporcionó al participante información sobre el objetivo, la justificación, el procedimiento, los beneficios y los riesgos asociados al estudio. Se menciona que la participación es totalmente voluntaria, así como la posibilidad de retirarse en el momento que desee. También se explica que los datos proporcionados serán confidenciales y de uso exclusivo para la investigación. La carta fue avalada por la Comisión de Investigación y Ética de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Cuestionario de datos generales

Se utilizó para la adquisición de datos generales de los participantes, como son: nombre completo, fecha de nacimiento, edad, teléfono, correo electrónico, años de estudio, presencia de enfermedad(es) y consumo de medicamentos al momento del estudio. Estos datos son

confidenciales y sólo se usarán para poder contactar a los participantes y entregarles resultados de la investigación.

Cuestionario de antecedentes neurológicos y psiquiátricos

Se utilizó para detectar si el participante y/o alguno de sus familiares en línea directa (padres, hermanos o hijos) han sido diagnosticados con padecimientos neurológicos o psiquiátricos, como depresión, trastornos de ansiedad (ansiedad generalizada, fobia específica o fobia social), trastorno por estrés postraumático, trastorno obsesivo compulsivo y trastorno por déficit de atención e hiperactividad. Fueron excluidos aquellos que fueron diagnosticados con alguno de estos trastornos en los últimos 12 meses previos a la participación en el estudio o quienes han presentado epilepsia, traumatismo craneoencefálico con pérdida de la conciencia de 30 min o más y/o narcolepsia, o si ellos o algún familiar de línea directa presentan trastorno autista, trastorno de Asperger, trastorno de Tourette, esquizofrenia, enfermedad de Parkinson, enfermedad de Huntington y/o enfermedad de Alzheimer. Este cuestionario está basado en el Inventario MINI Entrevista Neuropsiquiátrica Internacional (Ferrando, Bobes, Gibert, Soto & Soto, 2000).

Cuestionario de uso de sustancias

Tuvo el propósito de conocer si el participante había consumido alguna sustancia como cafeína, tabaco, alcohol, marihuana, narcóticos, alucinógenos, tranquilizantes, esteroides, sustancias naturistas, bebidas energizantes o alguna otra sustancia psicotrópica previamente a la sesión experimental. Respecto al uso de drogas ilícitas y esteroides no debieron haberse consumido por lo menos en un periodo de 12 meses antes de la sesión, para el consumo de alcohol, sustancias naturistas y bebidas energizantes no tuvieron que ser consumidas 24 hrs antes de la sesión experimental. El cuestionario se basa en el Inventario MINI Entrevista Neuropsiquiátrica Internacional (Ferrando et al., 2000).

Inventario de Edimburgo (Oldfield, 1971)

Con el propósito de asegurar que el participante fuera diestro, se utilizó este inventario, en el que se evalúa la lateralidad a partir de preguntas del uso de las manos y otras partes del cuerpo, a través de 12 preguntas. Los puntajes resultantes van de -100 a 100, si el participante obtiene un puntaje de 40 a 100 indica lateralidad diestra, un puntaje de -39 a 39 indica

lateralidad ambidiestra y puntajes de -100 a -40 lateralidad zurda. Sólo participaron las personas con lateralidad diestra para evitar algún efecto por lateralidad ambidiestra o zurda.

Inventario de depresión de Beck

Este inventario evalúa la sintomatología asociada a la depresión que se ha presentado en los siete días previos a la evaluación, consta de 21 ítems con cuatro posibles respuestas que van del 0 (ausencia del síntoma) al 3 (alta severidad). Los puntajes están en un rango de 0 a 63, donde 0-9 indican ausencia del síntoma, 10-16 presencia leve de los síntomas, 17-29 presencia moderada de los síntomas y de 30-63 presencia grave de los síntomas. Si los participantes obtenían un puntaje igual o mayor a 30 no podían participar. Se usó la versión adaptada y validada para población mexicana (Jurado et al., 1998).

Inventario de ansiedad de Beck

Este inventario evalúa la sintomatología asociada a la ansiedad que se ha presentado en los siete días previos a la evaluación, consta de 21 ítems con cuatro posibles respuestas que van del 0 (poco o nada) al 3 (severamente). Los puntajes están en un rango de 0 a 63, donde 0-5 indican presencia mínima del síntoma, 6-15 presencia leve de los síntomas, 16-30 presencia moderada de los síntomas y de 31-63 presencia grave de los síntomas. Si los participantes obtenían un puntaje igual o mayor a 31, no podían participar. Se usó la versión adaptada y validada para población mexicana (Robles, Varela, Jurado, y Páez, 2001).

Escala Breve de Inteligencia Shipley-2 (Shipley, Gruber, Martin y Klein, 2014)

Es un instrumento autoaplicable de lápiz y papel que evalúa en un tiempo breve la inteligencia en niños, adolescentes y adultos, mediante la evaluación de dos tipos de inteligencia: inteligencia fluida e inteligencia cristalizada; a través de tres subpruebas. En el estudio sólo se usó la prueba de vocabulario, que evalúa la inteligencia cristalizada (40 reactivos), y la prueba de abstracción, que evalúa la inteligencia fluida (25 reactivos). La inteligencia general se evalúa mediante la suma de las puntuaciones estándar obtenidas de la medición de la inteligencia fluida y cristalizada. Puntuaciones estándar de 90 o más, se consideran como un coeficiente intelectual promedio o mayor- Sólo participaron personas con puntuación >90.

8.3 Tarea experimental

La atención selectiva se evaluó a partir de la tarea del procesamiento atencional de Navon (1977).

Estímulos

Se usaron las letras H o S, y los dígitos 4 o 5, para las letras grandes con un ángulo visual de 3.68° vertical y 1.86° horizontal. Para las letras (H o S) y números pequeños (4 o 5) un ángulo visual de 0.27° vertical y 0.17° horizontal. Los estímulos se desplegaron en gris oscuro (R= 100, G= 100, B=100) en un fondo gris claro (R: 200, G:200, B:200) en la pantalla de la computadora. El participante se colocó a un metro de distancia del monitor donde se mostraron los estímulos.

Condiciones experimentales

La tarea se constituyó por las siguientes condiciones experimentales: 1. Tipo de procesamiento atencional: global y local. El procesamiento global se evalúa ante las respuestas a las letras o números grandes y el procesamiento local ante las letras o números pequeños. 2. Tipo de ensayo: consistentes e inconsistentes; la consistencia se refiere a que las letras y números grandes son los mismos caracteres que las letras y números pequeños; la inconsistencia es cuando las letras y números grandes, son diferentes a las letras y números pequeños. 3. Dos tipos de demanda atencional: baja y alta; la demanda baja se observa cuando tanto las letras y números grandes, así como los pequeños no tienen similitud entre ellos (p.ej., una letra S grande hecha de letras H pequeñas; ver Figura 2), mientras que, en la complejidad alta, las letras y números tanto grandes como pequeños tienen similitud entre ellos (p.ej., la letra S grande hecha de números 5 pequeños; ver Figura 3).

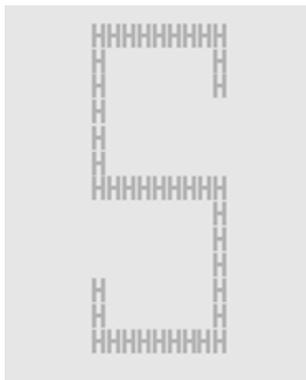


Figura 2. Ejemplo de un estímulo de baja demanda atencional



Figura 3. Ejemplo de un estímulo de alta demanda atencional

Ensayos de la tarea

Un ensayo inicia con un punto de fijación que es una cruz al centro de la pantalla (duración aleatoria entre 600 y 1000 ms), seguida del estímulo objetivo que será una letra (H o S) o un número grande (4 o 5) conformado por letras (H o S) o números pequeños (4 o 5); estos estímulos variarán en función del bloque (ver más adelante; Figuras 4 y 5). La tarea del participante consistió en indicar, mediante la presión de un botón de una caja de respuesta (derecha o izquierda) de qué letra o número se trataba (esto es: H o S; 4 o 5; 4 o H; S o 5). La asignación de la discriminación entre los estímulos dependió del bloque que realizó el sujeto (ver más adelante; Figura 4 y 5).

En total, la tarea estuvo compuesta por cuatro bloques (480 ensayos por cada bloque; 1920 ensayos en total), dos de ellos evaluaron el procesamiento global y dos el procesamiento local; además, un bloque global fue para la condición de baja demanda; mientras el otro fue para la condición de alta demanda, sucediendo lo mismo para el bloque local. Los bloques se contrabalancearon entre participantes. Se midió el desempeño en la tarea mediante el porcentaje de respuestas correctas y los tiempos de reacción (sólo de las respuestas correctas).

Ensayo de baja demanda

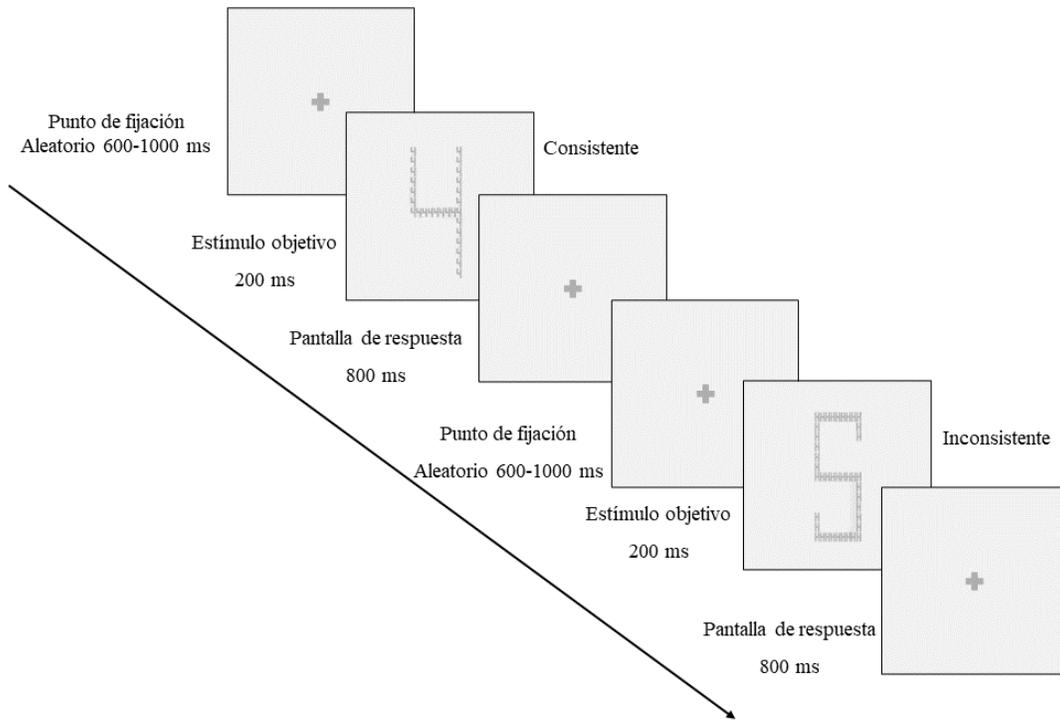


Figura 4. Ejemplo de los ensayos en la condición de baja demanda.

Ensayo de alta demanda

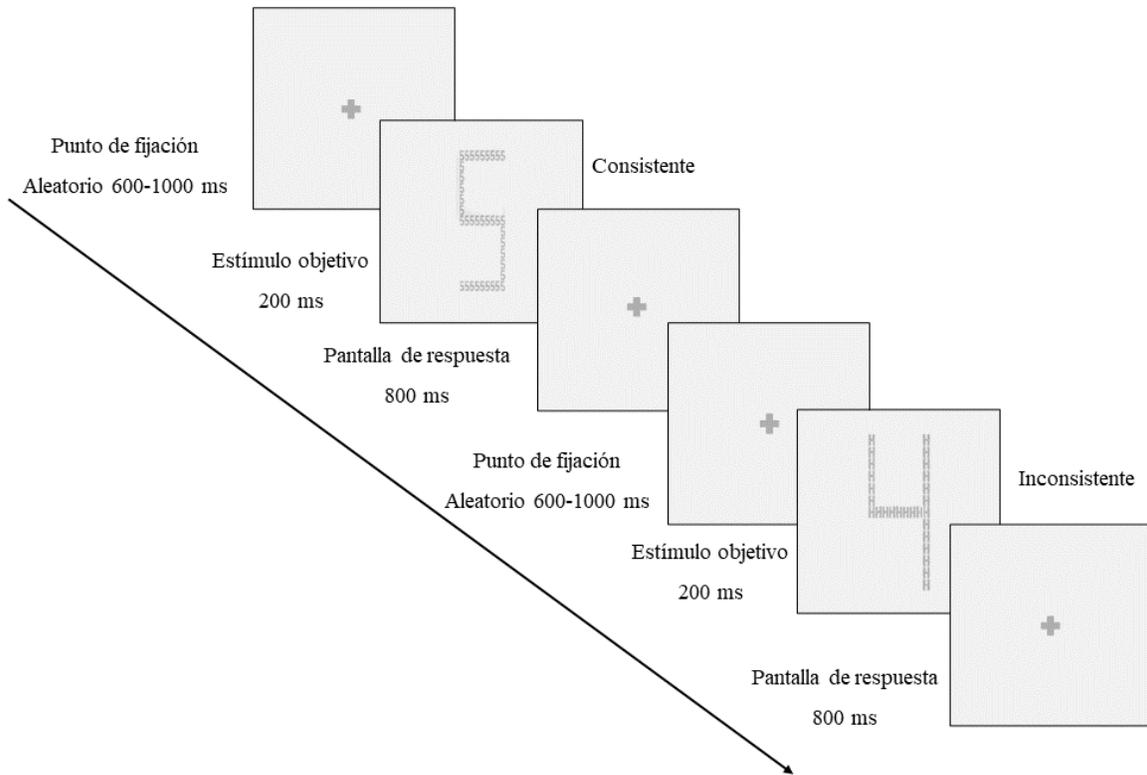


Figura 5. Ejemplo de los ensayos en la condición de alta demanda

8.4 Procedimiento

A través de carteles, redes sociales e invitaciones personales, se reclutó a los participantes. Al tener su número de teléfono, se les hizo una llamada para la recaudación inicial de datos; para saber si eran potenciales candidatos para participar, se hicieron una serie de preguntas relacionadas con los criterios de inclusión (edad, lateralidad, padecimiento de enfermedades y consumo de sustancias). Al cumplir con los criterios, se agendó una cita en el Laboratorio de Neurogenómica Cognitiva, el día y horario que ellos elegían.

Después de que el participante agendó la cita, asistió al Laboratorio para llevar a cabo la sesión experimental, realizando el siguiente procedimiento: Se le entregó al participante la

carta de consentimiento informado para que lo firmara si estaba de acuerdo; continuó una breve entrevista para obtener todos los datos concernientes a los criterios de inclusión, por lo que se aplicaron: Cuestionario de datos generales, Cuestionario de antecedentes neurológicos y psiquiátricos, Cuestionario de uso de sustancias, Inventario de Edimburgo, Inventario de Depresión de Beck, Inventario de Ansiedad de Beck, Total de horas dormidas y Sensación de descanso al levantarse. También se le realizaba una evaluación de la vista, para asegurarse que pudiera ver los estímulos a un metro de distancia, así como si usaba lentes, se le pedía que los usaran durante la realización de la tarea. Si el individuo cubría todos los criterios de inclusión, la fase experimental daba inicio. En la fase experimental se le colocaron al participante electrodos, empleando el Sistema Internacional 10-20; se le explicó qué conductas (movimientos y gestos que debe evitar) para evitar generar artefactos en la señal electrofisiológica. Posterior a la colocación de los electrodos, se acomodó al participante frente a la computadora para que se colocara a un metro de distancia, se le entregaron las cajas de respuesta (explicando cómo deben de ser tomadas y utilizadas) y se le mostraron las instrucciones para realizar la tarea. Después se le pidió que parafraseara todas las instrucciones que se le habían presentado en la pantalla, para asegurarnos que las hubiera entendido correctamente. Posteriormente, el participante resolvió las tareas de Navon, cada bloque estuvo precedido por un bloque de ensayos de práctica que consistió en resolver 10 ensayos donde se le dio retroalimentación por cada uno y en caso de que tuviera más de dos errores repetía la práctica hasta que lograra tener todos los ensayos correctos o tuviera máximo dos errores. Los bloques experimentales estaban contrabalanceados entre sujetos. Al inicio de cada bloque se revisaban las impedancias de los electrodos para asegurarnos que se mantuvieran por debajo de los 50 k Ω . Las respuestas conductuales fueron registradas por el software E-prime 2.0 (Psychology Software Tools Inc., Pittsburg, PA, USA) y la actividad eléctrica cerebral por Net Station 4.0 (Eugene, OR, USA). Al terminar las tareas de Navon, al participante se le retiraron los electrodos. Al finalizar la sesión el participante resolvió la Escala Breve de Inteligencia Shipley-2.

8.5 *Registro Electroencefalográfico.*

Para el registro de la actividad eléctrica cerebral se utilizaron 32 electrodos Ag /AgCl, utilizando el sistema Hydro-Cel Geodesic EEG (EGI) con Net Station 4.0 (Eugene, OR,

USA). Se registró la señal del EEG con una frecuencia de muestreo de 1000 Hz y una impedancia por debajo de 50 k Ω como lo recomienda Luck (2014). También para detectar parpadeos se utilizaron electrodos debajo y encima de los ojos (electro-oculograma-vertical, VEOG) y en el canto externo para detectar movimientos horizontales (HEOG). Adicionalmente, se utilizaron electrodos tanto en la mandíbula como en los pómulos para detectar movimientos musculares.

Procesamiento de la señal de EEG

La señal de EEG fue re-ferenciada al promedio de los mastoides (mastoide izquierdo y derecho). Se corrigieron los artefactos provocados por movimientos oculares y parpadeos usando el análisis de componentes independientes (ICA, por sus siglas en inglés) para cada evento del procesamiento de interés, como sugiere Luck (2014). Para los análisis se consideró la región Frontal (F3, FZ, F4) y Central (C3,Cz,C4), ya que se consideraron de interés por ser las regiones asociadas al control cognitivo y al procesamiento jerárquico de la información (Folstein & Van Petten, 2008).

Obtención de los PREs

La señal fue filtrada con un filtro pasa altas de 0.01 Hz y un filtro pasa bajas de 30 Hz, para quitar señal que fuera ajena a la actividad eléctrica cerebral. También se tomó en cuenta la línea base con una duración de 20% para cada estímulo de interés como sugiere Luck (2014).

Basándonos en las recomendaciones de Luck (2014) para el correcto procesamiento de la señal de EEG, se rechazaron los segmentos remanentes de la corrección por ICA, que tuvieran señal artefactada con voltajes por arriba de +50 μ V o por debajo o por debajo de -50 μ V, dado que comúnmente representa el voltaje de los parpadeos. En el análisis no se incluyeron a los participantes que tuvieran más del 40% de rechazo de segmentos por señal artefactada, ya que esta podía estar contaminada con actividad eléctrica diferente a la del cerebro. Se realizó la corrección de línea base de los PREs desde el intervalo previo al estímulo y hasta el tiempo 0 ms. Después se realizó el gran promedio de cada individuo por estímulo de interés y, finalmente, el gran promedio entre participantes.

9. Análisis de datos

Los tiempos de reacción (TR) y el porcentaje de respuestas correctas (%RC) obtenidas de las tareas de Navon, se analizaron con una prueba de análisis de varianza (por sus siglas en inglés, ANOVA) para medidas repetidas 2x2x2, tomando como primer factor al tipo de procesamiento (global/local), seguido por la demanda atencional (alta/baja) y como tercer factor el tipo de ensayo (consistente/inconsistente).

Derivado de los resultados obtenidos por diferentes estudios (Beaucousin et al., 2011; Evans et al., 1999; Flearis et al., 2014; Han et al., 2000; Han & Chen, 1996; Heinze & Münte, 1993; Moynihan et al., 2016; Peng et al., 2018; Volberg & Hübner, 2004; Yamaguchi et al., 2000) se consideraron los componentes P2, N2 y P3 para el análisis del procesamiento global/local con ventanas de medición para P2 de 190 a 210 ms, N2 de 200 a 450 ms y P3 de 450 a 700 ms.

Para los resultados en amplitud y latencia de los PREs (P2, N2 y P3), se analizó cada uno de estos componentes con una prueba ANOVA para medidas repetidas 2x2x2x2x3, tomando como factores al tipo de procesamiento (global/local), tipo de demanda atencional (baja/alta), tipo de ensayo (consistente/inconsistente), región del electrodo (frontal/central) y localización del electrodo (3,Z,4).

Para todos los análisis se realizó la prueba de Mauchly para comprobar el supuesto de esfericidad (igualdad de varianzas entre los factores) y en caso de que no existiera esta igualdad, se utilizó la prueba de Greenhouse-Geisser para corregir la falta de esfericidad, que proporciona un índice corrector llamado épsilon (ϵ), que corrige los grados de libertad de F para cumplir con el requerimiento estadístico. Tanto para los resultados conductuales como para los electrofisiológicos, se consideraron significativos los que obtuvieron $p < 0.05$. También, cuando se requirió, se empleó la prueba de Tukey Honest Significant Difference como prueba post hoc. Además, los resultados se sometieron a corrección por comparaciones múltiples para evitar el error tipo 1.

10. Resultados

En la Tabla 2 se muestran los datos demográficos de la muestra.

Tabla 2. Datos descriptivos de la muestra.

	<i>n</i>	39
<i>Hombres/Mujeres (n)</i>		21/18
<i>Edad (años)^a</i>		23.2 ± 2.64
<i>Años de escolaridad^a</i>		15.8 ± 1.98
<i>Inventario de lateralidad de Edimburgo^b</i>		88 (47-100)
<i>Índice de masa corporal (kg/m²)^a</i>		24.5 ± 3.51
<i>Inventario de depresión de Beck^b</i>		7 (0-26)
<i>Inventario de ansiedad de Beck^b</i>		7 (0-30)
<i>Número de horas dormidas antes de la sesión experimental^a</i>		7.1 ± 1.43
<i>Escala breve de inteligencia (SHIPLEY-2)^a</i>		112.6 ± 6.16
<i>Fase del ciclo menstrual: Folicular (n)</i>		9
<i>Fase del ciclo menstrual: Ovulatoria (n)</i>		3
<i>Fase del ciclo menstrual: Lútea (n)</i>		6

^aMedia ± desviación estándar.

^bMediana (Min-Max).

10.1 Porcentaje de respuestas correctas (%RC)

Los resultados de los análisis estadísticos del porcentaje de respuestas correctas (%RC) se muestran en la Tabla 3. El efecto significativo en el factor demanda atencional se muestra en la Figura 6. Los efectos significativos para tipo de ensayo y para la interacción tipo de procesamiento x tipo de ensayo se muestran en la Figura 7.

Tabla 3. Porcentaje de Respuestas correctas (%RC). Resultados estadísticos de los factores tipo de procesamiento (global/local), tipo de demanda atencional (baja/alta), tipo de ensayo (consistente/inconsistente) y sus interacciones. En negrillas se marcan los resultados significativos.

	Factor	F	<i>p</i>	ϵ	Tukey's HSD
RC	Tipo de procesamiento	$F_{(1,38)}=$	0.092	1.00	
		3.00			
	Demanda atencional	$F_{(1,38)}=$	<0.0001	1.00	Baja > Alta
		20.09			

Tipo de ensayo	$F_{(1,38)} = 46.32$	<0.0001	1.00	Con>Inc
Tipo de procesamiento x Demanda atencional	$F_{(1,38)} = 0.11$	0.747	1.00	
Tipo de procesamiento x Tipo de ensayo	$F_{(1,38)} = 23.12$	<0.0001	1.00	GIn>LIn LCo>LIn
Demanda atencional x Tipo de ensayo	$F_{(1,38)} = 0.38$	0.846	1.00	
Tipo de procesamiento x Demanda atencional x Tipo de ensayo	$F_{(1,38)} = 0.005$	0.946	1.00	

Abreviaturas: ϵ (Corrección de la esfericidad; si es <1 no se cumple el criterio de esfericidad, por lo que se corrigen los grados de libertad para cumplir con el requerimiento estadístico), G (Global), L (Local), Co (Consistente), In (Inconsistente).

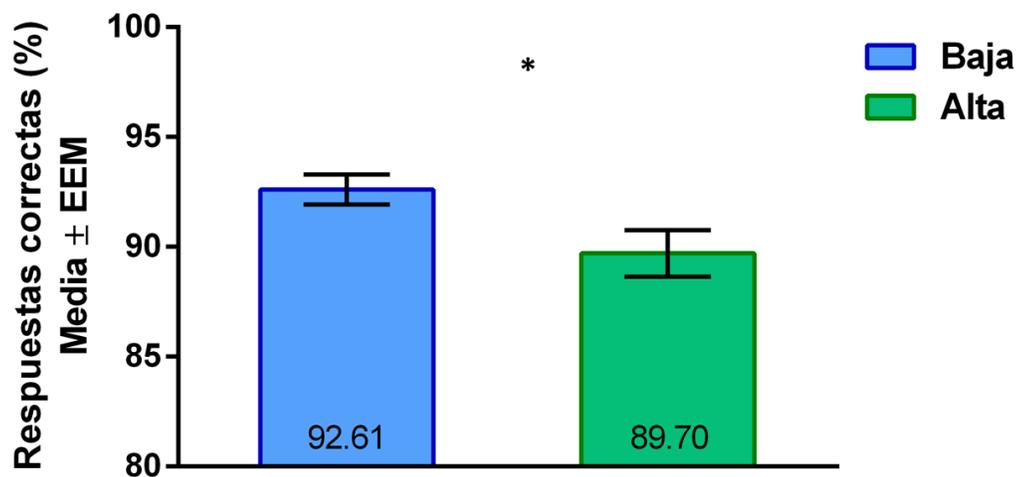


Figura 6. Medias y error estándar de la media del porcentaje de respuestas correctas (%RC) en función del factor demanda atencional. $*p < 0.0001$

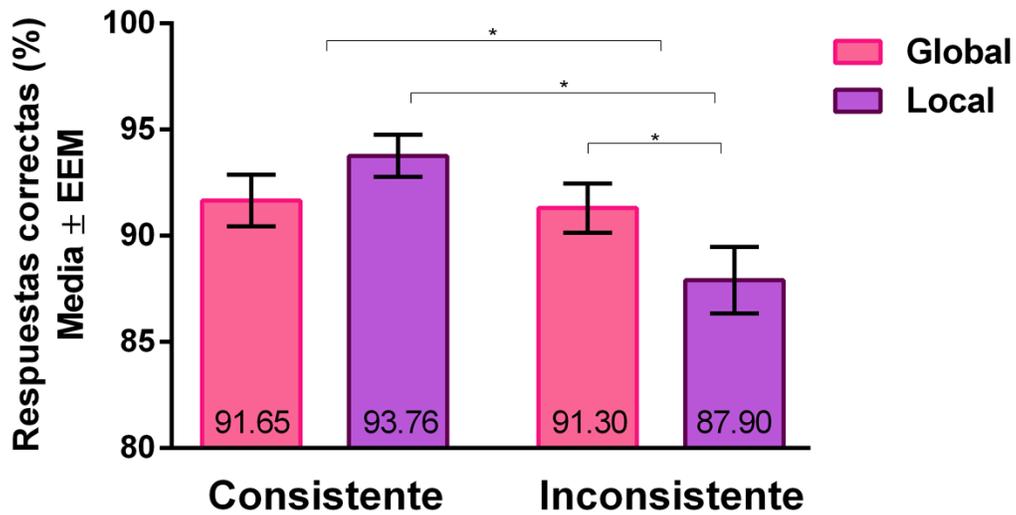


Figura 7. Medias y error estándar de la media del porcentaje de respuestas correctas (%RC). Se observó un efecto significativo para el tipo de ensayo (Consistente vs. Inconsistente) y la interacción significativa entre el tipo de procesamiento (Global/Local) y tipo de ensayo (Consistente/Inconsistente). $*p < 0.0001$

10.2 Tiempos de reacción

Los resultados de los análisis estadísticos de los tiempos de reacción (TR) se muestran en la Tabla 4. El efecto significativo en el factor tipo de procesamiento se muestra en la Figura 8, el de demanda atencional en la Figura 9, el de tipo de ensayo en la Figura 10 y los efectos significativos en las interacciones se muestran en la Figura 11.

Tabla 4. Tiempos de reacción (TR). Resultados estadísticos de los factores tipo de procesamiento (global/local), tipo de demanda atencional (baja/alta), tipo de ensayo (consistente/inconsistente) y sus interacciones

	Factor	F	p	ε	Tukey's HSD
	Tipo de procesamiento	$F_{(1,38)} = 240.87$	<0.0001	1.00	Glo < Loc
	Demanda atencional	$F_{(1,38)} = 46.47$	<0.0001	1.00	Baja < Alta
	Tipo de ensayo	$F_{(1,38)} = 271.87$	<0.0001	1.00	Con < Inc
	Tipo de procesamiento x Demanda atencional	$F_{(1,38)} = 14.59$	<0.0001	1.00	GB<LB GA<LA GB<GA LB<LA
TR	Tipo de procesamiento x Tipo de ensayo	$F_{(1,38)} = 116.63$	<0.0001	1.00	GCo<LCo GIn<LIn LCo<LIn
	Demanda atencional x Tipo de ensayo	$F_{(1,38)} = 28.47$	<0.0001	1.00	BCo<ACo BIn<AIn BCo<BIn ACo<AIn
	Tipo de procesamiento x Demanda atencional x Tipo de ensayo	$F_{(1,38)} = 30.02$	<0.0001	1.00	GB<LB: Co,In GA<LA: Co,In GB<GA: Co,In LB<LA: Co,In LBCo<LBIn LACo<LAIn

Abreviaturas: ε (Corrección de la esfericidad; si es <1 no se cumple el criterio de esfericidad, por lo que se corrigen los grados de libertad para cumplir con el requerimiento estadístico), G (Global), L (Local), B (Baja), A (Alta), Co (Consistente), In (Inconsistente). La letra de color azul marca la condición que es diferente para cada interacción.

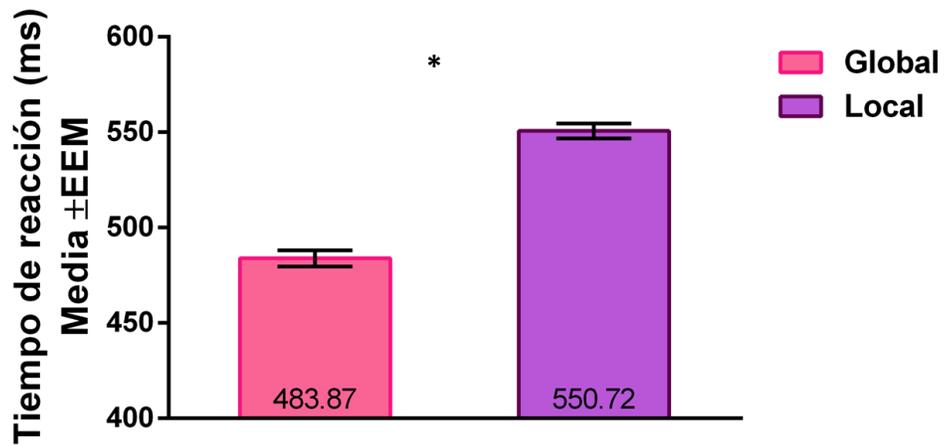


Figura 8. Medias y error estándar de la media de los tiempos de reacción (TR) para el factor procesamiento. * $p < 0.0001$

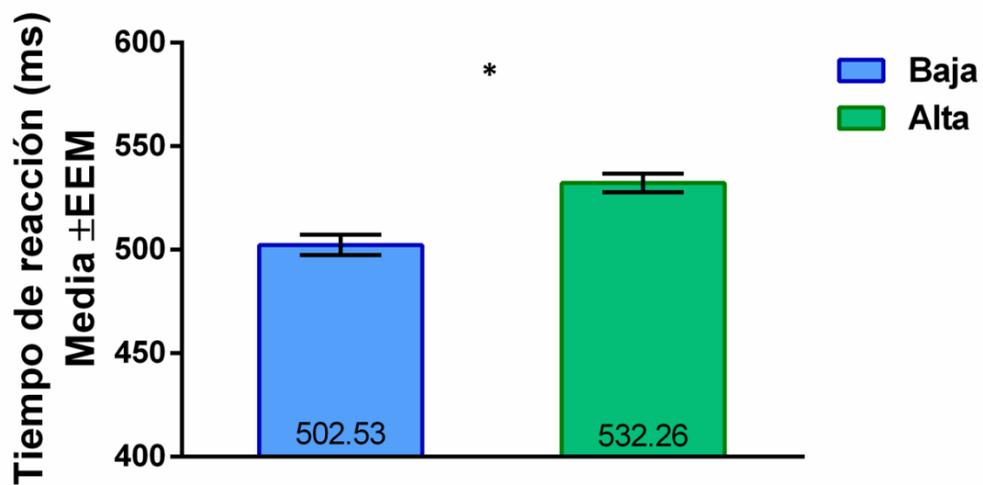


Figura 9. Medias y error estándar de la media de los tiempos de reacción (TR) para el factor demanda atencional. * $p < 0.0001$

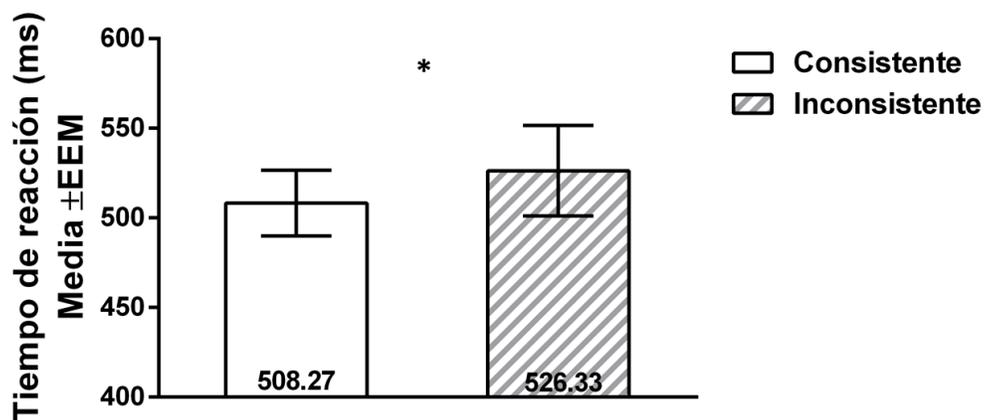


Figura 10. Tiempos de reacción (TR) para el factor tipo de ensayo. * $p < 0.0001$

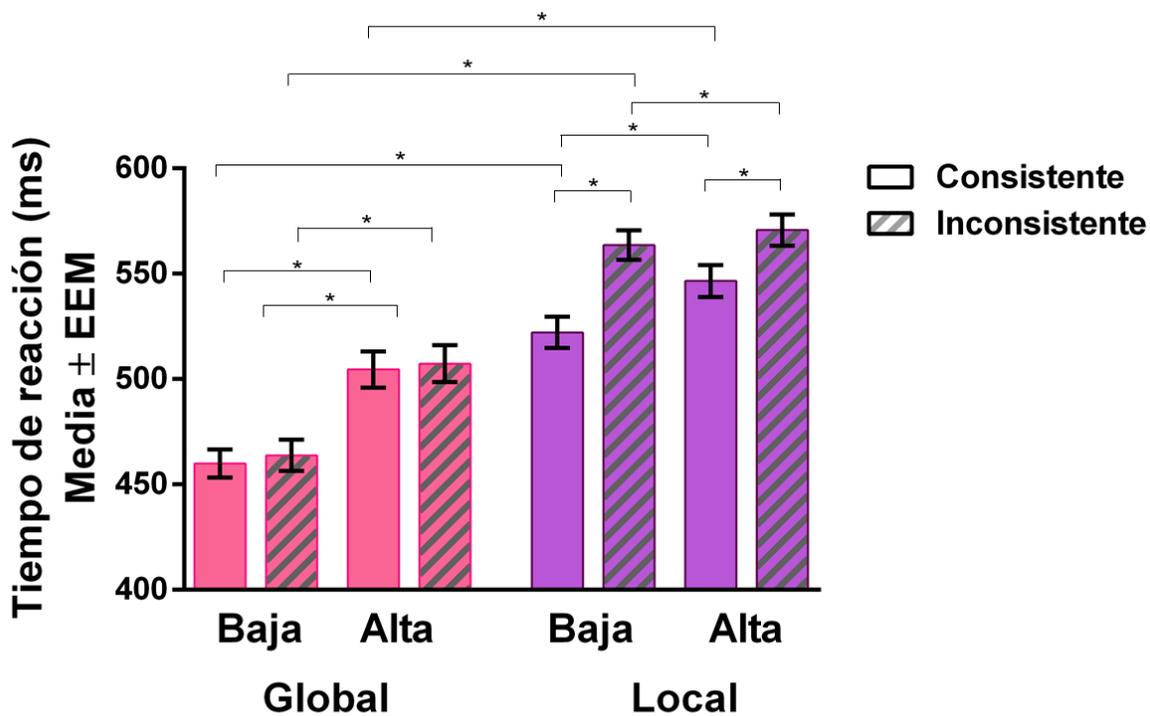


Figura 11. Tiempos de reacción (TR) para la interacción. Factores tipo de procesamiento (Global/Local), tipo de demanda atencional (Baja vs. Alta) y tipo de ensayo (Consistente/Inconsistente). * $p < 0.0001$

10.3 Potenciales Relacionados a Eventos

Los PREs obtenidos de la tarea experimental se muestran a continuación.

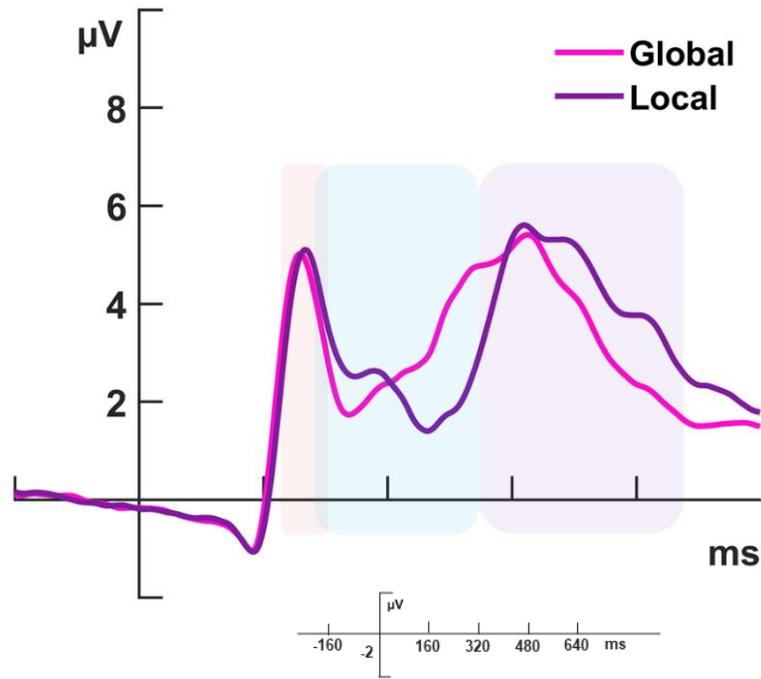


Figura 12. Gran promedio ($n=39$) de los PREs para el factor procesamiento. Los componentes analizados se indican con el recuadro de color; P2 (190-210 ms) corresponde al recuadro rosa claro, N2 (200-450 ms) al recuadro azul claro y P3 (450-700 ms) al recuadro violeta. Se encontraron diferencias significativas tanto en amplitud como en latencia en los componentes N2 y P3 ($p<0.05$).

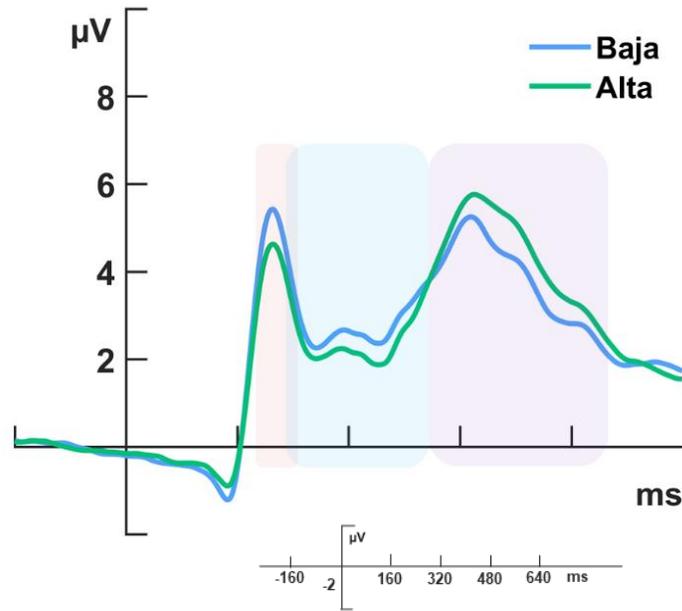


Figura 13. Gran promedio ($n=39$) de los PREs para el factor demanda atencional. Los componentes analizados se indican con el recuadro de color; P2 (190-210 ms) corresponde al recuadro rosa claro, N2 (200-450 ms) al recuadro azul claro y P3 (450-700 ms) al recuadro violeta. Se encontraron diferencias significativas tanto en amplitud como en latencia en los componentes N2 y P3 y sólo en amplitud para el componente P2 ($p<0.05$).

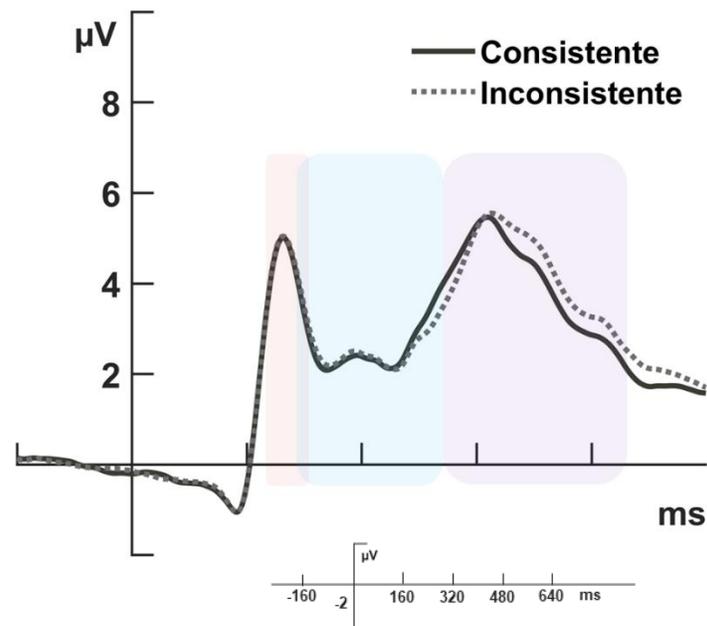


Figura 14. Gran promedio ($n=39$) de los PREs para el factor consistencia. Los componentes analizados se indican con el recuadro de color; P2 (190-210 ms) corresponde al recuadro rosa claro, N2 (200-450 ms) al recuadro azul claro y P3 (450-700 ms) al recuadro violeta. Se encontraron diferencias significativas tanto en amplitud como en latencia en el componente P3 y sólo en latencia para el componente N2 ($p<0.05$).

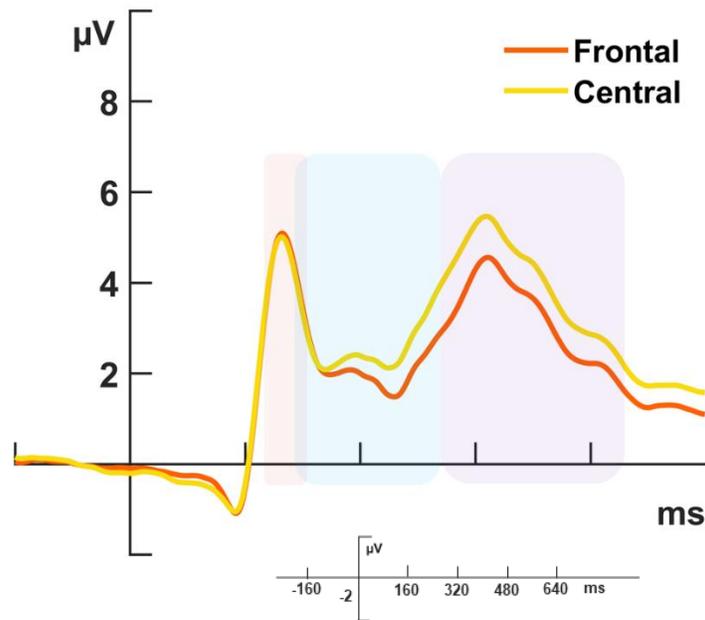


Figura 15. Gran promedio ($n=39$) de los PREs para el factor región. Los componentes analizados se indican con el recuadro de color; P2 (190-210 ms) corresponde al recuadro rosa claro, N2 (200-450 ms) al recuadro azul claro y P3 (450-700 ms) al recuadro violeta. Se encontraron diferencias significativas tanto en amplitud como en latencia en el componente P3 y sólo en latencia para el componente N2 ($p<0.05$).

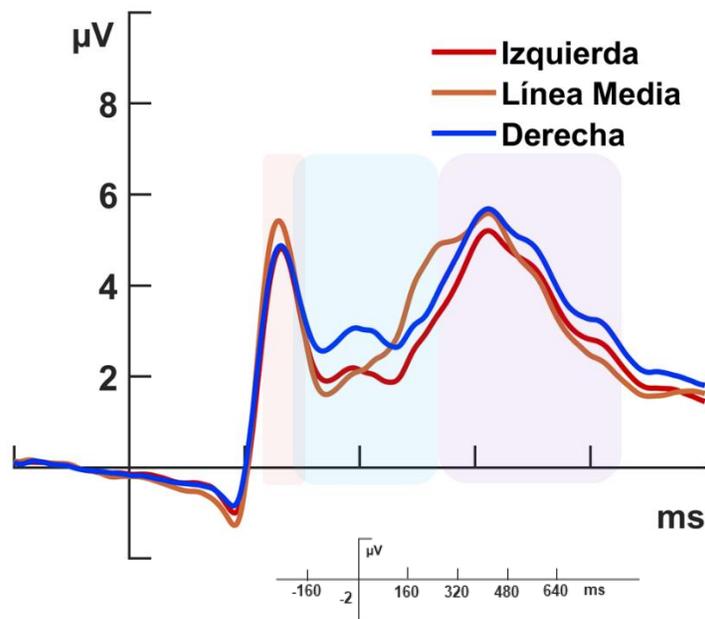


Figura 16. Gran promedio ($n=39$) de los PREs para el factor localización. Los componentes analizados se indican con el recuadro de color; P2 (190-210 ms) corresponde al recuadro rosa claro, N2 (200-450 ms) al recuadro azul claro y P3 (450-700 ms) al recuadro violeta. Se encontraron diferencias significativas en amplitud en los componentes P2, N2 y P3 ($p<0.05$).

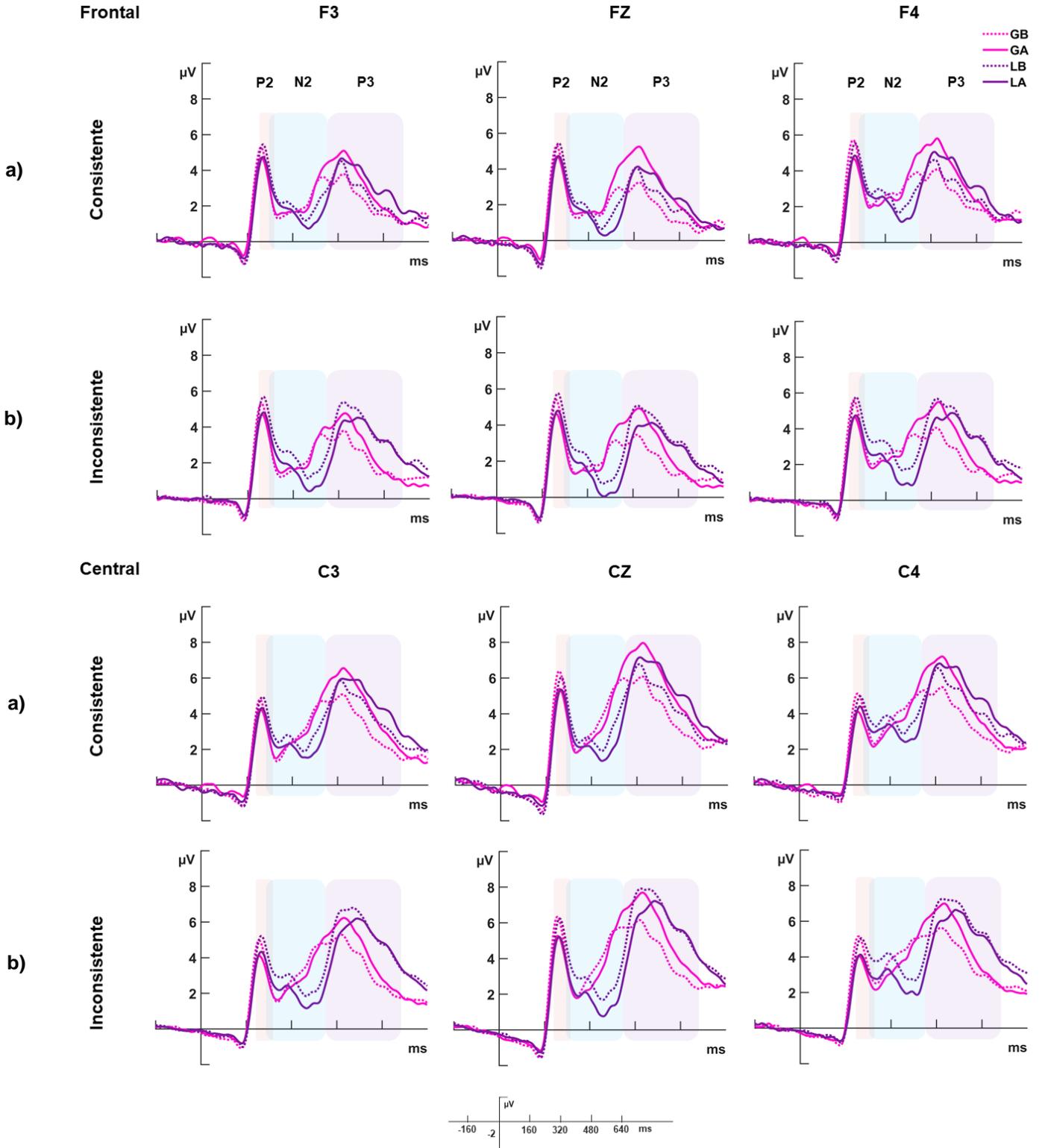


Figura 17. Gran promedio ($n=39$) de los PREs para los factores principales y sus interacciones. La figura se divide en cuatro filas, las primeras dos filas corresponden a los electrodos frontales y las últimas dos a los electrodos centrales (región del electrodo), a su vez ambas se subdividen en fila *a* para la condición consistente y fila *b* para inconsistente

(tipo de ensayo), también se divide en tres columnas, correspondientes a localización electrodo. Los componentes analizados se indican con el recuadro de color; P2 (190-210 ms) corresponde al recuadro rosa claro, N2 (200-450 ms) al recuadro azul claro y P3 (450-700 ms) al recuadro violeta. Abreviaturas: GB (Global Baja), GA (Global Alta), LB (Local Baja), LA (Local Alta).

Para los análisis amplitud y latencia de todos los componentes se utilizaron las regiones frontal y central del registro electroencefalográfico.

10.3.1 Amplitud

Componente P2

En los recuadros rosa claro de las Figuras 12 a la 17 se muestra el componente P2, para cada una de las condiciones de la tarea.

Los resultados para los efectos principales se describen a continuación:

- En función de la demanda atencional ($F_{(1,38)} = 30.55$, $p = <0.001$, $\epsilon = 1.00$) los ensayos de baja demanda tuvieron mayor amplitud en comparación con los de alta demanda (ver Figura 13).
- Para la localización del electrodo ($F_{(1,96,74.46)} = 5.42$, $p = 0.007$, $\epsilon = 0.98$) la amplitud del registro de los electrodos de la línea media fue mayor a comparación del registro de los electrodos derechos e izquierdos. (ver Figura 16).
- No hubo diferencias significativas para los factores tipo de procesamiento, consistencia y región.

Los resultados significativos para las interacciones se describen en la Tabla 5.

Tabla 5. Amplitud del componente P2 (190-210 ms). Resultados estadísticamente significativos para las interacciones de los factores tipo de procesamiento (global/local), tipo de demanda atencional (baja/alta), tipo de ensayo (consistente/inconsistente), región (frontal/central) y localización del electrodo (derecha, línea media e izquierda) (ver Figura 17).

Componente PREs	Factor	F	p	ϵ	Tukey's HSD
P2	Tipo de procesamiento x Localización	$F_{(1,93,73.29)} = 3.50$	0.036	0.96	G>L:D,Iz GLm>GD>GIz

Regiones: frontal y central Amplitud 190-210 ms	Demanda atencional x Localización	$F_{(1,99,75.79)} = 6.37$	0.003	0.99	B>A: D,Lm,Iz BLm>BD>BIz ALm>(AD=AIz)
	Tipo de ensayo x Localización	$F_{(1,70,34.81)} = 7.37$	0.002	0.85	CoLm< InLm InLm>(ID=InIz)
	Tipo de procesamiento x Demanda atencional x Localización	$F_{(1,90,72.06)} = 3.89$	0.027	0.95	GB>LB:D,Lm,Iz GA>LA: D,Lm GB>GA:D,Lm,Iz LB>LA:D,Lm,Iz GBLm>GBD>GBIz GALm>(GAD=GAIz) LD<LLm: B,A
	Tipo de procesamiento x Tipo de ensayo x Localización	$F_{(1,69,64.38)} = 4.20$	0.025	0.85	GCo>LCo: D,Lm GIn>LIn: D,Lm GCo>GIn: D,Lm,Iz LCo>LIn:D,Iz LCoLm <LInLm GInLm>GInD LInLm>LInD

Abreviaturas: ϵ (Corrección de la esfericidad; si es <1 no se cumple el criterio de esfericidad, por lo que se corrigen los grados de libertad para cumplir con el requerimiento estadístico), G (Global), L (Local), B (Baja), A (Alta), Co (Consistente), In (Inconsistente), F (Frontal), C (Central), D (Derecha), Lm (Línea media), Iz (Izquierda). La letra de color azul marca la condición que es diferente para cada interacción.

Componente N2

En los recuadros azul claro de las Figura 12 a la 17 se muestra el componente N2, para cada una de las condiciones de la tarea.

Los resultados para los efectos principales se describen a continuación:

- En función del tipo de procesamiento ($F_{(1,38)} = 5.61, p = 0.023, \epsilon = 1.00$) los ensayos globales tuvieron menor amplitud negativa en comparación con los locales (ver Figura 12).
- En función de la demanda atencional ($F_{(1,38)} = 19.48, p < 0.001, \epsilon = 1.00$) los ensayos de baja demanda tuvieron menor amplitud negativa en comparación con los de alta demanda (ver Figura 13).
- Para el factor región no hubo diferencias significativas.

- En función de la localización del electrodo ($F_{(2,76)} = 3.71$, $p = 0.029$, $\epsilon = 1.00$) el registro de los electrodos derechos tuvo menor amplitud en comparación con el registro de los electrodos de la línea media (ver Figura 16).

Los resultados significativos para las interacciones se describen en la Tabla 6.

Tabla 6. Amplitud del componente N2 (200-450 ms). Resultados estadísticamente significativos para las interacciones de los factores tipo de procesamiento (global/local), tipo de demanda atencional (baja/alta), tipo de ensayo (consistente/inconsistente), región (frontal/central) y localización del electrodo (derecha, línea media e izquierda) (ver Figura 17).

Componente PREs	Factor	F	p	ϵ	Tukey's HSD
N2 Regiones: frontal y central Amplitud 200-450 ms	Tipo de procesamiento x Demanda atencional	$F_{(1,38)} = 7.05$	<0.012	1.00	GA>LA LB<LA
	Demanda atencional x Región del electrodo	$F_{(1,38)} = 13.57$	0.001	1.00	BF>BC BF<AF AF<AC
	Tipo de ensayo x Región del electrodo	$F_{(1,38)} = 10.60$	0.002	1.00	Co(F,C)>In(F,C) CoF>CoC
	Tipo de procesamiento x Localización	$F_{(2,76)} = 12.53$	<0.001	1.00	G<L: D,Lm,Iz GD<(GC=GI) LLm>(LD=LIz)
	Demanda atencional x Localización	$F_{(1,17,44,51)} = 7.93$	0.005	0.59	B<A: D,Iz BD<BLm AD<AI
	Tipo de ensayo x Localización	$F_{(1,49,56,52)} = 13.82$	<0.001	0.74	Co>In: D,Lm CoLm>(CoD=CoIz) InD<InIz
	Región del electrodo x Localización	$F_{(1,58,47,41)} = 12.72$	0.001	0.53	FIz>CIz FD<(FLm=FIz) CLm>(CD=CIz)
	Demanda atencional x Tipo de ensayo x Región del electrodo	$F_{(1,38)} = 7.55$	0.001	1.00	BC>AC: Co,In BInF<AInF BCo<Bin: F,C ACo>AIn: F,C BCoF>BCoC
	Tipo de procesamiento x Tipo de ensayo x Localización	$F_{(1,67,63,35)} = 12.95$	<0.001	0.83	GCo<LCo: D,Lm GCoIz>LCoIz GInD<LInD GIn>LIn: C,Iz GCo>GIn: D,Iz LCoIz<LCoLm LCoLm>LCoD LCo>LIn: D,Lm GCoLm>(GCoD=GCoIz) GInLm>GInIz>GInD LInD<LIn(Lm=Iz)

Demanda atencional x Tipo de ensayo x Localización	$F_{(1,24,47,10)} = 11.65$	0.001	0.62	BCoD>ACoD BCoIz<ACoIz BI<AI: D,Lm,Iz BCo>BIn: D,Lm ACo>AIn: D,Lm,Iz BCoLm> BCoD>BCoIz BCoLm>BCoIz ACoD<(ACoLm=ACoIz) AIz>AI(D=Lm)
Demanda atencional x Región del electrodo x Localización	$F_{(1,39,76)} = 11.32$	0.001	0.52	BCiz<ACiz BFiz>(BFD=BCiz) BCiz<(BCD=BCLm)
Tipo de ensayo x Región del electrodo x Localización	$F_{(1,19,45,10)} = 5.12$	0.023	0.59	CoF>InF: D,Lm,Iz CoC(D,Lm)>InC(D,Lm) CoFiz>CoCiz InFiz>InCiz CoFD<(CoFLm=CoFiz) CoC: Lm>D>Iz InFD>InFiz InFLm<InFiz
Tipo de procesamiento x Demanda atencional x Tipo de ensayo x Región del electrodo	$F_{(1,38)} = 6.74$	0.013	1.00	GBInF<LBInF GACo<LACo: F,C GAIIn<LAIIn: F,C GBCoC<GACoC GBInC<GAIInC LBCoF<LACoF LBIn<LAIIn: F,C GBCo>GBIn: F,C GACo>GAIIn: F,C LBCoF<LBInF LBCoC>LBInC LACo>LAIIn: F,C GBCoF>GBCoC LBCoC<LBCoF LBInC<LBInF LAInF<LAInC
Tipo de procesamiento x Demanda atencional x Tipo de ensayo x Localización	$F_{(1,66,62,91)} = 7.49$	0.002	0.83	GBInLm<LBInLm GBInIz>LBInIz GACo>LACo: D,C GACoIz<LAIInIz GAIIn<LAIIn: DCI GBCoIz>GACoIz LBCo<LACo: D,Lm,Iz LBIn<LAIIn: D,Lm,Iz GBCo>GBIn: D,Lm GBCoIz<GBInIz GACo>GAIIn: C,I LACo>LAIIn: D,Lm GBCoD>GBCoI>GBCoLm GBInIz>(GBInD=GBInLm) GACoD<GACoLm GACoD>GACoIz GAIInD>GAIInIz GAIInLm<GAIInIz LBCoIz<LBCoD<LBCoLm LBInLm>(LBInD=LBInIz)

				LACoD<LACoLm LAIInD<(LAIInLm=LAIInIz)
Tipo de procesamiento x Tipo de ensayo x Región del electrodo x Localización	$F_{(1,27,48,26)} = 12.46$	<0.001	0.64	GCoF<LCoF: D,Lm GCoC<LCoC: D,Lm,Iz GInF<LInF: D,Lm,Iz GInC<LInC: D,Lm GCoF>GInF: D,Lm,Iz GCoC>GInC: D,Lm GCoClz<GInClz LCoF>LInF: D,Lm,Iz LCoC>LInC: D,Lm GCoFIz>GCoCIz LCoFIz>LCoCIz LInFLm<LInCLm LInFIz>LInCIz GCoFD<(GCoFLm=GCoFIz) GCoCLm>GCoCD>GCoCIz GInFIz>(GInFD=GInFLm) GInCIz>(GInCD=GInCLm) LCoFD<(LCoFLm=LCoCIz) LCoCLm>LCoCD LCoCD<LCoCIz LInFD<LInFLm<LInFIz LInCD<LInCLm LInCD>LInCIz
Demanda atencional x Tipo de ensayo x Región del electrodo x Localización	$F_{(1,15,43,50)} = 8.24$	0.005	0.57	BCoClz<ACoClz BInC<AInC: D,Lm,Iz BCoF>BInF: D,Lm BCoC>BInC: D,Lm BCoClz<BInClz ACoF<AInF: D,Lm ACoC>AInC: D,Lm BCoF>BCoC: D,Iz BInFIz>BInCIz BCoFD<BCoFLm BCoCLm>BCoCD BCoCD<BCoCIz BInFIz>(BInFD=BInFLm) ACoFD<ACoFC AInCD<AInCIz
Tipo de procesamiento x Demanda atencional x Tipo de ensayo x Región del electrodo x Localización	$F_{(1,24,47,23)} = 4.80$	0.030	0.62	GBInFLm<LBInFLm GBInCLm<LBInCLm GBInCIz>LBInCIz GACoF<LACoF: D,Lm,Iz GACoCD>LACoCD GACoC<LACoC: Lm,Iz GAIInF<LAIInF: Lm,Iz GAIInC<LAIInC: D,Lm,Iz GBCoClz<GACoClz LBCoC<LACoC: D,Iz LBCoCLm>LACoCLm LBInF<LAIInF: D,Lm LBCoC<LACoC: D,Iz LBCoCLm>LACoCLm LBInF<LAIInF: D,Lm LBInFIz>LAIInFIz

LBInCD>LAINCD
 LBInCIz<LAINCIz
 GBCoF>GBInF: D,Lm,Iz
 GBCoC>GBInC: D,Lm
 GBCoCIz<GBInCIz
 GACoF>GAINF: D,Lm
 GACoC>GAINC: D,Lm
 LBCoF>LBInF: D,Lm
 LBCoC>LBInC: D,Lm
 LACoF>LAINF: D,Lm
 LACoC>LAINC: D,Lm
 GAINFLm>GAINCLm
 LBCoFIz>LBCoCIz
 LBInFIz>LBInCIz
 GBCoFD>(GBCoFLm=GBCoFIz
)
 GBCoCD<GBCoCLm
 GBCoCD>GBCoCIz
 GBInFLm>GBInFD
 GBInFLm<GBInFIz
 GBInCIz>(GBInCD=GBInCLm)
 GAINFD>GAINFIz
 GAINFLm<GAINFIz
 GAINCIz>(GAINCD=GAINCLm)
 LBCoFD<LBCoFLm
 LBCoCLm>LBCoCD=LBCoCDI
 z
 LBInFD<LBInFIz
 LBInFD<LBInFIz
 LBInCIz<LBInCD=LBInCLm
 LACoFD<LACoFLm
 LACoCD<LACoCLm
 LAInFD<LAInFIz
 LAInCD<LAInCLm

Abreviaturas: ε (Corrección de la esfericidad; si es <1 no se cumple el criterio de esfericidad, por lo que se corrigen los grados de libertad para cumplir con el requerimiento estadístico), G (Global), L (Local), B (Baja), A (Alta), Co (Consistente), In (Inconsistente), F (Frontal), C (Central), D (Derecha), Lm (Línea media), Iz (Izquierda). La letra de color azul marca la condición que es diferente para cada interacción.

Componente P3

En los recuadros violeta de las Figuras 12 a la 17 se muestra el componente P3, para cada una de las condiciones de la tarea.

Los resultados para los efectos principales se describen a continuación:

- En función del tipo de procesamiento ($F_{(1,38)} = 8.64$, $p = 0.006$, $\varepsilon = 1.00$) los ensayos globales tuvieron menor amplitud en comparación con los locales (ver Figura 12).

- En función de la demanda atencional ($F_{(1,38)} = 7.38$, $p = 0.010$, $\epsilon = 1.00$) los ensayos de baja demanda tuvieron menor amplitud en comparación con los de alta demanda (ver Figura 13).
- En función de la consistencia ($F_{(1,38)} = 53.23$, $p < 0.001$, $\epsilon = 1.00$) los ensayos consistentes tuvieron menor amplitud en comparación con los inconsistentes (ver Figura 14).
- En función de la región ($F_{(1,38)} = 11.23$, $p = 0.002$, $\epsilon = 1.00$) la región frontal tuvo menor amplitud en comparación con la central (ver Figura 15).
- En función de la localización del electrodo ($F_{(2,76)} = 3.80$, $p = 0.027$, $\epsilon = 1.00$) el registro de los electrodos del lado derecho tuvo menor amplitud en comparación con el registro de los electrodos de la línea media (ver Figura 16).

Los resultados significativos para las interacciones se describen en la Tabla 7.

Tabla 7. Amplitud del componente P3 (450-700 ms). Resultados estadísticamente significativos para las interacciones de los factores tipo de procesamiento (global/local), tipo de demanda atencional (baja/alta), tipo de ensayo (consistente/inconsistente), región (frontal/central) y localización del electrodo (derecha, central e izquierda) (Ver Figura 17).

Componente PREs	Factor	F	p	ϵ	Tukey's HSD
P300 Regiones: frontal y central Amplitud (450-700 ms)	Tipo de procesamiento x Demanda atencional	$F_{(1,38)} = 6.07$	0.018	1.00	GB<LB GB<GA
	Tipo de procesamiento x Tipo de ensayo	$F_{(1,38)} = 5.24$	0.028	1.00	G<L: Co, In Co<In: G,L
	Tipo de procesamiento x Región del electrodo	$F_{(1,38)} = 11.30$	0.002	1.00	LC>GC LF<LC
	Demanda atencional x Región del electrodo	$F_{(1,38)} = 20.96$	<0.001	1.00	BF<BC BF<AF
	Tipo de ensayo x Localización	$F_{(1,59,60,48)} = 9.85$	<0.001	0.80	Co<In:D,Lm,Iz CoD>CoLm InLm>InIz

Abreviaturas: ϵ (Corrección de la esfericidad; si es <1 no se cumple el criterio de esfericidad, por lo que se corrigen los grados de libertad para cumplir con el requerimiento estadístico), G (Global), L (Local), B (Baja), A (Alta), Co (Consistente), In (Inconsistente), F (Frontal), C (Central), D (Derecha), Lm (Línea media), Iz (Izquierda). La letra de color azul marca la condición que es diferente para cada interacción.

10.3.2 Latencia

Componente P2

En los recuadros rosa claro de las Figura 12 a la 17 se muestra el componente P2, para cada una de las condiciones de la tarea.

No hubo diferencias significativas para los efectos principales y tampoco para las interacciones.

Componente N2

En los recuadros azul claro de la Figuras 12 a la 17 se muestra el componente N2, para cada una de las condiciones de la tarea.

Los resultados se describen a continuación:

- En función del tipo de procesamiento ($F_{(1,38)}=19.86, p<0.001, \xi=1.00$) los ensayos globales tuvieron latencia más temprana en comparación con los locales (ver Figura 12).
- En función de la demanda atencional ($F_{(1,38)}= 4.14, p= 0.049, \xi=1.00$) los ensayos de baja demanda tuvieron latencia más tardía en comparación con los de alta demanda (ver Figura 13).
- En función de la consistencia ($F_{(1,38)}= 30.50, p<0.001, \xi=1.00$) los ensayos consistentes tuvieron latencia más tardía en comparación con los inconsistentes (ver Figura 14).
- Para el factor región ($F_{(1,38)}= 7.93, p= 0.008, \xi=1.00$) la región frontal tuvo latencia más tardía en comparación con los centrales (ver Figura 15).
- En función de la localización del electrodo no se encontraron diferencias significativas.
- Sólo la interacción tipo de procesamiento por región fue significativa ($F_{(1,38)}= 9.19, p= 0.004, \xi=1.00$). El análisis post hoc mostró latencia más temprana para la condición global/frontal y central en comparación con la condición local/frontal y central y también latencia más temprana para la condición local/frontal en comparación con la local/central (ver Figura 17).

Componente P3

En los recuadros azul claro de las Figuras 12 a la 17 se muestra el componente P3, para cada una de las condiciones de la tarea.

Los resultados se describen a continuación:

- En función del tipo de procesamiento ($F_{(1,38)}= 25.89$, $p= <0.001$, $\epsilon=1.00$) los ensayos globales tuvieron latencia más temprana en comparación con los locales (ver Figura 12).
- En función de la demanda atencional ($F_{(1,38)}= 6.57$, $p= 0.014$, $\epsilon=1.00$) los ensayos de baja demanda tuvieron latencia más temprana en comparación con los de alta demanda (ver Figura 13).
- En función de la consistencia ($F_{(1,38)}= 12.21$, $p=0.001$, $\epsilon=1.00$) los ensayos consistentes tuvieron latencia más temprana en comparación con los inconsistentes (ver Figura 14).
- Para el factor región ($F_{(1,38)}= 73.40$, $p<0.001$, $\epsilon=1.00$) la región frontal tuvo latencia más temprana en comparación con los centrales (ver Figura 15).
- En función de la localización del electrodo no se encontraron diferencias significativas.
- La interacción tipo de procesamiento por región fue significativa ($F_{(1,38)}= 26.61$, $p=0.001$, $\epsilon=1.00$). El análisis post hoc mostró latencia más temprana para la condición global/frontal y central en comparación con la condición local/frontal y central y también latencia más temprana para la condición local/frontal en comparación con la local/central (ver Figura 17).
- La interacción demanda atencional por localización del electrodo fue significativa ($F_{(1,38)}= 5.08$, $p=0.009$, $\epsilon=1.00$). El análisis post hoc mostró latencia más tardía para la condición baja/derecha en comparación con la condición baja/línea media y baja/izquierda y también latencia más temprana para la condición baja/derecha, línea media e izquierda en comparación con la condición alta/derecha, línea media e izquierda (ver Figura 17).

11. Discusión

11.1 Resultados conductuales

Los análisis conductuales mostraron que el factor tipo de procesamiento (global vs. local) tuvo TR más rápidos en la condición global que la local, presentándose el efecto de precedencia global. El factor tipo de ensayo (consistente vs. inconsistente) también mostró diferencias significativas para TR y %RC, teniendo los ensayos consistentes menor TR y mayor %RC, en comparación con los inconsistentes, llevándose a cabo el efecto de consistencia. La interacción entre estos dos factores (tipo de procesamiento x consistencia), también fue significativa, conforme el estímulo era más difícil de discriminar los TR fueron mayores, por lo que los ensayos locales inconsistentes tuvieron mayores TR y menor %RC en comparación con los globales inconsistentes. Estos resultados coinciden con los reportados en otros estudios (Beaucousin et al., 2011; Gerlach & Krumborg, 2014; Han et al., 2000; Han & Chen, 1996; Navon, 1977), por lo que se infiere que el estudio cuenta con confiabilidad metodológica.

Con relación a la manipulación experimental de demanda atencional que propone este estudio, se observaron TR más rápidos y %RC mayores para la baja demanda en comparación con la alta demanda. Así mismo este efecto se mantuvo en la interacción de tipo de procesamiento por demanda atencional, teniendo menores TR los ensayos globales y locales de baja demanda en comparación con los de alta. También la interacción demanda atencional por consistencia fue significativa, obteniendo TR más bajos para los ensayos consistentes e inconsistentes de baja demanda en comparación con los de alta demanda. Finalmente, la interacción tipo de procesamiento por demanda atencional por consistencia, también fue significativa, teniendo TR más bajos los ensayos de baja demanda, en comparación con los de alta demanda en las condiciones global/local y consistente/inconsistente. Con relación a este último resultado es importante resaltar que a pesar de que los ensayos globales consistentes bajos y globales consistentes altos fueran los mismos estímulos (p. ej. S compuesta de S o 4 compuesto de 4), el hecho de que se encontraran en el bloque de baja o alta demanda influyó en la manera en la que se procesaron, dado que los del bloque de alta demanda tuvieron TR más tardíos en comparación con los de baja demanda. Por lo tanto, se puede sugerir que la alta demanda atencional, en los estímulos globales consistentes, disminuye el efecto de precedencia global, dado que la respuesta ante los estímulos globales

se ve disminuida y puede que esta disminución se explique a partir de la teoría de la carga perceptual de Levie (1995), ya que prestarle atención a los estímulos globales, no requiere de muchos recursos atencionales, por lo que hay una carga perceptiva baja, que permite prestarle atención a otros estímulos (p. ej. características locales).

Adicionalmente, la diferencia en los TR entre global/local cambia en función de la demanda atencional, de tal forma que parecería que hay mayor interferencia global sobre el procesamiento local en la condición de baja demanda que en la de alta. Al parecer la precedencia global se atenúa con la alta demanda, de modo que pareciera que la alta demanda atencional modula la precedencia global al disminuirla frente a estímulos más complejos, fenómeno que también podría explicarse por la alta carga perceptiva que promueve la alta demanda en locales y que evita distraerse con otros estímulos (p. ej. estímulo global).

Además, los resultados de la demanda atencional, tanto en TR como en %RC, indican que hay una diferencia en cómo se procesa la baja y alta demanda, debido a que TR más tardíos y menor %RC de la condición de alta demanda sugieren que tienen mayor complejidad y por ende requieren de más recursos atencionales. Por lo tanto, podemos proponer que también existe un efecto por interferencia de la demanda atencional, donde conforme la complejidad aumenta, los TR también son mayores.

Finalmente, pareciera que los estímulos de la alta demanda atencional contribuyen a un procesamiento perceptual como el que propone la ley de la semejanza, de la teoría de la Gestalt (Koffka, 1935), debido a que los elementos locales y globales son muy similares entre ellos, de modo que se tienden a agrupar en un bloque de estímulos homogéneos, por lo que pueden ser percibidos como un todo.

11.2 Resultados electrofisiológicos

Componente P2

En el componente P2 el factor demanda atencional fue significativo, mostrando mayor amplitud la condición de baja demanda en comparación con la alta demanda, así mismo la interacción demanda atencional por localización del electrodo mostró que para los electrodos derechos, de la línea media e izquierdos es mayor la amplitud para la baja demanda que para la alta demanda, además se observó mayor amplitud para los ensayos de electrodos de la

línea media en baja y alta demanda en comparación con los electrodos derechos e izquierdos, lo que puede indicar que el procesamiento de la demanda atencional se lleva a cabo predominantemente en la parte de la línea media, para este componente.

En la interacción tipo de procesamiento por demanda atencional por localización del electrodo, se presentó mayor amplitud para la condición global que para la local, en las condiciones baja/alta y electrodo derecho/línea media/izquierdo, cabe mencionar que la mayor amplitud en globales coincide con lo reportado en la literatura (Flevaris et al., 2014; Han et al., 2000). También la amplitud fue mayor para la baja demanda que para la alta demanda, en las condiciones global/local y electrodo derecho/línea media/izquierdo.

En general, se observa que la predominancia en la mayor amplitud de la baja demanda sobre la alta demanda se mantiene aún con la interacción por la localización del electrodo y por tipo de procesamiento. P2 es un componente que aparece en procesos de atención selectiva (Kappenman & Luck, 2011; Rey-Mermet et al., 2019) y también se ha asociado su mayor amplitud con mayor eficiencia conductual (Finnigan et al., 2011), así que nuestros resultados coinciden con estos antecedentes, ya que la condición de baja demanda atencional tuvo mayor %RC y éste se vio reflejado en la amplitud.

Componente N2

El componente N2 tuvo diferencias respecto al tipo de procesamiento, con amplitud más negativa en la condición local comparada con la global, este resultado concuerda con lo reportado con la literatura (Evans et al., 1999; Han et al., 2000), contribuyendo a la confiabilidad de nuestro estudio.

El efecto principal para la demanda atencional mostró amplitud más negativa para la alta demanda en comparación con la baja demanda. El componente N2 frontal se ha asociado a la resolución de conflictos atencionales (Folstein & Van Petten, 2008), por ello se sugiere que la amplitud más negativa de la alta demanda es una representación de la resolución del conflicto atencional, debido a la complejidad dada por las características tan similares que comparten los estímulos locales y globales (p. ej. S conformada de 5 o H conformada de 4). Adicionalmente, la mayor amplitud de este componente se ha relacionado con un mayor uso de recursos neuronales necesarios para la inhibición de información irrelevante (Folstein &

Van Petten, 2008; Larson et al., 2014). Con este resultado podemos inferir que el efecto por demanda atencional, además de llevarse a cabo a nivel conductual (TR y %RC), también promueve un procesamiento diferenciado del tipo de procesamiento y de la consistencia a nivel neuronal.

La interacción del tipo de procesamiento por la demanda atencional mostró amplitud más negativa para la condición local alta que para local baja y de igual forma que en el resultado anterior, pareciera que esta representa la resolución del conflicto atencional, debido a la complejidad de los ensayos.

También la interacción demanda atencional por región fue significativa, presentando en la región frontal amplitud más negativa la alta demanda que la baja demanda, por lo que podemos inferir que la resolución del conflicto atencional se lleva a cabo con mayor predominancia en la región frontal.

Respecto a la interacción de todos los factores (tipo de procesamiento por demanda atencional por consistencia por región por localización del electrodo), encontramos que se conserva el efecto de interferencia por precedencia global donde los locales presentan amplitud más negativa en comparación con los globales en la condición inconsistente de baja demanda y en las condiciones consistentes e inconsistentes de alta demanda, como se ha descrito en la literatura (Flevaris et al., 2014; Han et al., 2000). La mayor amplitud ante los elementos locales se ha asociado a la inhibición de la precedencia global a través de emplear más recursos neuronales para la selección de características locales, así mismo se ha descrito que la aparición de N2 frontal sucede al detectar incongruencia en los estímulos (Folstein & Van Petten, 2008; Larson et al., 2014), por lo tanto, se sugiere que los resultados del tipo de procesamiento, se deban a estas dos razones, además da una posible explicación a la ausencia del efecto de interferencia por precedencia global en los ensayos globales y locales consistentes, donde no se registra diferencia en la amplitud, a pesar de que si hay diferencia en TR, probablemente derivada de la ausencia en incongruencia entre los niveles global y local.

Otro efecto que se encontró en la interacción descrita en el párrafo anterior es el de demanda atencional, la amplitud más negativa fue para la alta demanda atencional comparándola con la baja demanda, en la región central para la condición global consistente

izquierda, local consistente en los electrodos derecho e izquierdo, local inconsistente izquierdo y para la región frontal en local inconsistente en electrodo derecho e izquierdo, estos resultados se pueden atribuir a las razones que se explicaron anteriormente en la descripción del efecto principal por demanda atencional. Es importante señalar que, dentro de esta interacción, también se observó una diferencia en la amplitud, en función de la demanda atencional de los ensayos globales consistentes en la región central del hemisferio izquierdo, replicando lo sucedido en los TR, por lo cual podemos inferir que la precedencia global se ve disminuida y que la mayor amplitud negativa demuestra que a pesar de ser los mismos estímulos locales y globales, la demanda atencional modula el procesamiento global de la percepción. Además, como anteriormente lo había mencionado en la discusión de los TR, este fenómeno puede explicarse desde la teoría de la carga perceptual de Levie (1995), por la baja carga perceptiva que requiere el ensayo y la mayor capacidad de prestarle atención a otros estímulos.

Otro efecto que podemos observar en la interacción de todos los factores principales es la consistencia, ya que se encontró que en la línea media y en el hemisferio derecho, la amplitud es más negativa para los consistentes en comparación con los inconsistentes, sin importar la condición de procesamiento, de demanda atencional y de región, por lo que podemos pensar que el procesamiento de la consistencia se lleva a cabo principalmente en la línea media y en el hemisferio derecho.

Con relación a la latencia del componente N2, el efecto por tipo de procesamiento mostró una latencia más temprana para la condición global que para la local, resultado que coincide con lo descrito en estudios anteriores (Han et al., 2000; Han & Chen, 1996), que argumentan que la interferencia por precedencia global retrasa el procesamiento local.

El efecto por demanda atencional también promovió diferencias en la latencia, la baja demanda fue más tardía que la alta demanda, puede que este resultado se deba a que la alta demanda al ser más compleja necesite más tiempo para su procesamiento e inicie de forma más temprana.

En cuanto a la consistencia, los ensayos consistentes fueron más tardíos que los inconsistentes y así como en el caso de la demanda atencional, se deba a que los inconsistentes requieran más tiempo para procesarse.

En general para este componente se observa que es el más sensible a las variaciones de la tarea y a su complejidad.

Componente P3

El componente P3 también mostró el efecto de precedencia global en la amplitud, dado que la condición global tuvo menor amplitud que la condición local, resultado que coincide con lo encontrado anteriormente (Moynihan et al., 2016). Se infiere que este fenómeno suceda por el uso de más recursos neuronales en la selección de características locales, como en el caso del componente N2.

Respecto a la demanda atencional, la baja demanda también tuvo menor amplitud en comparación con la alta demanda. La aparición de P3 frontal se ha relacionado con la orientación de la atención a estímulos inesperados o significativos (Folstein & Van Petten, 2008), por ello se sugiere que la mayor amplitud de la alta demanda, tiene lugar por la relevancia que toman los estímulos locales al ser muy similares con los globales, así como a la necesidad de utilizar más recursos neuronales.

El efecto por consistencia también presentó diferencia en las amplitudes, los ensayos consistentes mostraron menor amplitud que los inconsistentes, se propone que esta diferencia se deba a las mismas razones expuestas anteriormente respecto a la demanda atencional.

Para la interacción tipo de procesamiento por demanda atencional, el procesamiento global/local sólo sucedió para la baja demanda, con menor amplitud para global que para local, puede que para la alta demanda no mostrara diferencias porque la demanda atencional atenuara el efecto de precedencia global. Adicionalmente, la condición global baja tuvo menor amplitud que la condición global alta, de manera que el efecto de demanda atencional sólo se conservó para la condición global.

Por último, la interacción demanda atencional por región fue significativa presentando sólo en la región frontal amplitud mayor para la alta demanda que para la baja demanda, por lo que se infiere que la resolución del conflicto atencional se lleva a cabo con mayor predominancia en la región frontal, además este resultado coincide con lo encontrado para el componente N2, dando más consistencia a la interpretación.

En cuanto a las latencias del componente P3, la condición global tuvo latencia más temprana en comparación con la condición local, para la demanda atencional, la baja demanda presentó latencia más temprana en comparación con la alta demanda y finalmente los ensayos consistentes tuvieron latencia más temprana que los ensayos inconsistentes, todos estos resultados coinciden con lo encontrado en otras investigaciones (Han et al., 2000; Han & Chen, 1996) y además indican que los ensayos más complejos tardan más en ser procesados.

12. Conclusión

La mayor demanda atencional, en comparación con la baja demanda, repercutió en mayores tiempos de reacción, así como en mayor amplitud y latencia de los componentes N2 y P3. Esto indica que la demanda atencional sí influye en el procesamiento jerárquico de la información visual, demostrando que un estímulo que tiene una alta demanda atencional dificulta este procesamiento. Por lo tanto, esta evaluación sobre los efectos de la demanda atencional en el procesamiento jerárquico global/local permitió cumplir el objetivo general de este estudio.

Los resultados sugieren que la demanda atencional influye en un mayor tiempo de procesamiento y mayor reclutamiento neuronal para realizar la selección de información en el procesamiento global/local. Lo anterior concuerda con las hipótesis de la presente investigación. La alta demanda atencional no impidió la interferencia global sobre la local, pero sí la redujo, sugiriendo menores recursos asignados para la información global no atendida, lo que se asocia con la teoría de la carga perceptual de Lavie (1995).

A la vez, el efecto por demanda atencional se observó predominantemente en la región frontal, para los componentes N2 y P3. En este sentido, las variaciones en los elementos globales y locales, a través de la demanda atencional, formuladas por esta investigación pueden proponerse como una tarea para evaluar el control cognitivo.

La presente tesis ayuda a fortalecer las investigaciones realizadas en torno al paradigma de Navon (1977), debido a que replican los resultados obtenidos en investigaciones anteriores, tanto a nivel conductual como fisiológico. Además, aporta evidencia sobre los efectos en el procesamiento jerárquico asociado a las variaciones de la demanda atencional, generando nuevos conocimientos sobre el paradigma.

Finalmente, los resultados obtenidos, además de proveer información sobre la neurofisiología y conducta del procesamiento jerárquico de la información, también pueden proponerse en otros niveles explicativos de la psicología. Por ejemplo, a nivel individual, muestran que tenemos un sesgo en nuestra atención selectiva, al percibir primero los estímulos globales y después los locales (detalles). Así mismo, los resultados ayudan a comprender que este procesamiento jerárquico de la información visual está mediado por la carga perceptual y atencional que tengamos, lo cual puede afectar la velocidad de procesamiento para poder discriminar los estímulos. Por ejemplo, en la mercadotecnia, considerando un nivel social, los resultados podrían ayudar a entender cómo es que una empresa puede influir en nosotros para que confundamos una marca con otra. Esta confusión podría derivarse de la similitud entre los empaques y nos lleve a cometer el error de comprar un producto de una marca que no queríamos realmente, o que nos tardemos más en encontrar la marca objetivo debido a la dificultad para discriminarla.

13. Limitaciones y sugerencias.

Entre las limitaciones que tuvo este estudio fue la falta de mediciones de la activación de las estructuras cerebrales asociadas a la baja y alta demanda atencional; por lo que se sugiere que en estudios posteriores se utilicen técnicas como la resonancia magnética funcional para saber qué estructuras cerebrales se asocian a los cambios en la demanda atencional del procesamiento jerárquico de la información.

14. Referencias

APA. (2022). *P1, N1, P2, N2 & P3 Components*. APA Dictionary of Psychology.

<https://dictionary.apa.org/p1-component>

Beaucousin, V., Cassotti, M., Simon, G., Pineau, A., Kostova, M., Houdé, O., & Poirel, N. (2011). ERP evidence of a meaningfulness impact on visual global/local processing:

When meaning captures attention. *Neuropsychologia*, *49*(5), 1258–1266.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.01.039>

Buzzell, G. A., Fedota, J. R., Roberts, D. M., & McDonald, C. G. (2014). The N2 ERP component as an index of impaired cognitive control in smokers. *Neuroscience*

Letters, 563, 61–65. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2014.01.030>

De-Wit, L., & Wagemans, J. (2012). Visual Perception. In *Encyclopedia of Human Behavior: Second Edition* (2nd ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375000-6.00371-2>

Evans, M. A., Shedden, J. M., Hevenor, S. J., & Hahn, M. C. (1999). The effect of variability of unattended information on global and local processing: evidence for lateralization at early stages of processing. *Neuropsychologia*, 38, 1–15.
papers3://publication/uuid/75E797F4-5024-40A2-ADF0-431F71DCAE6D

Finnigan, S., O'Connell, R. G., Cummins, T. D. R., Broughton, M., & Robertson, I. H. (2011). ERP measures indicate both attention and working memory encoding decrements in aging. *Psychophysiology*, 48(5), 601–611.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01128.x>

Flevaris, A. V., Martínez, A., & Hillyard, S. A. (2014). Attending to global versus local stimulus features modulates neural processing of low versus high spatial frequencies: An analysis with event-related brain potentials. *Frontiers in Psychology*, 5(APR), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00277>

Folstein, J. R., & Van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, 45(1), 152–170.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00602.x>

Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2014). *Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind* (4th ed.). Norton & Company.

Gerlach, C., & Krumborg, J. R. (2014). Same, same - but different: On the use of Navon derived measures of global/local processing in studies of face processing. *Acta Psychologica*, 153, 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2014.09.004>

Han, S., & Chen, L. (1996). Processing of global and local properties. *Science in China*, 39(2), 179–188.

Han, S., Liu, W., Yund, E. W., & Woods, D. L. (2000). Interactions between spatial attention and global/local feature selection: An ERP study. *NeuroReport*, 11(12),

2753–2758. <https://doi.org/10.1097/00001756-200008210-00029>

Heinze, H. J., & Münte, T. F. (1993). Electrophysiological correlates of hierarchical stimulus processing: Dissociation between onset and later stages of global and local target processing. *Neuropsychologia*, *31*(8), 841–852. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(93\)90132-J](https://doi.org/10.1016/0028-3932(93)90132-J)

Kappenman, E., & Luck, S. J. (2011). ERP Components: The Ups and Downs of Brainwave Recordings. In *The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components*. Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199580583.003.0010>

Knudsen, E. I. (2018). Neural Circuits That Mediate Selective Attention: A Comparative Perspective. *Trends in Neurosciences*, *41*(11), 789–805.
<https://doi.org/10.1016/j.tins.2018.06.006>

Koffka, K. (1935). Principles of Gestalt Psychology. In B. L. C. in Publication (Ed.), *Zeitschrift für Sozialforschung* (1st ed., Vol. 6, Issue 1).
<https://doi.org/10.5840/zfs193761160>

Krakowski, C. S., Borst, G., Vidal, J., Houdé, O., & Poirel, N. (2018). Children inhibit global information when the forest is dense and local information when the forest is sparse. *Journal of Experimental Child Psychology*, *173*, 155–167.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.03.020>

Kropotov, J. D. (2016). Objective Measures of Human Brain Functioning. In *Functional Neuromarkers for Psychiatry*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-410513-3.00037-1>

Larson, M. J., Clayson, P. E., & Clawson, A. (2014). Making sense of all the conflict: A theoretical review and critique of conflict-related ERPs. *International Journal of Psychophysiology*, *93*(3), 283–297. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.06.007>

Lavie, N. (1995). *Perceptual Load as a Necessary Condition for Selective Attention*. *21*(3), 451–468.

Lavie, N., & Tsal, Y. (1994). Perceptual load as a major determinant of. *Perception &*

Psychophysics, 56(2), 183–197.

Liddell, B. J., Das, P., Battaglini, E., Malhi, G. S., Felmingham, K. L., Whitford, T. J., & Bryant, R. A. (2015). Self-orientation modulates the neural correlates of global and local processing. *PLoS ONE*, 10(8), 1–17.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135453>

Lithfous, S., Tromp, D., Dufour, A., Kemp, J., Sellal, F., & Després, O. (2016). Differential processing of hierarchical visual stimuli in young and older healthy adults: An event-related potentials (ERP) study. *Neuropsychology*, 30(5), 600–611.

<https://doi.org/10.1037/neu0000268>

Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique*. MIT press.

Moore, T., & Zirnsak, M. (2017). Neural Mechanisms of Selective Visual Attention.

Annual Review of Psychology, 68(1), 47–72. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122414-033400>

Moynihan, J., Rose, M., van Velzen, J., & de Fockert, J. (2016). Local and global visual processing and eating disorder traits: An event-related potential study. *Biological Psychology*, 115, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.01.002>

<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.01.002>

Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9(3), 353–383. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(77\)90012-3](https://doi.org/10.1016/0010-0285(77)90012-3)

Oviedo, G. L. (2004). La definición del concepto de percepción en psicología con base en la teoría Gestalt. *Revista de Estudios Sociales*, 18(1), 89-96.

<https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.7440/res18.2004.08>

Peng, M., Chen, X., Zhao, Q., & Zhou, Z. (2018). Attentional scope is reduced by Internet use: A behavior and ERP study. *PLoS ONE*, 13(6), 4–15.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198543>

Rensink, R. (2013). Perception and attention. In D. Reisberg (Ed.) (Ed.), *Oxford Handbook of Cognitive Psychology* (Vol. 71, Issue 3, pp. 97–116).

<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195376746.013.0007>

- Rey-Mermet, A., Gade, M., & Steinhauser, M. (2019). Sequential conflict resolution under multiple concurrent conflicts: An ERP study. *NeuroImage*, *188*(May 2020), 411–418. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.12.031>
- Srinivasan, N., Srivastava, P., Lohani, M., & Baijal, S. (2009). Focused and distributed attention. In *Progress in Brain Research* (Vol. 176, Issue 09). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(09\)17606-9](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(09)17606-9)
- Thigpen, N. N., Keil, A., & States, U. (2017). Event-Related Potentials. In *Reference Module in Neuroscience and Biobehavioral Psychology*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809324-5.02456-1>
- Tsotsos, J. K., Itti, L., & Rees, G. (2005). Neurobiology of Attention. *Neurobiology of Attention*, xxiii–xxxii. <https://doi.org/10.1016/B978-012375731-9/50003-3>
- Volberg, G., & Hübner, R. (2004). On the role of response conflicts and stimulus position for hemispheric differences in global/local processing: An ERP study. *Neuropsychologia*, *42*(13), 1805–1813. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.04.017>
- Wnuk, A., Davis, A., Parks, C., Halber, D., Kelly, D., Zyla, G., Hopkin, K., Weintraub, K., Beverly, J., Safia, K., Wessel, L., Chiu, L., Fessenden, M., Galinato, M., Richardson, M., Blumenrath, S., & Rojahn, S. (2018). BrainFacts. A primer on the brain and nervous system. In *Society for Neuroscience* (Vol. 8). <https://www.brainfacts.org/the-brain-facts-book>
- Woodman, G. F. (2010). A brief introduction to the use of event-related potentials in studies of perception and attention. *Attention, Perception, and Psychophysics*, *72*(8), 2031–2046. <https://doi.org/10.3758/BF03196680>
- Yamaguchi, S., Yamagata, S., & Kobayashi, S. (2000). Cerebral asymmetry of the “top-down” allocation of attention to global and local features. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, *20*(9), RC72. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10777814>

15. Anexo

15.1 Apéndice de las pruebas estadísticas.

Análisis de componentes independientes (ICA): Es una técnica de separación de componentes independientes a partir de un grupo de observaciones que se encuentran mezcladas, para buscar la fuente de origen. Esta técnica se utilizó en el estudio con el único objetivo de eliminar artefactos presentes en la señal, como lo son los movimientos musculares y de ojos, así como los parpadeos y así tener una señal más limpia.

Corrección de artefactos: Hace referencia a la búsqueda de los parpadeos y movimientos laterales para poder quitar esas señales y la señal quede limpia y evite que se analice señales que no corresponda al cerebro.

Corrección de línea base: El EEG tiene fluctuaciones en el voltaje derivadas de diferentes causas, por ejemplo, los cambios en la hidratación en la piel pueden provocar cambios en el voltaje. Por lo tanto, la corrección de línea de base es un procedimiento simple que puede minimizar estas compensaciones y desviaciones, generalmente en el momento de la extracción de la época. Podemos suponer que el voltaje durante el período previo al estímulo puede proporcionar una buena estimación de la compensación de voltaje para esa prueba (porque contiene la compensación, pero no contiene ningún estímulo provocado por la actividad de los PREs). Si simplemente restamos esta estimación del desplazamiento de toda la época, esto eliminará el desplazamiento. El desplazamiento vertical se corrige calculando el voltaje promedio durante el intervalo previo al estímulo y restando este voltaje de cada punto de la forma de onda. La resta de la línea de base se basa en la suposición muy precisa de que el voltaje durante el período previo al estímulo no debe contener nada excepto la compensación y el ruido. Luck (2014) recomienda un período de línea de base que sea al menos el 20 % de la duración total de la época (por ejemplo, podría usar una línea de base de preestímulo de 100 ms con una época de 500 ms o una línea de base de preestímulo de 400 ms con una época de 2000 ms).

Prueba ANOVA de medidas repetidas: Es una prueba de estadística paramétrica que compara las medias de los factores. Estudia el efecto de dos o más variables cuando al menos uno de ellos es un factor intra-sujetos. Analiza diferentes mediciones del mismo atributo.

Evalúa de manera global si las medias de los factores son iguales (H_0) o si al menos una de ellas es diferente (H_1). Si el análisis rechaza la H_0 , es necesario hacer comparaciones múltiples post hoc, para poder saber exactamente entre qué factores hay diferencias significativas.

Esfericidad: Es un supuesto relacionado con el supuesto de homogeneidad de varianzas, ya que implica la igualdad de varianzas entre los diferentes niveles de tratamiento, esta se evalúa a partir de la prueba de Mauchly, en la que la H_0 debe de ser aceptada, ya que las varianzas deben de ser iguales.

Prueba de Greenhouse-Geisser: Corrige la falta de esfericidad, esta proporciona un índice corrector llamado ϵ (épsilon), que corrige los grados de libertad de F (tanto los del numerador como los del denominador) para cumplir con el requerimiento estadístico sólo en los casos en los que no se cumpla con la esfericidad.

Prueba Post hoc Tukey: Prueba estadística que compara las medias individuales provenientes del ANOVA de las comparaciones entre factores para diferenciar en qué factores difirió significativamente uno de otro.