



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Memoria de trabajo emocional: evaluación de la actividad cerebral y el desempeño de una tarea estándar de n-back task en estudiantes universitarios.

Juan Pablo Abril Ronderos

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Humanas
Departamento de Psicología
Bogotá D.C., Colombia
2022

Memoria de trabajo emocional: evaluación de la actividad cerebral y el desempeño de una tarea estándar de n-back task en estudiantes universitarios.

Juan Pablo Abril Ronderos

Tesis para optar por el título de Magíster en Psicología con énfasis en la línea:
Efectos del estrés sobre el aprendizaje con modelos experimentales

Directora:

Marisol Lamprea Rodríguez, MSc, Ph.D.
Universidad Nacional de Colombia

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Humanas
Departamento de Psicología
Bogotá D.C., Colombia

2022

Agradecimientos

A todas las personas que me han acompañado durante este proceso. Especialmente a mis padres, quienes me han apoyado y alentado para poder lograr esta primera meta, entre las muchas que aún faltan.

A mis compañeros de laboratorio con quienes he compartido casi la totalidad de tiempo en este proceso, compañeros con quienes he disfrutado de charlas amenas, pero también de discusiones teóricas enriquecedoras. Especialmente a Moshé Alonso, José Mora y Estrella Campos. Moshé quien con su gran apoyo logre enamorarme del trabajo que hice y también a entender muchas cosas que seguramente solo no hubiera podido. José por su ayuda durante el experimento y compañía que actualmente hacen que el trabajo sea más ameno y que espero que continúe siendo así. Estrella por ser una persona de apoyo incondicional y su calor que alegra los días de cualquier persona.

A la profesora Marisol por todo, por la confianza que puso en mí para poder empezar una línea de investigación, por ser una tutora que siempre está pendiente no solo académicamente pero también personalmente. Por la rigurosidad y la calidad de investigadores que nos demanda a ser y que seguramente con el tiempo me permitirá ser un investigador no solo académicamente bueno sino también personalmente.

A la Universidad Nacional de Colombia por su apoyo y financiación a través de la Facultad de Ciencias Humanas - sede Bogotá con el proyecto” Memoria de trabajo emocional: evaluación de la actividad cerebral y el desempeño de una tarea estándar de n-back task en estudiantes universitarios.”

Resumen

Memoria de trabajo emocional: evaluación de la actividad cerebral y el desempeño de una tarea estándar de n-back task en estudiantes universitarios.

La investigación actual se realizó en un momento histórico de pandemia a causa del SARS-CoV-2, durante este contexto se generaron problemas de salud pública a nivel mundial siendo los desórdenes mentales asociados a las alteraciones del estado de ánimo uno de los más comunes y con mayor necesidad de afrontar. Estudios recientes (Veloso y Ty, 2021; Xiu et al., 2018) han mostrado que el entrenamiento de la memoria de trabajo con contenido emocional mejora la regulación emocional y la ansiedad, haciendo de esta relación interesante de estudiar, principalmente los efectos sobre la emoción y la memoria de trabajo. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos en el desempeño y en la actividad eléctrica cerebral del contenido emocional de imágenes usadas en una tarea de memoria de trabajo. 32 estudiantes universitarios completaron un *2-back task* dividido en bloques de valencia positiva, neutra y negativa diseñado para hacer análisis de potenciales evocados, específicamente el P3. Los resultados mostraron que el desempeño entre las diferentes valencias no fue diferente, sin embargo, se encontraron diferencias en el P3, cuando los estímulos eran congruentes, la amplitud del P3 en la región parietal generado por las imágenes de valencia negativa fue más alta. Estos hallazgos sugieren un efecto en el cual, para mantener un nivel de desempeño óptimo hay un mayor uso de recursos neuronales cuando las imágenes tienen valencia negativa en comparación a las demás.

Palabras Clave: Memoria de trabajo, Emoción, P3, EEG.

Abstract

Emotional working memory: assessment of brain activity and performance on a standard n-back task in college students.

The current research was conducted in a historical moment of pandemic because of SARS-CoV-2, during this context public health problems were generated worldwide being mental disorders associated with mood disturbances one of the most common and with greater need to face. Recent studies (Veloso and Ty, 2021; Xiu et al., 2018) have shown that working memory training with emotional content improves emotional regulation and anxiety, making this relationship interesting to study, the effects on emotion and working memory. The present study aimed to evaluate the effects on performance and brain electrical activity of the emotional content of images used in a working memory task. Thirty-two undergraduate students completed a 2-back task divided into positive, neutral, and negative valence blocks designed to perform evoked potential analysis, specifically the P3. The results showed that the performance between the different valences was not different, however, differences were found in the P3, when the stimuli were congruent, the amplitude of the P3 in the parietal region generated by the negative valence images was higher. These findings suggest an effect in which, to maintain an optimal performance level, there is a greater use of resources when the images have negative valence compared to the others.

Key Words: Working memory, Emotion, EEG, P3.

Contenido

Agradecimientos	II
Resumen	III
Abstract	IV
Contenido	V
Lista de figuras	VI
Lista de abreviaturas	VII
Marco teórico	1
Memoria de trabajo	1
Emociones	7
Memoria de trabajo y emociones	11
Justificación	13
Hipótesis	16
Objetivos	17
General	17
Específicos	17
Métodos	18
Participantes	18
Escala de emoción y estado de ánimo	18
Positive and Negative Affect Schedule	18
Self Assessment Manikin	19
N-back task	20
Dispositivo de electroencefalografía	22
Análisis de la señal	23
Procedimiento	23
Análisis estadísticos	25
Consideraciones éticas	26
Resultados	27
Desempeño	27

Análisis de EEG -----	27
Cuestionarios-----	30
Discusión -----	32
Consideraciones metodológicas y perspectivas futuras -----	38
Referencias-----	40
Figuras suplementarias -----	51
Anexos -----	52
Anexo 1. ANOVA desempeño memoria de trabajo-----	52
ANOVA d'-----	52
ANOVA C-----	52
ANOVA TR -----	53
Anexo 2. ANOVA P3 parietal-----	54
ANOVA parietal hemisferio izquierdo y derecho -----	54
ANOVA hemisferio derecho -----	60
Anexo 3. ANOVA cuestionarios SAM y PANAS.-----	62
ANOVA Excitación-----	62
ANOVA Valencia -----	63
Correlación PANAS -----	65
Anexo 4. Lista de imágenes del IAPS-----	65
Imágenes neutras -----	65
Imágenes positivas -----	65
Imágenes negativas-----	66

Lista de figuras

Figura 1. Experimentos de memoria de trabajo para primates.	3
Figura 2. Potencial evocado CDA	6
Figura 3. Arquitectura funcional de la emoción	8
Figura 4. Modelo dimensional de las emociones de Russell.....	10
Figura 5. Esquema SAM.	19
Figura 6. Diseño 2-back task.	20
Figura 7. Ubicación electrodos.....	21
Figura 8. Diagrama de procedimiento	23
Figura 9. Indices desempeño.	26
Figura 10. Procedimiento y tiempos.....	27
Figura 11. Factores ANOVA hemisferio derecho	28
Figura 12. Interacción ANOVA hemisferio derecho.....	29

Lista de abreviaturas

EEG	Electroencefalografía
MT	Memoria de trabajo
fMRI	Resonancia magnética funcional
CDA	Contralateral delay activity
IAPS	International Affective Picture System
IADS	International Affective Digitized Sounds
ANEW	Affective Norms for English Words
RDoC	Research Domain Criteria
PANAS	Positive and Negative Affect Schedule
AP	Afecto positivo
AN	Afecto negativo
SAM	Self-Assessment Manikin

Marco teórico

Memoria de trabajo

El concepto de memoria de trabajo (MT) se utilizó por primera vez en el libro de Miller (1956) *Plans and the structure of behavior* como un sistema de memoria de corto plazo con la peculiaridad de que la información guardada se mantenía disponible para su uso consciente en la planeación y ejecución del comportamiento. Más adelante, Atkinson y Shiffrin (1968) propusieron que la memoria de corto plazo se podría entender como una “MT” que recibía información sensorial y de la memoria de largo plazo.

Esta conceptualización sobre la memoria se consolidó gracias a los aportes de Baddeley y Hitch (1974) quienes propusieron un modelo multicomponentes. De acuerdo con su propuesta, la MT es un conjunto de sistemas necesarios para el razonamiento, comprensión y aprendizaje (Baddeley, 2010). Estos sistemas en un principio se dividieron en tres, aumentando posteriormente a cuatro: *visuo-spatial sketch pad*, encargado de guardar la información visual y espacial; *phonological loop*, encargado de guardar la información auditiva; *episodic buffer*, se encarga de guardar información multidimensional que puede tener características visuales y auditivas, así como de hacer uso de información de la memoria de largo plazo; por último, *central executive*, cuyo papel es controlar la atención y la información guardada por los otros componentes para su uso en tareas.

Aunque este es uno de los modelos más aceptados y utilizados, se han propuesto otros, siendo el más conocido el modelo de procesos embebidos de Cowan (1999). De acuerdo con esta propuesta, la MT se puede entender como un sistema que guarda información de corto plazo con capacidad limitada que interactúa con la memoria de largo plazo y depende de la atención. Es importante entender en este punto las diferencias entre la memoria de largo plazo, corto plazo y de trabajo. De acuerdo con Cowan (2008), la memoria de corto plazo es un sistema que guarda información y permite manipularla temporalmente, se caracteriza por tener un límite en la información a almacenar y su capacidad de recobro se ve limitada por el tiempo. Por otro lado, la memoria de largo plazo implica un almacenamiento permanente

o prolongado de la información involucrando aspectos procedimentales, sensoriales y episódicos.

Aunque los modelos de Baddeley y Cowan son los más conocidos, existen otras aproximaciones que intentan explicar la MT desde otros puntos de vista. Por ejemplo, el modelo de Petrides relaciona los procesos clásicos de actualización, comparación y guardado de la información con diferentes estructuras de la corteza prefrontal (Petrides, 2000), mientras que el modelo de Oberauer plantea que la MT es un sistema que activa representaciones que se utilizan con el fin de realizar una tarea cognitiva o motora (Oberauer, 2009). En la actualidad se entiende que la MT se caracteriza por la actualización de la información y por su capacidad limitada.

Además de los modelos planteados desde la psicología, la neurociencia también se ha interesado por el estudio de la MT, no solo con humanos, sino también con modelos animales, siendo uno de los más notorios los estudios con macacos. En los primates existen cuatro tareas estándar de MT (Tsutsui et al., 2016). Para pruebas visoespaciales se utilizan los diseños de *delayed response* y de *delayed alternation* y para las no visoespaciales se utilizan las tareas de *delayed matching-to-sample* y *delayed object alternation* (Figura 1). Los resultados de los estudios realizados con estas tareas han sido variados, pero han permitido mostrar que tanto la región prefrontal como la parietal son de importancia para este proceso. Trabajos clásicos con lesiones o inactivación temporal de la corteza prefrontal muestran una reducción del desempeño en tareas de tipo *delayed matching-to-sample* (Mishkin y Manning, 1978; Passingham, 1975). De igual manera, Friedman y Goldman-Rakic (1994) realizaron un trabajo con el método 14C-2-deoxiglucosa para evaluar la contribución de diferentes áreas en una tarea de tipo *delayed matching-to-sample* y encontraron que la región parietal posterior y la prefrontal dorsolateral se co-activan durante toda la duración del experimento.

La neurociencia cognitiva también se ha interesado por el estudio de la MT debido a que se ha mostrado que deficiencias en este tipo de memoria ocurren en la demencia, la enfermedad de Parkinson, la enfermedad de Huntington, etcétera (Rottschy et al., 2012). Para entender los mecanismos neuronales de este proceso se han diseñado múltiples tareas experimentales, siendo las más utilizadas la tarea de Sternberg, el *n-back task*, el *delayed match to sample* y el *delayed response* (Tsutsui et al. 2016). La tarea de Sternberg se compone

de dos partes, una en la que se le presenta un conjunto de elementos y otra en la que se le presenta un solo elemento y la persona debe decidir si este elemento estaba o no en el conjunto presentado previamente; el *n-back task* es una tarea donde se presentan continuamente estímulos donde el participante debe decidir si el estímulo que está viendo es el mismo presentado “n” estímulos previos y los últimos son iguales a los ya descritos para la investigación con macacos (Figura 1).

		Cue	Delay	Choice
Visuospatial tasks	(a) Delayed Response			
	(b) Delayed Alternation			
Non-spatial visual tasks	(c) Delayed match-to-sample			
	(d) Delayed object alternation			

Figura 1. Experimentos de memoria de trabajo para primates. (a) el sujeto tiene que recordar la ubicación donde apareció el color y responder después del tiempo de espera. (b) el sujeto debe alternar su respuesta entre izquierdo y derecho basado en la respuesta anterior después del tiempo de espera. (c) el sujeto debe recordar el color que se ilumina y después del tiempo de espera responder en el lugar donde se ilumina el mismo color. (d) el sujeto debe alternar su respuesta entre los colores que van apareciendo, respondiendo al color contrario al que se respondió en el estímulo anterior. Tomado de “Comparative overview of visuospatial working memory in monkeys and rats” por Tsutsui et al. (2016). *Frontiers in systems neuroscience*, 10, p. 99

Resultados de diferentes metaanálisis enfocados en trabajos de resonancia magnética funcional (fMRI por sus siglas en inglés) sugieren que existe una red fronto-parietal que se activa constantemente en todas las tareas de memoria de trabajo y en paralelo ocurre una activación específica de diferentes regiones que depende del tipo de modificación de la tarea y la población (Owen et al., 2005; Rottschy et al., 2012; Wager y Smith, 2003; Yaple et al.,

2019). Por ejemplo, Yaple et al. (2019) encontraron que la actividad de la corteza prefrontal se ve reducida en diferentes grupos de edad, siendo los más adultos mayores aquellos con menor actividad, sin embargo, este efecto no ocurre con la actividad registrada en la región parietal. Por otro lado, Owen et al. (2005) encontraron que existe una lateralización hemisférica dependiendo del tipo de estímulo que se utiliza en el *n-back task* con una activación predominantemente izquierda cuando el estímulo es verbal y derecha cuando el estímulo es visoespacial.

La electroencefalografía (EEG) es otra técnica de neuroimagen junto con la fMRI, sin embargo, esta técnica se caracteriza por su alta resolución temporal permitiendo diferenciar la respuesta neuronal relacionada a los subprocesos de la MT como la actualización, percepción y clasificación de la información. De igual forma también se ha usado para estudiar los efectos de modificaciones en las tareas como el aumento de la carga de memoria, el uso de estímulos emocionales, el uso de distractores, entre otros. En la literatura en la que se hace uso de la EEG se pueden encontrar tres tipos de estudios: a) los que evalúan potenciales relacionados con eventos, b) los que hacen análisis de frecuencia y c) los que realizan análisis de tiempo-frecuencia (Cohen, 2014; Luck, 2014). Dado que el alcance de este estudio no permite abordar los tres tipos de análisis, el presente documento se va a enfocar en los potenciales relacionados con eventos.

En términos generales, la EEG representa una combinación de diferentes fuentes de actividad neuronal con una alta resolución temporal y que, al utilizar un número suficiente de estímulos se puede promediar la actividad relacionada a cada uno para obtener un potencial evocado relacionado a eventos, (ERP por sus siglas en inglés) permitiendo ver el procesamiento de los estímulos en una escala de milisegundos (Luck, 2014). Sin embargo, la definición temporal de esta técnica viene con la dificultad de aislar el origen específico de los ERP. Estos ERP son ondas eléctricas que fluctúan en el tiempo negativa y positivamente. A estas fluctuaciones se les denomina componentes y se suelen asociar con eventos sensoriales, motores y cognitivos (Soltani y Knight, 2000). Existen dos métodos para nombrar los componentes, uno que hace referencia al momento en el que ocurre y otro al número del pico y normalmente queda a disposición del autor la forma en cómo se decida nombrarlos (Luck, 2014). Esta técnica se ha utilizado frecuentemente para responder

preguntas relacionadas con el momento en el que está ocurriendo una diferencia en el procesamiento de los estímulos debido a su resolución temporal. Aunque también es posible hablar de diferencias de actividad entre regiones, las preguntas no se suelen enfocar en estas diferencias pues la fMRI suele ser una mejor técnica para responder el lugar dentro del cerebro en el que se está generando la actividad.

Los potenciales evocados más comunes de análisis en experimentos con memoria de trabajo son el *contralateral delay activity* (CDA por sus siglas en inglés) y el P3. El CDA es un potencial que ocurre en tareas donde los participantes pasan por varias etapas, primero se les presenta un conjunto de elementos a recordar en un hemisferio visual, se les da un tiempo de retención y luego se les muestra otro conjunto de elementos ante los que cada sujeto debe identificar si son los mismos o si algún elemento cambió. El CDA se presenta como una onda negativa que aparece 275 milisegundos después de la presentación de los elementos iniciales y se mantiene hasta el momento en que aparece el conjunto de elementos que se va a comparar (Perez et al., 2012). La amplitud de este componente es sensible a la capacidad de memoria de trabajo y alcanza su límite de amplitud cuando los participantes llegan al máximo de capacidad de memoria de trabajo, usualmente entre cuatro a cinco estímulos (Figura 2).

Por otro lado, el P3 (o P300) es un potencial evocado que ocurre usualmente a los 300 milisegundos y se suele denotar como P3 porque la latencia de este potencial puede variar dependiendo del experimento, pudiéndolo encontrar en tiempos más tardíos como 400 o 500 milisegundos. Aunque este componente es uno de los más estudiados en la neurociencia, la mayor parte de los estudios se ha centrado en determinar las condiciones que lo producen y las que alteran su latencia o amplitud más que en los mecanismos neurofisiológicos que le subyacen (Luck, 2014; Polich y Kok, 1995). Este potencial suele ocurrir en tareas de memoria de trabajo, pero el subproceso cognitivo que representa todavía no está claro, pudiendo ser la actualización de la memoria o la clasificación del estímulo; sin embargo, existen tres hipótesis prevalentes en la literatura: la primera, descrita por Donchin (1981) establece que el P3 es el resultado de una detección de cambio contextual, que a nivel experimental se puede entender como una detección de cambio entre los estímulos relevantes y no relevantes para la tarea (Polich, 2007); la segunda teoría es el modelo de categorización

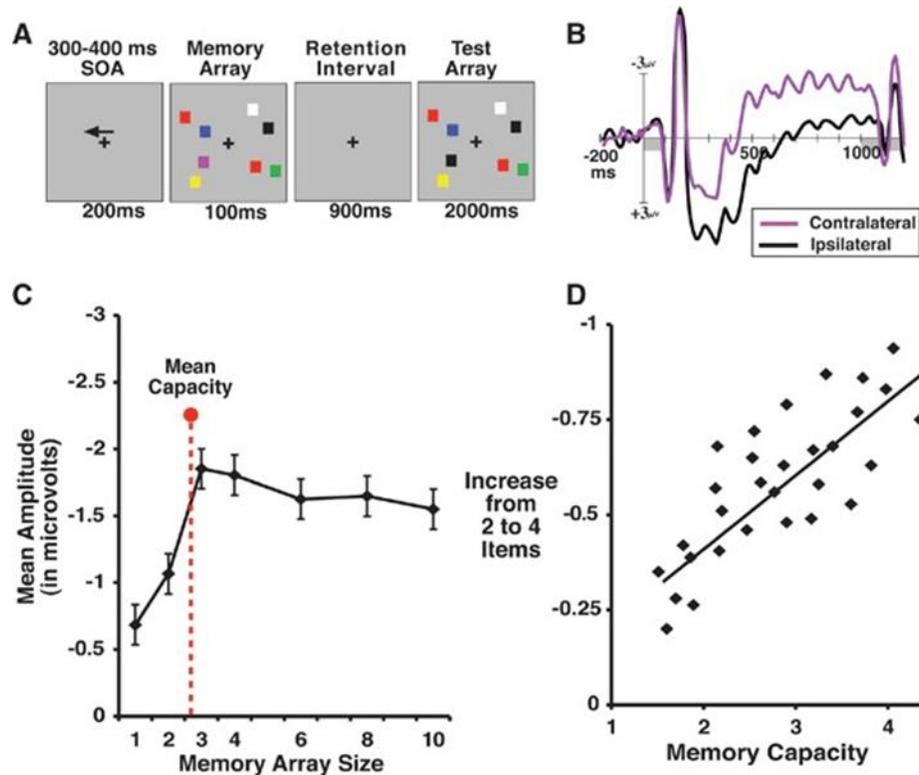


Figura 2. Potencial evocado CDA (A). ejemplo de un paradigma de detección de cambio bilateral (B). potencial evocado contralateral e ipsilateral promediado en electrodos parietales, temporales y occipitales laterales. (C) promedio de amplitud del CDA (300 - 900 ms) en función del número de ítems a recordar. La línea roja representa el promedio de capacidad de la memoria visual. (D) gráfica de distribución de cambio de amplitud del CDA entre 2 a 4 ítems recordados. Tomado de “What ERPs can tell us about working memory” por Perez et al., 2012. Oxford University Press New York, p. 5

del evento de Kok (2001) y la tercera es la hipótesis del locus cerúleos de Nieuwenhuis et al. (2005). De acuerdo con estas últimas dos aproximaciones, la amplitud de la onda se modifica debido a la categorización del estímulo, es decir, cuando los estímulos son identificados como objetivos se produce un aumento en la amplitud del P3 en comparación a la actividad que se observa cuando son identificados como no objetivos. De acuerdo con Nieuwenhuis et al. (2005) las modificaciones descritas en la amplitud del componente P3 serían mediadas por la actividad noradrenérgica del locus cerúleos.

Los estudios realizados hasta ahora han permitido describir mejor cuales son los factores que influyen en la modificación del P3. Uno de los más aceptados es el de la probabilidad de aparición de los estímulos. En este tipo de estudios se hace uso de las tareas denominadas “Go/NoGo” en las cuales el 90 % de los estímulos es no objetivo y el 10 % es objetivo. En este tipo de tareas la amplitud del componente P3 va a ser mayor para los estímulos con menor probabilidad; Sin embargo, cuando la tarea requiere inhibición comportamental (responder, no responder) el componente P3 producido por el estímulo de mayor probabilidad (NoGo) puede tener mayor amplitud (Huster et al., 2013; Huster et al., 2020). Otro de los hallazgos más consistentes es que la amplitud cambia cuando la tarea requiere mayores recursos cognitivos, es decir, el P3 aumentará si la tarea representa una mayor complejidad para el participante. Algunos estudios han mostrado; sin embargo, que la amplitud del componente también puede disminuir si el participante no está seguro de que el estímulo es objetivo o no objetivo. Esta diversidad en los trabajos en los que se usa como indicador de actividad cerebral al componente P3 hacen difícil el establecimiento de una teoría unificada (Luck, 2014). Por otro lado, la emoción es uno de los factores que pueden influir en la dificultad en las tareas de memoria de trabajo debido a su componente motivacional. Sin embargo, antes de describir la relación entre memoria de trabajo y emoción es importante aclarar el modelo de emociones que se va a utilizar en este estudio.

Emociones

La investigación de las emociones es un campo multidisciplinar, en el que con fluyen temas de la filosofía, la robótica, la neurociencia y la psicología lo que ha llevado a que las definiciones varíen dependiendo del enfoque y la disciplina desde la que se aborde (Fehr y Russell, 1984). En la psicología, el estudio de las emociones tiene una larga historia, siendo uno de los momentos cruciales el planteamiento de la teoría de la emoción por William James (James, 1884). De acuerdo con este influyente autor, la aparición de las emociones ocurre como consecuencia del proceso de identificación de un estímulo con carga emocional, de la activación fisiológica-comportamental y de la introspección de lo ocurrido siendo el resultado de la suma de estos eventos la emoción. Autores posteriores han complementado

esta definición afirmando que diferentes estímulos generan diferentes patrones de respuesta y por lo tanto diferentes emociones (Niedenthal y Ric, 2017) (Figura 3).

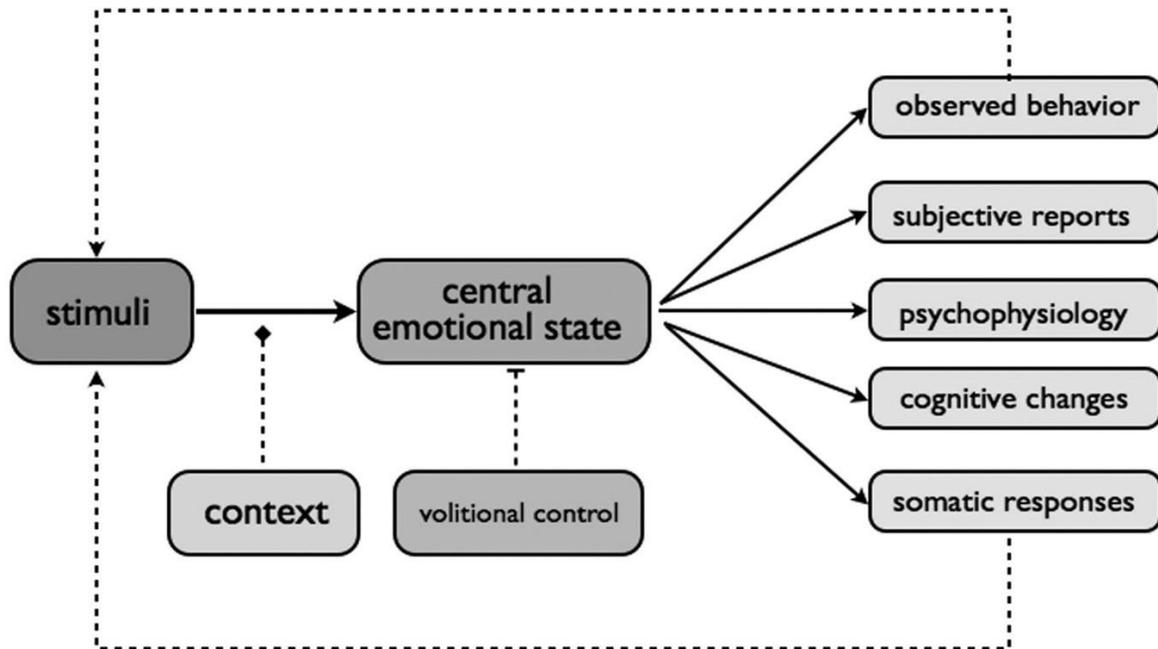


Figura 3. Arquitectura funcional de la emoción. Esquema ilustrativo para ejemplificar cómo un estado emocional es generado por un estímulo entrante y la evaluación de este está ligada al contexto. Una vez producido el estado emocional, este va a tener efecto en diferentes componentes como el comportamiento, cambios cognitivos o respuestas somáticas. Tomado de “Emotions are functional states that cause feelings and behavior” por Adolphs, 2018. Oxford University Press, p. 7

En este trabajo se entiende la emoción como una respuesta rápida ante un estímulo interno o ambiental cuyo valor depende del contexto y la historia del individuo (Sander, 2013). Esta respuesta emocional es el resultado de un proceso de identificación del estímulo y su consecuente respuesta automática, usualmente caracterizada por conductas que varían en función de la especie a la que pertenece el individuo, de su relación espacial con el estímulo y de la historia del sujeto.

Explicada la definición de emoción que se usa en este trabajo, se debe abordar la forma en cómo se clasifican y se dividen las diferentes respuestas emocionales.

Históricamente las teorías más famosas de clasificación son la teoría de las emociones básicas y el modelo dimensional. El modelo de las emociones básicas es uno de los más utilizados en la neurociencia afectiva y plantea que los seres humanos contamos con un conjunto de emociones básicas y las demás expresiones emocionales resultan de la combinación de estas (Sander, 2013). De acuerdo con Gu et al. (2019) el mantenimiento de estas emociones básicas a través de la evolución se debe a su valor adaptativo y al poder que tiene en los procesos de socialización. Por ejemplo, el miedo y la ira pueden permitirle a un organismo sobrevivir al influenciar su respuesta de huida o lucha y la de sus co-específicos ante una amenaza. Aunque la propuesta ha sido aceptada por varios investigadores en el área, aún quedan cuestiones por resolver, entre ellas se encuentra la cantidad de emociones básicas con las que contamos. Descartes planteó que las emociones básicas eran el amor, la admiración, el odio, el deseo, la felicidad y la tristeza (Descartes, 1649, Artículo 69, citado en Sander, 2013); más adelante Eckman (1983) propuso la existencia de siete emociones básicas y después Plutchik (2003) propuso que eran ocho las emociones básicas, mientras que s. Más recientemente Rachael, junto con otros autores, ha propuesto que son cuatro las emociones básicas: tristeza, alegría, rabia y miedo (Gu et al., 2019).

El modelo dimensional de las emociones es otra propuesta que busca describir las emociones no como componentes independientes y básicos, sino por dimensiones (Wundt, 1912; Wundt y Judd, 1902). Según este modelo las emociones no son unidades discretas, son elementos que se pueden ubicar dentro de un continuo dimensional de placer-displacer, tensión-relajación y activación-calma. Este modelo fue puesto a prueba por Russell (1980) quien encontró que las emociones se podían representar dentro de un modelo circular (Figura 4). Esta propuesta promovió la creación de bases de imágenes o palabras que se han utilizado en diferentes países en experimentos en los cuales los estímulos emocionales se clasifican por su valencia y excitación. Algunas de las bases más utilizadas son el sistema internacional de imágenes afectivas (IAPS) (Lang et al., 1997), el sistema internacional de sonidos digitalizados afectivos (IADS) (Stevenson y James, 2008) y las palabras afectivas en inglés (ANEW) (Bradley y Lang, 1999). Gracias a estas herramientas, los investigadores han mostrado que la selección de estímulos con diferentes niveles de valencia y excitación puede

producir efectos específicos en la actividad neuronal y el comportamiento, especialmente en el desempeño en tareas de MT.



Figura 4. Modelo dimensional de las emociones de Russell. Esquema del modelo dimensional circular del afecto de Russell. En este esquema podemos ver las dimensiones placer-displacer en el eje x y activación - desactivación en el eje Y con otros estados emocionales dispuestos entre estas dos dimensiones. Tomado de “A circumplex model of affect” por Russell, 1980. *Journal of Personality and Social Psychology*, p. 1164

En la actualidad, también han surgido otras perspectivas que se fundamentan en evidencias desde la neurociencia, siendo una importante la propuesta de Barret (2007); De acuerdo a su modelo, la experiencia emocional se ha relacionado consistentemente con estructuras como la corteza orbitofrontal, la corteza prefrontal ventromedial y la amígdala. De acuerdo a su propuesta, la experiencia emocional depende de una evaluación de condiciones específicas del contexto y su comparación con eventos pasados para después generar una interacción con el afecto actual y así producir una respuesta emocional. Esta definición permite establecer que un estado emocional de rabia no es el mismo para todos; las respuestas de rabia que puede tener una persona dependen de esa comparación y evaluación con contextos previos.

Memoria de trabajo y emociones

Antes de poder hablar del efecto de las emociones en la MT, es importante aclarar que posiblemente esta relación esta mediada por la atención. En la literatura se encuentran dos posibles mecanismos a través de los cuales la atención puede modular el desempeño en tareas de MT. El primero se basa en el supuesto de la atención como un recurso mientras que el segundo supone que la atención funciona como un filtro de la información (Oberauer, 2019). De acuerdo con la teoría del recurso, la atención permite el almacenamiento y procesamiento de informaciones competitivas, de forma que cuando se alcanza un límite se llevaría a cabo un proceso de selección de la información más relevante.

La segunda propuesta del filtro plantea que la atención es un mecanismo que selecciona y prioriza representaciones que luego van a ser utilizadas por la memoria de trabajo para poder realizar la tarea. Estas dos hipótesis son las más aceptadas y discutidas en la literatura. Por ejemplo, Miendlarzewska et al. (2013) realizaron un experimento usando la tarea de *n-back task* con estímulos del IAPS y distractores comparando condiciones de una (*1-back task*) y dos cargas de memoria (*2-back task*). En los resultados encontraron que en la condición de una carga de memoria el contenido emocional tuvo un efecto facilitador (mejor desempeño), sin embargo, en la condición de alta carga de memoria este efecto se redujo, posiblemente por una hipotética competencia de recursos neuronales entre la clasificación de la imagen y el guardado de la información. Por otro lado, Grissmann et al., 2017 realizó un estudio usando una tarea *2-back task* con el mismo tipo de imágenes y encontró un efecto facilitador únicamente para las imágenes negativas, los autores atribuyeron este resultado a un procesamiento facilitado gracias a un sesgo negativo, es decir, que las personas tenemos la tendencia a priorizar la información de valencia negativa a fin de mejorar la eficacia del procesamiento y responder más rápidamente. Otros autores se han ocupado del efecto de la emoción en la atención como proceso mediador de la MT. Por ejemplo, Pessoa (2009) planteó que los estímulos emocionales afectan la competición perceptual (atención) y el control ejecutivo. La competición perceptual se ve afectada debido a una activación sostenida de estímulos emocionales en la corteza visual, posiblemente por proyecciones de la amígdala que priorizan el procesamiento de los estímulos y, por lo tanto, afecta directamente el control

ejecutivo. De acuerdo con Kopf et al. (2013) si los estímulos emocionales actúan como distractores, el desempeño en la tarea se puede afectar, mientras que si son relevantes para la tarea, pueden mejorar el desempeño y procesamiento.

Para comprobar si la atención a estímulos emocionales generaba cambios en los potenciales evocados Holmes et al. (2003) realizaron un estudio en el que presentaban imágenes de casas y caras en diferentes localizaciones de la pantalla y los participantes debían dirigir su atención a uno de los dos tipos de estímulos basados en una clave previa. Los resultados mostraron cambios en la amplitud temprana y tardía de los potenciales evocados únicamente cuando los sujetos fijaban la atención a las caras. Un resultado interesante fue obtenido por Figueira et al. (2017) quienes replicaron el experimento representado en la Figura 2, pero antes de la presentación de las figuras a recordar se exponía a los participantes a una imagen distractora con contenido emocional neutro o negativo. Los resultados mostraron que cuando la imagen tenía valencia neutra el CDA alcanzaba su máximo de amplitud cuando el participante debía recordar cuatro ítems, mientras que cuando se le presentaban imágenes negativas alcanzaban su máximo en 2 ítems. Estos resultados van en línea con lo planteado por Kopf et al. (2013), las imágenes distractoras con contenido emocional redujeron la capacidad de MT mientras que las imágenes neutras no generaron cambios.

Este tipo de estudios utiliza estímulos emocionales de las bases de datos clásicas IAPS, IADS, ANEW estandarizados a partir del modelo dimensional de las emociones para poder controlar la valencia y la excitación. Sin embargo, en la literatura se encuentran resultados contradictorios. Raczy y Orzechowski (2019) encontraron que durante una tarea *2-back task*, las palabras con contenido emocional eran procesadas más rápidamente y por lo tanto ganaban priorización lo que llevaba a una mejora en los indicadores de memoria. Por otro lado, Fairfield et al. (2015) realizaron una tarea donde los participantes debían recordar las últimas tres palabras de una lista de entre 5 y 8 ítems con contenido emocional y encontró que cuando las imágenes tenían contenido emocional negativo el desempeño se vio reducido cuando las listas eran más largas mostrando el efecto contrario al artículo previo, lo cual permite ver que aún quedan vacíos en la literatura que deben llenarse.

Justificación

Desde su creación, la sublínea de investigación “Efectos del Estrés sobre el Aprendizaje con Modelos Experimentales” de la Universidad Nacional de Colombia ha tenido como objetivo determinar los efectos de la exposición a situaciones emocionalmente demandantes en el comportamiento y en la actividad cerebral. Para esto, se han realizado diversos estudios internos usando modelos animales, los cuales han permitido describir los mecanismos neuronales involucrados en la reacción emocional y su interferencia en el desempeño de tareas de memoria. Aunque el uso de modelos animales permite una gran precisión en el análisis estructural del sistema nervioso, tiene varias limitaciones relacionadas con el repertorio conductual de los sujetos y su gran diferencia con el comportamiento de los seres humanos. Es por esto por lo que se hace importante realizar estudios con modelos experimentales humanos que permitan proponer diseños más complejos, aunque en este caso, la pérdida sea al nivel del análisis de la función cerebral. En este contexto, es importante recordar que las personas experimentan a lo largo de su vida diversas situaciones que desafían el estado de homeostasis y que pueden afectar sus actividades cotidianas. Un factor que generó demanda emocional ha sido la aparición de la pandemia a nivel mundial a causa del virus SARS-CoV-2 que ha sido asociada a la aparición de diversos problemas de salud y malestar psicológico. Un reporte de este año mostró que los trabajadores de la salud en 26 países de las Américas tuvieron afectaciones a causa de las nuevas dinámicas durante la pandemia; entre 14.7 % y 22 % del personal presentó síntomas depresivos y entre 5 % y 15 % reportó ideación suicida (Arias y Martínez-Salazar, 2022). En el caso concreto de Colombia se encontró que fue el país con mayor malestar psicológico con un promedio de 29.34 puntos de un máximo posible de 32 puntos. De igual forma, en el reporte de la Organización Mundial de la Salud sobre depresión y otros desórdenes mentales (Organization et al., 2017), Colombia se encontraba entre los países con mayor prevalencia de ansiedad a nivel mundial en la población general con un 5.8 % frente a un promedio mundial de 3.6 % y también con mayor porcentaje de tiempo vivido con discapacidad por depresión con un 9.4 % frente a un promedio mundial de 7.5 %.

Estas estadísticas dejan en evidencia la necesidad de entender mejor las emociones y como estas pueden estar afectando otros aspectos como el desempeño cognitivo. Históricamente lo cognitivo y lo emocional se han estudiado como dos procesos ortogonales asumiendo que las emociones se procesan en estructuras del cerebro completamente diferentes a las que se utilizan para la realización de tareas cognitivas; sin embargo, estudios recientes han mostrado que esto no es verdad. Pessoa y colaboradores reportaron que estructuras como la amígdala, altamente relacionada a procesamiento de estímulos aversivos también tiene un papel en la atención y el aprendizaje asociativo (Pessoa, 2008).

La relación entre la emoción y la MT es de especial interés. Autores clásicos como Baddeley han propuesto la existencia de un sistema de detección hedónico altamente dependiente de la MT que cuando no funciona correctamente puede llegar a resultar en una depresión patológica y no patológica Baddeley (2013). Otros estudios más recientes muestran que el entrenamiento en tareas de MT mejora procesos como la regulación emocional (Xiu et al., 2018) o la ansiedad (Veloso y Ty, 2021). A pesar de esta evidencia y de las posibles aplicaciones tecnológicas derivadas de la comprensión de la relación entre las emociones y la cognición, aún son escasos los trabajos en los que se exploran los efectos de la presentación de estímulos con contenido emocional en los marcadores fisiológicos clásicos de la MT. Basado en lo anterior, la presente investigación no solo es un aporte para la investigación básica acerca de los efectos de las emociones sobre la MT, sino que además permitirá plantear experimentos futuros acerca de la relación de la emoción con otros procesos como el control atencional, la memoria a corto y largo plazo, entre otros. De igual forma es importante notar que los resultados obtenidos en estudios de este tipo tienen una implicación en áreas como el diagnóstico psicológico tal como lo plantea la propuesta Research Domain Criteria (RDoC por sus siglas en inglés) del instituto de Salud Mental de los Estados Unidos, según el cual, es necesario complementar el uso de manuales diagnósticos con la información que la ciencia básica nos está dando en términos de actividad cerebral, indicadores moleculares o estudios de comportamiento para entender mejor las afecciones psicológicas (Sanislow et al., 2010). Por esta razón, este trabajo puede llevar a futuros desarrollos de técnicas de caracterización experimental de funciones ejecutivas y de procesamiento emocional en participantes que asistan a un proceso de evaluación psicológica dentro de la universidad con el objetivo de

tener un perfil psicológico más completo, lo cual les permitirá a los psicólogos clínicos tener una visión del perfil más completa y por lo tanto poder tomar mejores decisiones en la práctica.

Hipótesis

Los trabajos que se han realizado con el paradigma *n-back task* usando material con contenido emocional no son concluyentes y la mayoría de ellos suele variar la carga de memoria para ver la interacción entre la carga y el contenido emocional de los estímulos. La literatura revisada muestra que al usar estímulos de valencia negativa en una tarea de memoria de trabajo el desempeño empeora y los tiempos de respuesta aumentan debido a una mayor demanda de procesamiento (Grissmann et al., 2017; Kopf et al., 2013). De acuerdo con estos precedentes se espera que el desempeño empeore cuando los estímulos sean de valencia negativa en comparación a cuando sean de valencia positiva o neutra.

Debido a la mayor demanda que se asume van a exigir los estímulos con valencia negativa, se espera que la actividad neuronal registrada en el EEG también sea diferente. En este estudio nos centramos en el análisis de los potenciales relacionados con eventos, específicamente en el componente P3 de la región parietal. Estudios previos han mostrado que este componente alcanza la máxima amplitud en esta región (Luck, 2014) y que este indicador se modifica de acuerdo con las demandas de la memoria de trabajo y de la categorización de estímulos (Polich y Kok, 1995; Saliassi et al., 2013). Así, se espera que la amplitud del componente P3 aumente en respuesta a los estímulos de valencia negativa en comparación con aquellos de valencias positiva y neutra.

Objetivos

General

Evaluar los efectos en el desempeño y en la actividad eléctrica cerebral del contenido emocional de las imágenes usadas en una tarea de memoria de trabajo.

Específicos

- Comparar el desempeño y el sesgo de respuesta asociados al contenido emocional de las imágenes durante la ejecución de una tarea de memoria de trabajo.
- Comparar la amplitud del potencial P3 evocado por imágenes de diferente contenido emocional durante la ejecución de una tarea de memoria de trabajo.

Métodos

Participantes

Características: Treinta y dos personas (15 mujeres, 17 hombres) con un promedio de edad de 22 años (rango entre 18-33 años y una desviación estándar de 3.45 años) seleccionados a conveniencia de diferentes universidades y el tamaño de la muestra se fundamentó en el artículo que tenía el diseño parecido al nuestro (Grissmann et al.,2017).

Parámetros de inclusión: Estudiantes universitarios activos, mayores de edad, con visión normal o corregida, sin discapacidad motora y sin un previo consumo de sustancias psicoactivas, por lo menos 24 horas antes del experimento.

Consentimiento informado: Antes de iniciar el experimento se solicitó el diligenciamiento del consentimiento informado en formato digital por medio de la herramienta Google Forms. En este formulario se explicó el objetivo del proyecto, el objeto de la participación en el experimento y el alcance de este, aclarando que el uso de los datos recabados sería únicamente académico. El participante tenía la opción de aceptar o no participar en el estudio y de retirarse del mismo en el momento que lo deseara. Todos los datos se manejaron conforme a la Ley 1581 de 2012 y a la normativa de uso de datos de la Universidad Nacional de Colombia que puede ser consultada en la resolución 207 de 2021.

Escalas de emoción y estado de ánimo

Positive and Negative Affect Schedule

Para conocer el estado de ánimo de los participantes al momento de realizar el experimento, se aplicó la escala *Positive and Negative Affect Schedule* (PANAS por sus siglas en inglés) construida por Watson et al. (1988) con el objetivo de medir el afecto positivo y negativo como dos factores independientes y así mismo, resolver el problema de baja validez y confiabilidad de las pruebas de la época. El instrumento cuenta con un total de 20 ítems, 10 destinados a la medida de afecto positivo (AP) y 10 a la de afecto negativo (AN).

Todos los ítems se miden mediante una escala tipo Likert de uno a cinco. La instrucción que recibieron los participantes fue responder las preguntas considerando un lapso de una semana. Esta escala ha sido validada en diferentes países hispanohablantes como México (Velasco-Matus et al., 2021) Chile (Dufey y Fernandez, 2012), Colombia (Clavijo y Cantor, 2020) y también en versión online en España (Díaz- García et al., 2020). El instrumento se seleccionó por sus propiedades psicométricas y porque no genera baremos de clasificación, se ha reportado una consistencia interna buena con valores de alfa de Cronbach entre 0.86 y 0.90 para el afecto positivo, en el afecto negativo se han reportado valores entre 0.84 y 0.87 (Magyar-Moe, 2009).

La decisión de no usar pruebas que clasificarán a los participantes en grupos, como el Inventario de Depresión de Beck, (Beck et al., 1996; Beck et al., 1987) se tomó porque se necesitaba obtener una medida continua del estado de ánimo del participante y el resultado que se conseguiría al aplicar ese tipo de pruebas no lo permitía. Es importante aclarar que no se desconoce el valor que pueden tener este tipo de pruebas en estudios similares a este con respecto al efecto de la depresión o estados de ánimo alterados sobre la memoria de trabajo (Baddeley, 2013; Szuhany et al., 2018), sin embargo, la evidencia actual soporta que el método de clasificación resultado de las mismas no concuerda con la clasificación que se logra con métodos que toman en cuenta más variables y no las limita a la sintomatología (Insel y Cuthbert, 2015).

Self Assesment Manikin

El Self Assesment Manikin (SAM por sus siglas en inglés) es una prueba desarrollada por Bradley y Lang (1994) para evaluar la respuesta emocional de los participantes. Esta prueba se construyó de acuerdo con el modelo dimensional de Russell y evalúa la valencia, excitación y dominancia. Cada una de las dimensiones se representa utilizando un conjunto de imágenes humanoides organizadas y numeradas del uno al nueve, siendo la primera y la última los valores extremos de cada dimensión como se puede ver en la Figura 5.

N-back task

Para la tarea de memoria de trabajo se utilizó un *N-back task* emocional con una carga de memoria constante de dos ítems (*2-back task*) programada en el software de presentación de estímulos PsychoPy3 (Peirce et al., 2019). Esta prueba consiste en la presentación secuencial de estímulos donde cada participante debe indicar con una respuesta (presionar la barra espaciadora) si el estímulo que está en pantalla es el mismo presentado dos estímulos previos (estímulo coherente). En caso de no ser el mismo (estímulo incoherente), no se debe emitir ninguna respuesta.

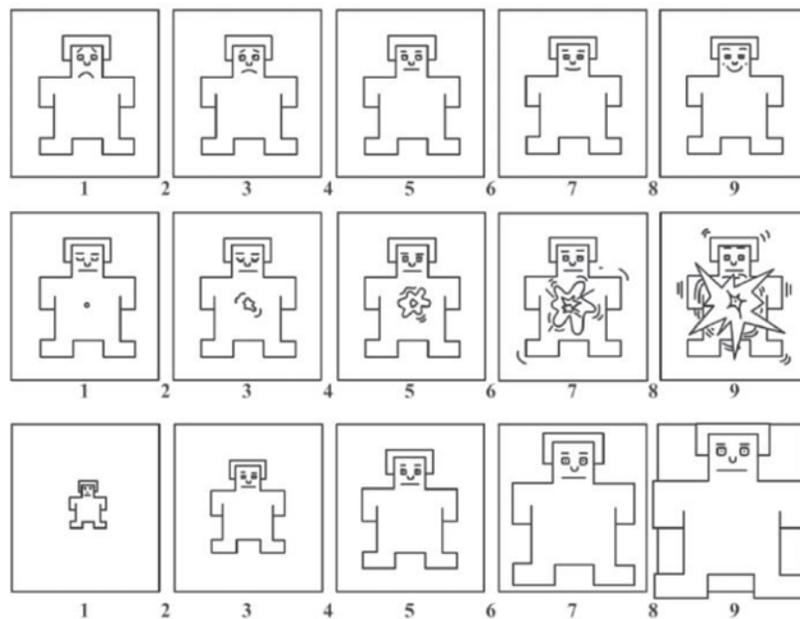


Figura 5. Esquema SAM. Cuestionario SAM, las imágenes de la primera fila representan la dimensión de la valencia, la segunda fila representa la activación y la última la dominancia. Todas las dimensiones están organizadas del menor valor posible al mayor valor posible.

La tarea se configuró en 10 bloques: el primero era de entrenamiento, donde el participante realizaba la tarea con estímulos de valencia neutra; Una vez finalizado el entrenamiento, se presentaban nueve bloques organizados de forma aleatoria: tres con imágenes de valencia positiva, tres de valencia neutra y tres de valencia negativa. Cada uno de los bloques contaban con una secuencia de 30 estímulos de la misma valencia donde 9

eran congruentes y 21 incongruentes. La proyección de un estímulo duraba 1000 milisegundos (ms) y si la imagen era coherente la proyección terminaba cuando el participante respondía. Entre cada uno de los estímulos se presentaba una cruz de fijación que duraba 500 ms y entre cada uno de los bloques había un tiempo de descanso de 3000 ms (Figura. 6).

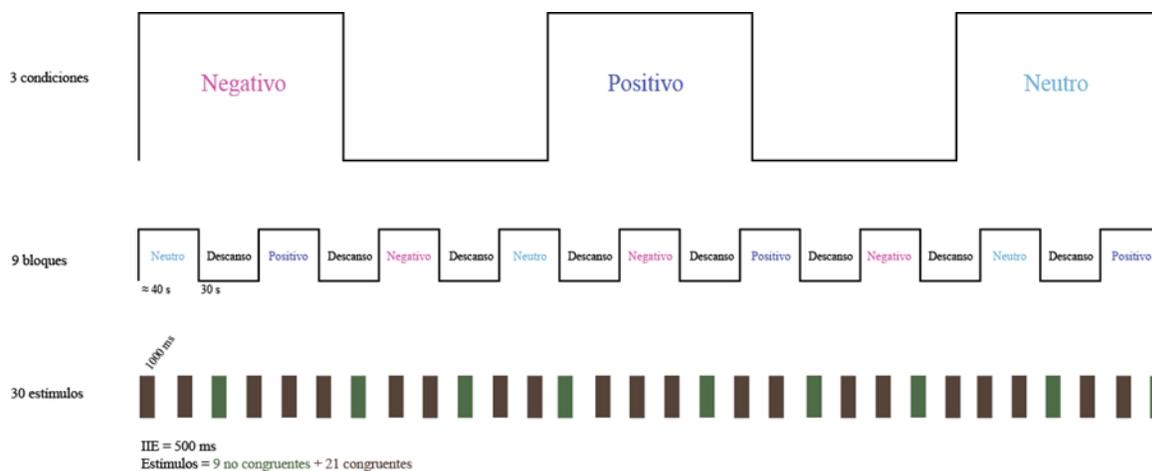


Figura 6. Diseño 2-Back task. Esquema del diseño del 2-back task

Para los estímulos emocionales se utilizaron imágenes del IAPS, base de datos desarrollada y estandarizada por el Instituto de Salud Mental de los Estados Unidos de América, para uso en la investigación científica emocional. El proceso de estandarización de esta base de datos consistió en la evaluación de diferentes imágenes con base en la valencia (contenido emocional), activación (gasto de energía) y dominancia (dominio de la emoción). Aunque la estandarización se realizó con una población representativa y las imágenes son altamente utilizadas en la investigación, existen todavía discusiones sobre las diferencias culturales al momento de evaluar las imágenes y por esta razón se hacen estandarizaciones con poblaciones de diferentes países como la que realizó Gantiva et al. (2019) con población colombiana.

Se seleccionó un total de 48 imágenes divididas en 16 grupos para cada tipo de valencia. Las imágenes positivas contenían escenas eróticas, bebés sonriendo, comida apetitosa, deportes extremos y aventura. Las imágenes de valencia negativa contenían

fotografías de insectos, contaminación, personas en estado de pobreza extrema, depresión y de consumo de sustancias. Las imágenes neutras fueron objetos domésticos, ropa y personas en situaciones neutras. Las imágenes de valencia negativa y positiva tenían valores comparables en la dimensión de activación, pero eran diferentes a los valores de las imágenes neutras. El anexo 1 corresponde a la lista de todas las imágenes utilizadas, así como a los valores asignados en cada dimensión.

Dispositivo de electroencefalografía

Para el registro de la actividad cerebral se utilizó un electroencefalógrafo ActiChamp plus de Brain Vision. Este dispositivo cuenta con 32 electrodos activos ubicados en los canales AFP1, AFP2, AFF5h, AFF6h, F9, F7, Fz, F8, F10, FC5, FC1, FC2, FC6, T7, C3, Cz, C4, T8, CP5, CP1, CP2, CP6, P9, P7, P3, Pz, P4, P8, P10, O1, Oz y O2 (Figura 7). El registro de la actividad neuronal se hizo con el software Lab Streaming Layer (Kothe, 2014), la tasa de muestreo fue de 500 Hz, la impedancia se mantuvo para todos los electrodos por debajo de los 15 K Ω y no se aplicó ningún filtro durante el registro.

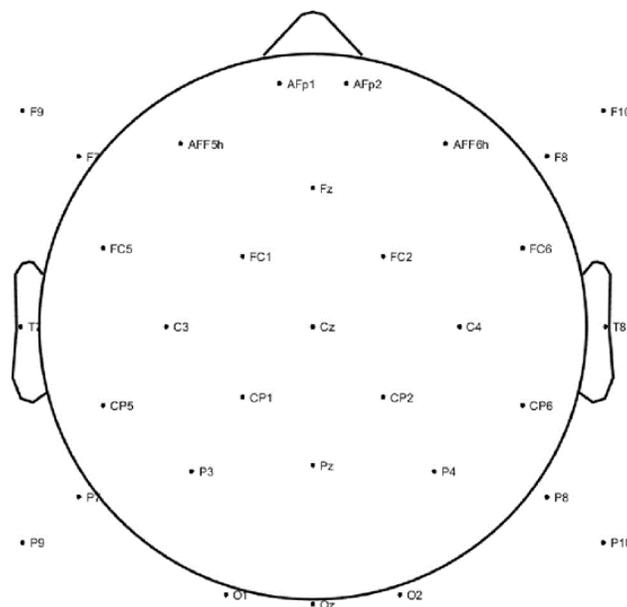


Figura 7. Ubicación electrodos. Esta imagen representa la distribución de los electrodos que se utilizó para el experimento basado en el sistema 10/20

Análisis de la señal

Para analizar los potenciales relacionados con la presentación de las imágenes se utilizaron los toolbox de Matlab EEGLAB (Delorme y Makeig, 2004) y ERPLAB (Lopez-Calderon y Luck, 2014). El preprocesamiento consistió en cargar los datos, eliminar los registros con exceso de ruido y aplicar un filtro Butterworth de pasa banda con un pase superior de 0.1 Hz y un pase inferior de 35 Hz. El filtro tenía un orden de cuatro (4) y un corte de 80 db/dec. Filtrados los datos se buscaron canales con ruido excesivo y se interpolaron. Sin los canales con ruido se realizó una referencia al promedio y se aplicó la función de ICA para eliminar los componentes de ruido visuales (parpadeo y movimiento ocular horizontal). Por último, se inspeccionó visualmente la señal para eliminar el ruido remanente.

Para el procesamiento de la señal se generaron las épocas de los datos alrededor de cada uno de los tipos de estímulos. Se utilizó una ventana temporal de -200 ms, previo a la presentación de la imagen hasta 800 ms posteriores a dicha presentación. Una vez generadas las épocas fueron promediadas para obtener los potenciales evocados. A partir de estos, se calcularon los valores de la amplitud del componente P3, utilizando una ventana temporal de 250 a 350 ms y promediando todos los valores de amplitud en esa ventana (Luck, 2014).

Procedimiento

Teniendo en cuenta el estado de emergencia decretado en el país a causa de la pandemia COVID 19, se determinó un protocolo de bioseguridad que permitiera realizar el experimento con cada uno de los participantes. De igual forma los investigadores usaban mascarilla, gafas y bata durante todo el procedimiento y estos se renovaban con cada participante.

Preparación del entorno: se realizaba desinfección de áreas y superficies en la sala donde se recibía al participante; así mismo, se aseguraba revisión y carga de los dispositivos

y accesorios que se requerían para el experimento para evitar reprocesos y demoras para iniciar el experimento con el participante.

Recepción del participante: Al ingresar el participante a la sala, se le solicitaba diligenciar el protocolo, leer y firmar el consentimiento informado, reiterando que, al momento de iniciar con la tarea, esta se podía suspender en cualquier momento según sus necesidades o sentimientos.

Experimento: Se ejecutó en cuatro fases, representadas en la Figura 8.

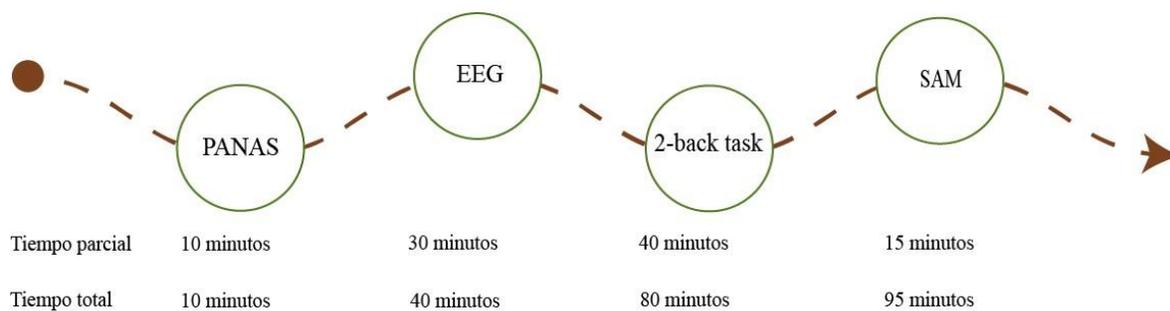


Figura 8. Diagrama de procedimiento. Diagrama en el que se muestran el procedimiento experimental con sus respectivos tiempos parciales, tiempo acumulado tras cada actividad y duración total del experimento.

El participante respondía el PANAS (fase 1) mientras el investigador preparaba el EEG aplicando gel conductor en los electrodos y calibrando la impedancia de estos a un valor menor de 15 K Ω (fase 2). Una vez alcanzados estos valores, se explicaba al participante los movimientos que podrían generar mayor ruido en la señal (parpadeo, tensión muscular, movimiento ocular horizontal) para disminuir la probabilidad de estos comportamientos durante el desarrollo de la tarea. Finalizado el diligenciamiento del PANAS y la preparación del EEG, se iniciaba la tarea 2-Back task (Fase 3) y una vez concluida esa fase, se desconectaba y limpiaba el EEG, mientras que el participante resolvía el SAM (fase 4).

Por último, se indicaba al participante que el experimento había terminado, se agradecía su asistencia, se le notificaba que podía lavar su cabello y se le recordaba que cualquier información extra que necesitase acerca del experimento, podía obtenerla a través del investigador.

Análisis estadísticos

Los resultados de desempeño en la tarea 2 -Back task se analizaron empleando dos índices de la Teoría de Detección de Señales (Banks, 1970; McNicol, 2005):

(a) d' : índice que da cuenta de la capacidad del participante para discriminar cuando el estímulo es congruente o no congruente.

(b) C : índice que permite identificar la presencia de sesgo de respuesta en el participante.

Otro componente del análisis fue el tiempo de respuesta, variable que evidencia la velocidad de respuesta del participante cuando el estímulo es congruente. Se aplicó un ANOVA de medidas repetidas con cada uno de los índices, con el fin de evidenciar si existían diferencias relacionadas con la valencia de las imágenes presentadas.

Así mismo, las pruebas de auto reporte se sometieron a un análisis de correlación para comprobar que los factores AP y AN del PANAS no estaban relacionados entre sí. Con respecto al SAM, se realizó un ANOVA de medidas repetidas para corroborar que las valencias y la excitación atribuidas por los participantes a las imágenes correspondieran con aquellas utilizadas para seleccionar las imágenes del IAPS.

El análisis de los potenciales relacionados con eventos se limitó a las regiones parietal y occipital en las cuales se agruparon los electrodos en tres regiones de interés: parietal izquierda, parietal derecha y occipital. En la región parietal izquierda se promediaron los valores registrados en los electrodos P3 y P7, en la región parietal derecha los electrodos P4 y P8 y en la región occipital los electrodos O1, Oz y O2. Estas regiones fueron seleccionadas por las evidencias que muestran un máximo de amplitud del P3 en el hemisferio Parietal (Nakao et al., 2012; Polich y Kok, 1995; Saliasi et al., 2013) y la occipital debido a la naturaleza visual de la tarea. Para el análisis de los registros de las regiones parietales se utilizó un ANOVA de medidas repetidas de tres factores: valencia (neutro, positivo, negativo), congruencia (congruente, no congruente) y hemisferio (izquierdo, derecho). Para el análisis de la región occipital se aplicó un ANOVA de dos factores: valencia y congruencia.

Para todas las variables se evaluaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk, la esfericidad con la prueba de Esfericidad de Mauchly y todos los análisis que no cumplieran con la esfericidad fueron corregidos con Greenhouse-Geisser. Todos los ANOVA se reportaron junto con el tamaño del efecto usando η_p^2 dado y los rangos también se definieron de acuerdo con la literatura:

- Tamaño del efecto pequeño ≤ 0.01
- Tamaño del efecto medio ≥ 0.06
- Tamaño del efecto alto ≥ 0.14

Consideraciones éticas

El protocolo propuesto en el presente proyecto paso obtuvo el aval del Comité de Ética de la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional de Colombia en el Acta No 9, oficio B.VIE-FCH-078-02020. Junto con esto el proyecto también sigue todos los principios éticos consignados en el *Ethical Principles of Psychologists and Code of Conduct* de la American Psychological Association, así como la Ley 1090 de 2006 del Ministerio de Salud que reglamenta las investigaciones en psicología en el país.

Resultados

Desempeño

El índice d' se usó para determinar las diferencias en la capacidad de discriminación de los estímulos en función de su valencia. Para su análisis se aplicó un ANOVA de medidas repetidas, los resultados no mostraron diferencias significativas entre las valencias y hubo un tamaño del efecto pequeño $F_{(2, 62)} = 0,37, p < 0,68, \eta_p^2 = 0,001$; de igual forma los resultados del ANOVA de medidas repetidas para el sesgo de respuesta C tampoco fueron significativos $F_{(2, 62)} = 0,2, p = 0,81, \eta_p^2 = 0,007$. Situación que se repite para los resultados del ANOVA de los tiempos de respuesta $F_{(2, 62)} = 2,92, p = 0,06, \eta_p^2 = 0,08$.

Estos resultados sugieren que el desempeño de la tarea no se vio afectado por el contenido emocional de las imágenes dado que la capacidad de determinar la congruencia de los estímulos no fue diferente entre las valencias, no se encontró sesgo de respuesta y los tiempos de respuesta fueron comparables entre las valencias (Figura 9).

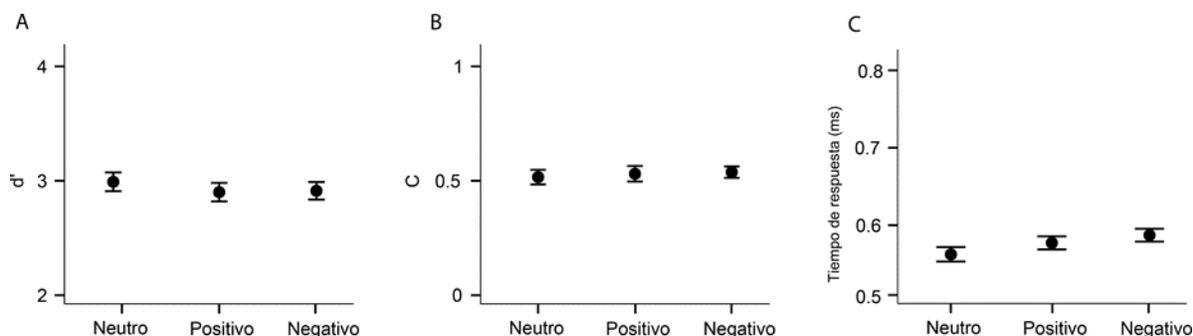


Figura 9. Índices de desempeño. A. Gráfica de desempeño medido con d' . B. Gráfica de sesgo de respuesta medido con C . C. Gráfica de tiempos de respuesta en milisegundos.

Análisis de EEG

El análisis de EEG se enfocó en la región parietal en la cual se hizo un ANOVA de tres factores: hemisferio, congruencia y valencia. Los resultados mostraron que:

(a) En el factor valencia se encontró una diferencia estadísticamente significativa, con un tamaño del efecto grande y los grados de libertad se corrigieron con el método Greenhouse-Geisser $F_{(1,36, 25)} = 7,93$, $p < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,295$. Los análisis post hoc revelaron que la amplitud promedio del P3 de las imágenes negativas fue mayor que el de las positivas ($p < 0,01$) y las neutras ($p < 0,01$) y estas últimas dos no fueron diferentes ($p = 0,44$). (b) El análisis del factor de congruencia, similar a la valencia mostró resultados significativos y un tamaño del efecto alto $F_{(1, 19)} = 26,64$, $p < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,584$. El post hoc mostró que la amplitud del componente P3 para las imágenes no congruentes es mayor que para las congruentes ($p < 0,01$). (c) El factor de hemisferio también mostró diferencias significativas y un tamaño del efecto grande $F_{(1, 19)} = 17,95$, $p < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,486$ y el post hoc mostró que la actividad en el hemisferio derecho es mayor que la del izquierdo.

Considerando la diferencia hemisférica mencionada, se realizó un post hoc adicional que mostró que no hay diferencias en el hemisferio izquierdo ni por valencia ni por congruencia, pero sí en el derecho como se puede ver gráficamente en los potenciales evocados (Figura 10) y en la tabla del Anexo 2. Para explorar a mayor profundidad la actividad del hemisferio derecho se decidió hacer un segundo ANOVA, de esta forma se evita hacer correcciones del valor p innecesarias que pueden aumentar la cantidad de falsos positivos y reducir el tamaño del efecto (Goss-Sampson, 2019).

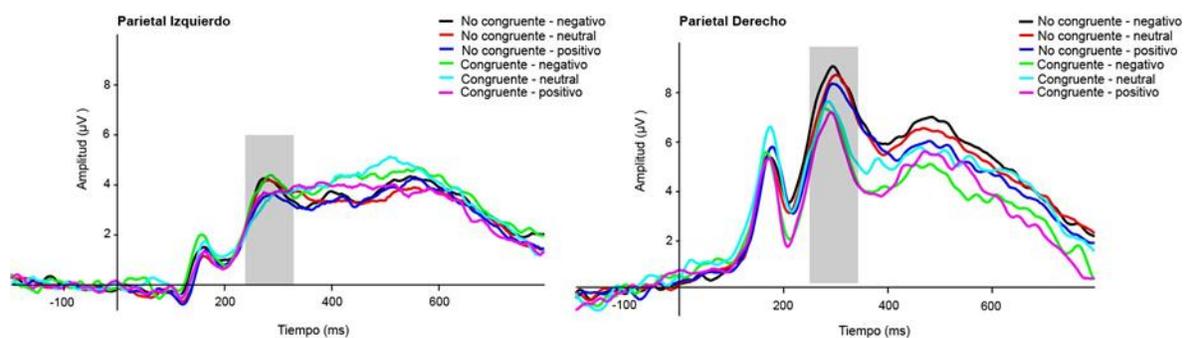


Figura 10. Interacción Congruencia - hemisferio - valencia. Gráficas de los potenciales evocados de las regiones parietal izquierdo y derecho. Los rectángulos grises hacen referencia al tiempo que se utilizó para computar el promedio del P3.

Los resultados encontrados en los factores valencia y congruencia del ANOVA del hemisferio derecho, mostrados gráficamente en la Figura 11 fueron: (a) En el factor valencia se observa una diferencia estadísticamente significativa con un tamaño del efecto grande $F_{(2, 38)} = 7,88$, $p < 0,01$, $\eta_p^2 = 0,293$. Los análisis post hoc revelaron que la amplitud del componente P3 de las imágenes negativas fue mayor en comparación con las positivas ($p < 0,01$) y las neutras ($p < 0,01$), mientras que la amplitud entre estas dos últimas no fue diferente ($p = 0,5$). (b) El análisis del factor de congruencia, así mismo mostró diferencias significativas con un tamaño del efecto grande $F_{(1, 19)} = 31,60$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,625$. El post hoc demostró que la amplitud del componente para las imágenes no congruentes es mayor que para las congruentes ($p < 0,01$).

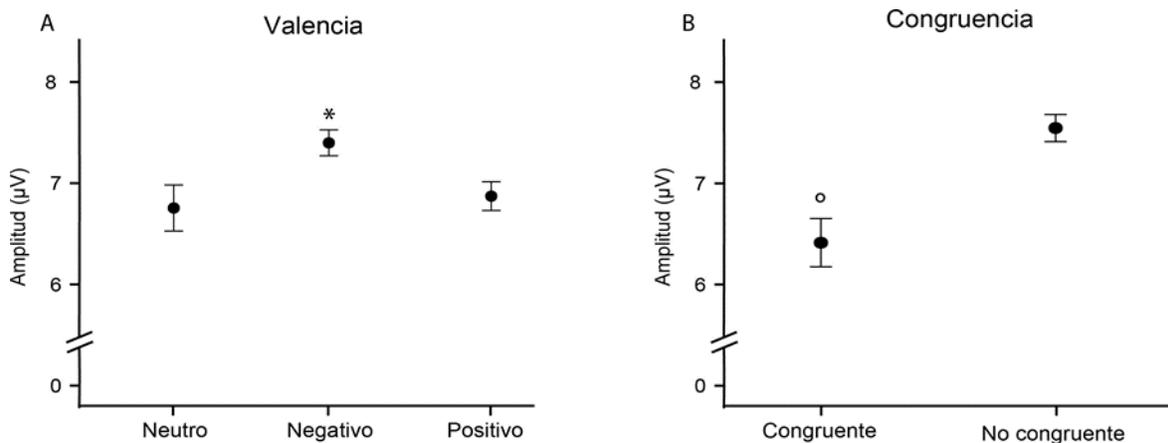


Figura 11. Factores ANOVA hemisferio derecho. A. Gráfica del factor valencia del hemisferio derecho. (*) denota diferencias respecto a las valencias neutras y positivas ($p < 0,05$). B. Gráfica del factor congruencia del ANOVA del hemisferio derecho. (°) representa diferencia significativa entre congruente y no congruente ($p < 0,05$).

De manera similar a los resultados anteriores la interacción valencia x congruencia (Figura 12) presentó diferencias significativas y un tamaño del efecto grande $F_{(2, 38)} = 3,943$, $p = 0,028$, $\eta_p^2 = 0,172$. El post hoc permitió observar que, al comparar la congruencia entre cada una de las valencias, los estímulos no congruentes siempre generaron mayor amplitud que los congruentes en los estímulos neutros ($p < 0,01$), positivos ($p = 0,02$) y negativos ($p = 0,147$). Cuando se hizo la comparación entre valencias en las imágenes congruentes o no

congruentes, no se encontraron diferencias entre las valencias de los estímulos que no eran congruentes; no obstante, los estímulos congruentes sí tuvieron diferencias entre las valencias. Cuando las imágenes eran de contenido negativo se generó una amplitud mayor que cuando era neutro ($p < 0,01$) pero no cuando el contenido era positivo ($p = 0,147$) y la comparación entre neutro y positivo así mismo no presentó diferencia significativa ($p = 0,19$), a pesar de que sí se encontró un aumento en la amplitud de los positivos.

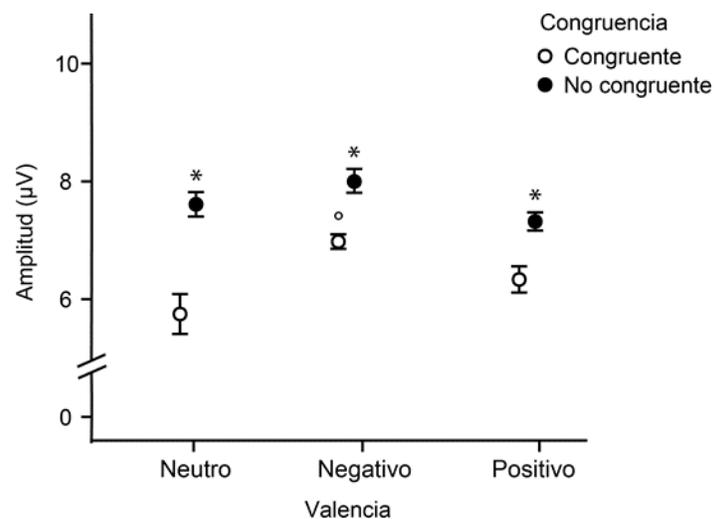


Figura 12. Interacción Congruencia* Valencia. Gráfica de la interacción valencia congruencia del ANOVA del hemisferio derecho ($p < 0,05$). (*) representa diferencias del factor congruencia dentro de cada grupo de valencias. (°) representa diferencia en el grupo congruente negativo contra grupo congruente neutro ($p < 0,05$).

Cuestionarios

En el estudio se utilizaron los cuestionarios PANAS y SAM para obtener información complementaria a la obtenida mediante la prueba de memoria de trabajo y al registro de la actividad cerebral.

Con la prueba del PANAS se evaluó si las dimensiones Afecto Positivo (AP) y Afecto Negativo (AN) eran independientes. Los resultados de la correlación confirmaron la independencia de estos factores $r_{(30)} = 0,08$, $p = 0,64$. Con relación a los promedios de puntuación se encontró que el AP puntuó más alto ($M = 31.18$, $DE = 6.42$) que el AN ($M = 18.15$, $DE = 4.86$).

Con la prueba del SAM se esperaba identificar si las valoraciones de los participantes acerca de la excitación y valencia generadas por las imágenes correspondían con aquellas establecidas en el IAPS y a partir de las cuales fueron seleccionadas para el estudio. Debido a que los valores de la valencia incumplieron con el supuesto de esfericidad de Mauchly, se corrigieron los grados de libertad del ANOVA con el método de Greenhouse-Geisser. Los resultados de la ANOVA revelaron una diferencia y un tamaño del efecto significativos $F_{(1, 24, 62)} = 118, 6, p < 0,01, \eta_p^2 = 0,793$. Las pruebas post hoc mostraron que la valencia de las imágenes positivas era mayor que las negativas ($p < 0,01$) y las neutras ($p < 0,01$) mientras que las negativas eran menores que las neutras ($p < 0,01$).

De igual forma, el análisis de la dimensión de excitación mostró diferencias y tamaño del efecto significativos $F_{(2, 62)} = 66,13, p < 0,01, \eta_p^2 = 0,681$. El análisis post hoc revela que la excitación producida por las imágenes neutras era menor al producido por las imágenes positivas ($p < 0,01$) y las negativas ($p < 0,01$) pero las imágenes negativas no eran diferentes de las positivas.

Se concluye que el uso de los cuestionarios usados para determinar las variables estado de ánimo y dimensiones emocionales de los estímulos, mostraron los resultados esperados. El AN y el AP tenían correlación cercana a 0 y los valores del AP en promedio fueron mayores que los del AN. El SAM permitió demostrar que los participantes estaban evaluando las imágenes de la misma forma que fueron seleccionadas del IAPS, las valencias fueron diferentes entre ellas y los valores de activación fueron iguales entre las imágenes negativas y positivas pero diferentes de las neutras.

Discusión

Los resultados del presente estudio revelan que no se producen diferencias en el desempeño de una tarea de memoria de trabajo con imágenes de diferentes valencias o que producen diferentes niveles de excitación. Sin embargo, se observó una mayor amplitud del componente P3 registrado en el hemisferio derecho con respecto al obtenido en el hemisferio izquierdo lo que permite sugerir que el desempeño en la tarea de memoria de trabajo (MT) (*2 Back-task*) con imágenes emocionalmente significativas generó un efecto hemisférico. El desempeño de los participantes en el *2 Back-task* se evaluó mediante las medidas de d' , C y tiempo de respuesta. De estos valores se concluyó: (A) El valor de d' fue medio-alto para todos los tipos de valencias en comparación al valor máximo posible ($d'_{\text{negativo}} = 2.91$, $d'_{\text{positivo}} = 2.90$, $d'_{\text{neutro}} = 2.99$, $d'_{\text{máximo}} = 4.52$) y no se observaron diferencias relacionadas con la valencia de las imágenes utilizadas. (B) No existió un sesgo de respuesta porque los valores se mantuvieron muy próximos a 0 ($C_{\text{negativo}} = 0.491$, $C_{\text{positivo}} = 0.51$, $C_{\text{neutro}} = 0.517$) y (C) El tiempo de respuesta para las tres valencias no mostró diferencias ($TR_{\text{negativo}} = 581\text{ms}$, $TR_{\text{positivo}} = 587\text{ms}$, $TR_{\text{neutro}} = 567\text{ms}$).

Desde el planteamiento del problema se mencionó que la MT y la atención compiten por recursos de procesamiento de la información y que un aumento en la dificultad en una tarea de MT lleva consigo un aumento directamente proporcional de los recursos necesarios para realizarla con la consecuente reducción de los recursos destinados al procesamiento atencional (J. Feng et al., 2012; Oberauer, 2019). De esto se concluye que, si la tarea de MT no es demandante, tareas con distractores que requieren mayor atención no afectarán el desempeño. La hipótesis que se planteó en la presente investigación fue que el desempeño en la MT se vería afectado porque la atención del participante se enfocaría al componente emocional de las imágenes. Sin embargo, los resultados mostraron que los participantes tuvieron un desempeño cercano al óptimo (66 %) con los tres tipos de material, lo que sugiere que la valencia de las imágenes (y, por ende, las diferencias posibles en la atención que prestaron a ellas) no fue suficiente para generar interferencias en el procesamiento de la MT. Este desempeño es comparable con resultados previos sin estímulos emocionales que

muestran que, con una carga de memoria de dos ítems, independiente del contenido, el desempeño suele ser alto con respecto a otras cargas de memoria más altas (Lamichhane et al., 2020).

En trabajos de MT con contenido emocional también se han encontrado resultados que van en línea con lo que se encontró en este estudio. Por ejemplo, Kensinger (Kensinger y Corkin, 2003) realizó una serie de experimentos de MT con diferentes tipos de estímulos emocionales como caras o palabras y también con diferentes paradigmas como el n-back task y la tarea de lapso de lectura. En sus resultados encontró que el contenido emocional de los estímulos no modulo la precisión con la que los participantes realizaban las tareas de MT, de acuerdo con su discusión es posible que este efecto se debiera a que la emoción podría estar generando modulaciones a nivel neuronal, pero sin el impacto suficiente para verse evidenciado a nivel de comportamiento.

Otra literatura, en contraste a la anterior ha encontrado que el uso de estímulos con contenido emocional modula el desempeño, sin embargo, es literatura con resultados mixtos, unos trabajos tienen evidencias de que estímulos con contenido emocional mejoran el desempeño de la MT mientras que otros muestran el resultado contrario. Por ejemplo, Lindström realizó un 2-back task modificado con imágenes emocionales y encontró una mejora en el desempeño de la MT cuando las imágenes tenían contenido emocional en comparación a las que tenían contenido neutro (Lindström y Bohlin, 2011). Contrario a estos resultados, Mammarella encontró en una tarea de *Operation span* test un efecto de mejora cuando los estímulos tenían contenido emocional con respecto a cuando eran neutras (Mammarella et al., 2013).

Garrison, (Garrison y Schmeichel, 2019) debido a estos resultados mixtos, planteó que existen dos hipótesis para explicar el efecto de las emociones en la MT: (A) Las emociones mejoran la MT porque el contenido de las imágenes atrae la atención y movilizan recursos de procesamiento que facilitan la codificación y almacenamiento de la información; (B) Las emociones empeoran la MT porque los estímulos capturan recursos de procesamiento atencional y por lo tanto se dificulta el guardado de la información necesaria para el desempeño de la tarea. Debido a esta inestabilidad en los resultados y la posibilidad extra de

que las modulaciones de la emoción sean tan sutiles que no se presenten en el comportamiento, los resultados del EEG son de vital importancia.

Esta investigación se centró en el análisis de los cambios en el componente P3 producidos por las imágenes utilizadas en la tarea de MT, considerando que este potencial ha mostrado ser sensible a variables asociadas con las características o condiciones experimentales. Por ejemplo, se sabe que la amplitud de este componente aumenta cuando el desempeño de la tarea requiere demandas atencionales y categorización de estímulos (Polich y Kok, 1995; Saliassi et al., 2013), procesos que hacen parte de las tareas de MT en las cuales la actualización de la información es continua (Polich, 2007; Saliassi et al., 2013) y cuyo máximo efecto se ubica en los electrodos parietales (Nakao et al., 2012; Polich y Kok, 1995; Saliassi et al., 2013). Para evaluar las alteraciones producidas en este componente se tomaron como factores el hemisferio, la congruencia y la valencia atribuida a las imágenes y se encontró un efecto hemisférico, esto es, en el hemisferio derecho la amplitud fue mayor en comparación con el hemisferio izquierdo independientemente de la congruencia y la valencia. Adicionalmente, en el hemisferio derecho se observó una actividad diferencial asociada con la valencia de las imágenes y la congruencia, sugiriendo ello, que este último tuvo una mayor preponderancia en el procesamiento de la información en la tarea.

Existen dos modelos de procesamiento emocional que hacen énfasis en diferencias hemisféricas; el modelo de Borodi (Borodi et al., 1998) plantea que el hemisferio derecho procesa material con contenido emocional sin importar su valencia ni la excitación producida por el mismo mientras que el modelo de Davidson (Davidson, 1996) propone que el patrón de activación hemisférica es dependiente de la valencia de los estímulos, siendo el izquierdo dominante para el procesamiento de las emociones positivas y el derecho para las negativas. Los resultados en este estudio parecen ir en línea con la primera hipótesis y concuerdan con otras investigaciones previas, como por ejemplo, las realizadas por Borodi, que realizaron un trabajo de identificación de palabras y frases emocionales en pacientes que sufrieron infarto cerebral izquierdo y derecho. Estos autores demostraron que el porcentaje de precisión de identificación de palabras y frases se deterioró en el grupo de pacientes con daño cerebral derecho cuando estas tenían contenido emocional, en comparación con las neutras (Borod et al., 1992). En otros trabajos como el de Prete en el que se presentaron caras con contenido

emocional, se encontró que los componentes P1 y P2 parietales tenían mayor amplitud en el hemisferio derecho que en el izquierdo independiente de la valencia de los estímulos (Prete et al., 2018).

Debido a la predominancia del hemisferio derecho y a la igualdad de amplitudes entre condiciones en el hemisferio izquierdo, se decidió comparar los factores congruencia y valencia únicamente en la actividad del hemisferio derecho. Este análisis mostró que los estímulos que tenían contenido negativo generaron mayor amplitud del P3 que los neutros y positivos, lo que permite sugerir que estas imágenes requirieron el uso de un mayor recurso neuronal por la necesidad de más atención sostenida y dificultad en la actualización de la información. Estos resultados van en la misma línea con otras investigaciones, donde se refleja que el procesamiento de información con valencia negativa aumenta la amplitud del componente P3. Kessel et al. (2016) propusieron una tarea *3 back-Task* con caras de valencia positiva, negativa o neutra, y mostraron que la amplitud del componente P3 en la región parietal aumentó ante las caras de valencia negativa en comparación a las positivas y neutras. Por otro lado, Grissmann et al. (2017) usaron una tarea *2-back task* en la que variaron la carga de memoria y usaron imágenes del IAPS. En este estudio los análisis se enfocaron en el análisis de frecuencia, y encontraron que en la región parietal se presentó una disminución de la banda alfa, lo que sugiere un aumento en la actividad neuronal cuando los estímulos eran negativos, resultados que apoyan la hipótesis del sesgo negativo, según la cual las alteraciones en los potenciales evocados pueden deberse a una predisposición a atender estímulos posiblemente aversivos para facilitar la eficiencia de procesamiento (Baumeister et al., 2001; Olofsson et al., 2008). Esta respuesta puede ocurrir a causa de una comunicación inicial más eficiente entre el tálamo y la amígdala, que llevaría a una mejora en el procesamiento cortical y subcortical de los estímulos visuales basado en la valencia y la excitación mejorando la MT (Olofsson et al., 2008) y que de acuerdo con lo encontrado por Morris et al. (1998) este procesamiento posiblemente sea llevado a cabo principalmente por la amígdala del hemisferio derecho.

Los resultados del factor congruencia revelaron un incremento en la amplitud del componente P3 cuando los estímulos eran no congruentes en comparación a los congruentes. Este efecto no fue esperado porque se había presupuestado que la amplitud del componente

P3 aumentaría con los estímulos congruentes debido a su probabilidad de aparición (Polich, 2007; Polich y Kok, 1995). Sin embargo, es importante tener en cuenta que, en este estudio, los participantes debían responder únicamente ante las imágenes congruentes, es decir, debían inhibir su respuesta motora ante aquellas imágenes que no correspondían con la vista dos eventos anteriores. Este tipo de inhibición comportamental se ha asociado con aumentos en la amplitud del componente P3 (Groom y Cragg, 2015; Huster et al., 2013; Huster et al., 2020).

Un estudio de particular interés debido a los resultados comparables a los nuestros es el realizado por Smith y colaboradores (Smith et al., 2008) quienes realizaron dos experimentos de tipo Go/No-Go. En el primero, los participantes debían presionar un botón ante un sonido particular (Go) e inhibir esta respuesta ante otro sonido más agudo (No-Go). En el segundo, en lugar de presionar el botón, el participante debía llevar la cuenta de cuantos estímulos del primer tipo había escuchado y no contar los otros. Los resultados llevaron a dos conclusiones destacables: primero, en ambos experimentos el componente P3 alcanzó la amplitud máxima en las regiones centro-parietales y fue mayor para los estímulos No-Go. Segundo, la amplitud del componente P3 del primer experimento (cuando el participante debía inhibir la respuesta motora) fue mayor al experimento en el que se debía omitir la actividad de contar.

En la discusión del estudio anterior, se argumentó que, aunque la inhibición ocurrió en ambos experimentos, el componente de inhibición motora influyó más y el aumento en el P3 correlacionó positivamente con tiempos de respuesta más rápidos, sugiriendo la posible contribución de potenciales relacionados al movimiento. Debido a estas evidencias es probable que los efectos entre congruente y no congruente que se encontraron en el presente estudio se deban a este efecto de inhibición motora ya que no tenían que responder a los estímulos no congruentes y responder lo más rápido posible a los congruentes, causando los incrementos en la amplitud del P3 con la inhibición motora ante los estímulos no congruentes.

Los resultados de la interacción entre congruencia y valencia mostraron que los estímulos no congruentes generaron mayor amplitud que los congruentes para todas las valencias. Sin embargo, cuando se comparó cada tipo de estímulo, se encontró que la amplitud del P3 producida por los estímulos no congruentes de cualquier valencia no era

diferente, mientras que aquella producida por los estímulos congruentes aumentó cuando los estímulos eran de valencia negativa en comparación a los neutros.

De esta forma, se muestra que el aumento de la amplitud del componente P3 ocasionado por la inhibición motora (estímulos no congruentes) es estable entre las valencias y diferente cuando debían clasificar los estímulos como congruentes. Esto sugiere que el efecto que se encontró en el factor valencia ocurre únicamente cuando el participante se da cuenta que el estímulo es congruente, lo que lleva a la posibilidad de que los estímulos con carga negativa exigen mayor cantidad de recursos neuronales para clasificar los estímulos como negativos y congruentes en comparación a los neutros. Esta diferencia contrasta con los resultados obtenidos en el desempeño, lo que permite sugerir que se produjo un aumento en la actividad neuronal ante las imágenes negativas y congruentes, pero que este aumento no fue suficiente para afectar el desempeño. Un modelo que puede ayudar a explicar estos resultados es la teoría de control atencional de Eysenck (Eysenck et al., 2007) que se desarrolló con base a los planteamientos de eficiencia de procesamiento previamente propuestos por el mismo autor (Eysenck y Calvo, 1992) y que se fundamenta en los conceptos de efectividad y eficiencia. La efectividad se entiende como la calidad del desempeño y se suele medir con índices comportamentales; la eficiencia es una relación entre la efectividad y la cantidad de recursos utilizados, es decir, una menor eficiencia ocurre cuando se usan más recursos para mantener el mismo nivel de efectividad. Una hipótesis que se plantea en este trabajo es que los participantes mantuvieron un estado de efectividad estable entre las diferentes condiciones de valencia a costa de una pérdida en la eficiencia del procesamiento, es decir una mayor cantidad de recursos se asignó a procesar la información con contenido negativo, evidenciado esto por la diferencia de amplitud en el P3, un índice que ya ha sido previamente utilizado para evidenciar diferencias en el uso de recursos cognitivos en tareas de MT (Murray y Janelle, 2007).

Debido a que se trabajó con estímulos que se esperaba generarán una respuesta emocional, se aplicaron dos pruebas de control, el SAM para tener una medida directa de los participantes de la valencia y la excitación percibidas y el PANAS, una medida que permitió evaluar el estado de ánimo. Los puntajes obtenidos en el PANAS fueron los esperados y se distribuyeron de acuerdo a lo planteado por Watson et al. (1988), el AP fue mayor que el AN

(AP = 31.18, AN = 18.15) y al comparar estos puntajes con los reportados en las validaciones de la prueba en español se encontró que son comparables con la versión chilena de Dufey y Fernandez (2012) (AP = 33.6, AN = 18) y con la mexicana de Moral de la Rubia (2011) (AP = 31.36, AN = 16.66), identificando que los valores estaban entre los rangos normales. Es de resaltar que, en este tipo de estudios, conocer el estado de ánimo de los participantes es importante porque existen investigaciones que demuestran que esta variable tiene un efecto en los procesos cognitivos, por ejemplo, Gray (2001) concluyó que la inducción de estados de ánimo positivos y negativos podría afectar el desempeño en tareas de MT visual y espacial. En este estudio se evidenció que la inducción de un estado de ánimo negativo mejoraba el desempeño en la tarea de MT espacial, pero empeoraba la MT verbal mientras que la inducción del estado de ánimo positivo generaba el efecto contrario.

De igual forma, era importante conocer el reporte de los participantes acerca de la valencia y la excitación producidas por las imágenes, dado que se ha reportado que la valencia tiende a influenciar los potenciales cerebrales tempranos, mientras que la excitación afecta los potenciales tardíos (Dolcos y Cabeza, 2002; C. Feng et al., 2012; Olofsson et al., 2008). Por ejemplo, Olofsson planteó en su revisión acerca del procesamiento de imágenes con contenido emocional que, la valencia tiene un efecto en la atención selectiva debido a la saliencia de la imagen y la excitación determina la cantidad de recursos asignados para el procesamiento de estos estímulos (Olofsson et al., 2008). Debido a estas evidencias, las imágenes seleccionadas del IAPS en este experimento se ajustaron de tal forma que las imágenes positivas y negativas tuvieran valores equivalentes de excitación, ajuste que fue confirmado con los resultados obtenidos en el SAM. Las imágenes con valencia negativa produjeron una excitación media y fueron calificados con valores más bajos (excitación = 5.28, valencia = 3.15), las de valencia positiva también produjeron una excitación media y puntajes altos (excitación = 5.68, valencia = 7.10) y por último las imágenes neutras produjeron una excitación baja y puntajes medios (excitación = 2.87, valencia = 5.35).

Consideraciones metodológicas y perspectivas futuras

El presente estudio mostró que a pesar de que el desempeño en la tarea de MT no fue diferente entre las valencias, sí se encontró un aumento en la actividad neuronal cuando los

participantes debían clasificar los estímulos negativos como congruentes sugiriendo que, en este caso, posiblemente ocurrió disminución en la eficiencia del procesamiento (no así en la efectividad). Este efecto seguramente se debió a la valencia de los estímulos, dado que otras características como la excitación y el estado de ánimo de los participantes fueron controlados. Sin embargo, dadas las restricciones del momento en el que se tomaron los registros, no fue posible contar con un mayor número de participantes, lo que hubiera permitido, por ejemplo, análisis diferenciales por sexo. Igualmente habría sido deseable un diseño con un mayor número de estímulos, dadas las pérdidas habituales ocasionadas por factores como el ruido.

A partir de los resultados obtenidos, sería muy interesante realizar experimentos adicionales en los que se aumente la carga de MT (*3-Back Task*) con el fin de determinar si con este nivel de dificultad ya no se contaría con recursos suficientes para el procesamiento simultáneo de la MT y de la valencia emocional de los estímulos, con lo cual se esperarían efectos deletéreos en el desempeño de la tarea manteniendo la misma tendencia de aumento en la actividad cerebral ante los estímulos con contenido negativo. De igual forma, en un estudio posterior, será importante incluir una respuesta motora, es decir que los participante deban presionar una tecla cuando el estímulo sea congruente y otra cuando no lo sea, esto con el fin de confirmar si la mayor amplitud observada del componente P3 ante los estímulos no congruentes efectivamente se debió a la inhibición motora.

Por último, cabe resaltar que este estudio es el primer trabajo en neurociencia cognitiva de la facultad de ciencias humanas de la Universidad Nacional de Colombia. Gracias a esto, las metodologías usadas aquí van a abrir una línea de investigación completa en el laboratorio que permitirá responder otro tipo de preguntas utilizando la EEG como técnica principal; y por lo tanto, permitiendo mantener la calidad de la investigación hecha en el laboratorio al mismo nivel que la investigación internacional en el campo.

Referencias

- Adolphs, R. (2018). Emotions are functional states that cause feelings and behavior. En A. S. Fox, R. C. Lapate, A. J. Shackman & R. J. Davidson (Eds.), *The nature of emotion: fundamental questions*. Oxford University Press.,
- Arias, S., & Martínez-Salazar, I. (2022). The COVID-19 HEalth caRe wOrkErs Study (HEROES) INFORME REGIONAL DE LAS AMÉRICAS.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. En *Psychology of learning and motivation* (pp. 89-195).
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current biology*, 20(4), 136-140., doi: 10.1146/annurev.psych.58.110405.085709
- Baddeley, A. (2013). Working memory and emotion: Ruminations on a theory of depression. *Review of General Psychology*, 17(1), 20-27., <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085709>
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. En *Psychology of learning and motivation* 47-89.
- Banks, W. P. (1970). Signal detection theory and human memory. *Psychological bulletin*, 74(2), 81.
- Barrett, L. F., Mesquita, B., Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2007). The experience of emotion. *Annual review of psychology*, 58, 373. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085709>
- Baumeister, R. F., Bratslavsky, E., Finkenauer, C., & Vohs, K. D. (2001). Bad is stronger than good. *Review of general psychology*, 5(4), 323-370. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.5.4.323>
- Beck, A. T., Steer, R. A., & Brown, G. (1996). Beck depression inventory—II. Psychological assessment.
- Beck, A. T., Steer, R. A., Brown, G. K., et al. (1987). Beck depression inventory. Harcourt Brace Jovanovich New York.

Borod, J. C., Andelman, F., Obler, L. K., Tweedy, J. R., & Wilkowitz, J. (1992). Right hemisphere specialization for the identification of emotional words and sentences: Evidence from stroke patients. *Neuropsychologia*, *30*(9), 827-844. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(92\)90086-2](https://doi.org/10.1016/0028-3932(92)90086-2).

Borod, J. C., Cicero, B. A., Obler, L. K., Welkowitz, J., Erhan, H. M., Santschi, C., Grunwald, I. S., Agosti, R. M., & Whalen, J. R. (1998). Right hemisphere emotional perception: evidence across multiple channels. *Neuropsychology*, *12*(3), 446. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.12.3.446>.

Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, *25*(1), 49-59. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9).

Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1999). Affective norms for English words (ANEW): Instruction manual and affective ratings (Vol. 30, No. 1, pp 25-36). *Technical report C-1, the center for research in psychophysiology*, University of Florida.

Clavijo, M., & Cantor, L. (2020). Adaptación y validación de la Escala de Afectividad Positiva y Negativa (PANAS) al contexto colombiano, en una muestra de madres solteras en la ciudad de (Tesis de maestría). Fundación Universitaria Los Libertadores.

Cohen, M. X. (2014). Analyzing neural time series data: theory and practice. MIT press, 2014.

Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory.

Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Progress in brain research*, *169*, 323-338.

[https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)00020-9](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)00020-9)

Davidson, R. J. (1996). Cerebral Asymmetry, Emotion, and Affective Style. *Brain asymmetry*, *361*.

Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of neuroscience methods*, *134*(1), 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>.

- Díaz-García, A., Gonzalez-Robles, A., Mor, S., Mira, A., Quero, S., García-Palacios, A., Baños, R. M., & Botella, C. (2020). Positive and Negative Affect Schedule (PANAS): psychometric properties of the online Spanish version in a clinical sample with emotional disorders. *BMC psychiatry*, *20*(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s12888-020-2472-1>
- Dolcos, F., & Cabeza, R. (2002). Event-related potentials of emotional memory: encoding pleasant, unpleasant, and neutral pictures. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *2*(3), 252-263. <https://doi.org/10.3758/CABN.2.3.252>.
- Donchin, E. (1981). Surprise! ... surprise?. *Psychophysiology*, *18*(5), 493-513. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1981.tb01815.x>
- Dufey, M., & Fernandez, A. M. (2012). Validez y confiabilidad del Positive Affect and Negative Affect Schedule (PANAS) en estudiantes universitarios chilenos. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación Psicológica*, *2*(34), 157-173.
- Eysenck, M. W., & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition & emotion*, *6*(6), 409-434. <https://doi.org/10.1080/02699939208409696>
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. *Emotion*, *7* (2), 336. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.2.336>
- Fairfield, B., Mammarella, N., Di Domenico, A., & Palumbo, R. (2015). Running with emotion: When affective content hampers working memory performance. *International Journal of Psychology*, *50*(2), 161-164. <https://doi.org/10.1002/ijop.12101>
- Fehr, B., & Russell, J. A. (1984). Concept of emotion viewed from a prototype perspective. *Journal of experimental psychology: General*, *113*(3), 464. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.113.3.464>
- Feng, C., Wang, L., Liu, C., Zhu, X., Dai, R., Mai, X., & Luo, Y.-J. (2012). The time course of the influence of valence and arousal on the implicit processing of affective pictures. *PloS one*, *7*(1), e29668. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029668>
- Feng, J., Pratt, J., & Spence, I. (2012). Attention and visuospatial working memory share the same processing resources. *Frontiers in psychology*, *3*, 103. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00103>

Figueira, J. S., Oliveira, L., Pereira, M. G., Pacheco, L. B., Lobo, I., Motta-Ribeiro, G. C., & David, I. A. (2017). An unpleasant emotional state reduces working memory capacity: electrophysiological evidence. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *12*(6), 984-992. <https://doi.org/10.1093/scan/nsx030>

Friedman, H. R., & Goldman-Rakic, P. S. (1994). Coactivation of prefrontal cortex and inferior parietal cortex in working memory tasks revealed by 2DG functional mapping in the rhesus monkey. *Journal of Neuroscience*, *14*(5), 2775-2788. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.14-05-02775.1994>

Gantiva, C., Barrera-Valencia, M., Cadavid-Ruiz, N., Calderón-Delgado, L., Gelves-Ospina, M., Herrera, E., Mejía-Orduz, M., Montoya-Arenas, D., & Suárez-Pico, P. (2019). Inducción de estados afectivos a través de imágenes. Segunda validación Colombiana del Sistema internacional de imágenes Afectivas (IAPS). *Revista Latinoamericana de Psicología*, *51*(2), 176-195. <https://doi.org/10.14349/rlp.2019.v51.n2.5>

Garrison, K. E., & Schmeichel, B. J. (2019). Effects of emotional content on working memory capacity. *Cognition and Emotion*, *33*(2), 370-377. <https://doi.org/10.1080/02699931.2018.1438989>

Goss-Sampson, M. (2019). Statistical analysis in JASP: A guide for students.

Gray, J. R. (2001). Emotional modulation of cognitive control: Approach–withdrawal states double-dissociate spatial from verbal two-back task performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*(3), 436. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.3.436>

Grissmann, S., Faller, J., Scharinger, C., Spüler, M., & Gerjets, P. (2017). Electroencephalography based analysis of working memory load and affective valence in an n-back task with emotional stimuli. *Frontiers in human neuroscience*, *11*, 616. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2015.04.004>

Groom, M. J., & Cragg, L. (2015). Differential modulation of the N2 and P3 event-related potentials by response conflict and inhibition. *Brain and cognition*, *97*, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2015.04.004>

Gu, S., Wang, F., Patel, N. P., Bourgeois, J. A., & Huang, J. H. (2019). A model for basic emotions using observations of behavior in *Drosophila*. *Frontiers in psychology*, *10*, 781. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00781>

Holmes, A., Vuilleumier, P., & Eimer, M. (2003). The processing of emotional facial expression is gated by spatial attention: evidence from event-related brain potentials. *Cognitive Brain Research*, *16*, 174-184. [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(02\)00268-9](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(02)00268-9)

Huster, R. J., Enriquez-Geppert, S., Lavallee, C. F., Falkenstein, M., & Herrmann, C. S. (2013). Electroencephalography of response inhibition tasks: functional networks and cognitive contributions. *International journal of psychophysiology*, *87* (3), 217-233. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.08.001>

Huster, R. J., Messel, M. S., Thunberg, C., & Raud, L. (2020). The P300 as marker of inhibitory control—fact or fiction? *Cortex*, *132*, 334-348. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.05.021>

Insel, T. R., & Cuthbert, B. N. (2015). Brain disorders? precisely. *Science*, *348*(6234), 499-500. <https://doi.org/10.1126/science.aab2358>

James, W. (1884). II.—WHAT IS AN EMOTION ? *Mind*, *os-IX*(34), 188-205. <https://doi.org/10.1093/mind/os-IX.34.188>

Kensinger, E. A., & Corkin, S. (2003). Effect of negative emotional content on working memory and long-term memory. *Emotion*, *3*(4), 378. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.3.4.378>

Kessel, D., García-Rubio, M. J., González, E. K., Tapia, M., López-Martín, S., Román, F. J., Capilla, A., Martínez, K., Colom, R., & Carretié, L. (2016). Working memory of emotional stimuli: Electrophysiological characterization. *Biological Psychology*, *119*, 190-199. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.07.009>

Kok, A. (2001). On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology*, *38*(3), 557-577. <https://doi.org/10.1017/S0048577201990559>

Kopf, J., Dresler, T., Reicherts, P., Herrmann, M. J., & Reif, A. (2013). The effect of emotional content on brain activation and the late positive potential in a word n-back task. *PloS one*, *8*(9), e75598. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075598>

Kothe, C. (2014). Lab streaming layer (LSL).

- Lamichhane, B., Westbrook, A., Cole, M. W., & Braver, T. S. (2020). Exploring brain- behavior relationships in the N-back task. *NeuroImage*, 212, 116683.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116683>
- Lang, P. J., Bradley, M. M., Cuthbert, B. N., et al. (1997). International affective picture system (IAPS): *Technical manual and affective ratings*. NIMH Center for the Study of Emotion and Attention, 1, 39-58.
- Lindström, B. R., & Bohlin, G. (2011). Emotion processing facilitates working memory performance. *Cognition & Emotion*, 25(7), 1196-1204.
<https://doi.org/10.1080/02699931.2010.527703>
- Lopez-Calderon, J., & Luck, S. J. (2014). ERPLAB: an open-source toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 213.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00213>
- Luck, S. J. (2014). An introduction to the event-related potential technique. MIT press.
- Magyar-Moe, J. L. (2009). Chapter 3-positive psychological tests and measures. *Therapist's guide to positive psychological interventions*, 43-72.
- Mammarella, N., Borella, E., Carretti, B., Leonardi, G., & Fairfield, B. (2013). Examining an emotion enhancement effect in working memory: Evidence from age-related differences. *Neuropsychological rehabilitation*, 23(3), 416-428.
<https://doi.org/10.1080/09602011.2013.775065>
- McNicol, D. (2005). A primer of signal detection theory. *Psychology Press*.
- Miendlarzewska, E. A., Van Elswijk, G., Cannistraci, C. V., & van Ee, R. (2013). Working memory load attenuates emotional enhancement in recognition memory. *Frontiers in psychology*, 4, 112. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00112>
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63(2), 81.
<https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Mishkin, M., & Manning, F. J. (1978). Non-spatial memory after selective prefrontal lesions in monkeys. *Brain research*, 143(2), 313-323.

Moral de la Rubia, J. (2011). La escala de afecto positivo y negativo (PANAS) en parejas casadas mexicanas. *CIENCIA ergo-sum*, 18(2), 117-125.

Morris, J. S., Öhman, A., & Dolan, R. J. (1998). Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. *Nature*, 393(6684), 467-470.
<https://doi.org/10.1038/30976>

Murray, N., & Janelle, C. M. (2007). Event-related potential evidence for the processing efficiency theory. *Journal of Sports Sciences*, 25(2), 161-171.
<https://doi.org/10.1080/02640410600598505>

Nakao, Y., Kodabashi, A., Yarita, M., Fujimoto, T., & Tamura, T. (2012). Temporal activities during P3 components on the working memory-related brain regions: N-back ERP study. *Proceedings of 2012 IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics*, 424-427. <https://doi.org/10.1109/BHI.2012.6211606>.

Niedenthal, P. M., & Ric, F. (2017). *Psychology of emotion*. Psychology Press.

Nieuwenhuis, S., Aston-Jones, G., & Cohen, J. D. (2005). Decision making, the P3, and the locus coeruleus–norepinephrine system. *Psychological bulletin*, 131(4), 510.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.4.510>

Oberauer, K. (2009). Design for a working memory. *Psychology of learning and motivation*, 51, 45-100. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(09\)51002-X](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(09)51002-X)

Oberauer, K. (2019). Working memory and attention—A conceptual analysis and review. *Journal of Cognition*, 2(1), Article 36. <https://doi.org/10.5334/joc.58>

Olofsson, J. K., Nordin, S., Sequeira, H., & Polich, J. (2008). Affective picture processing: an integrative review of ERP findings. *Biological psychology*, 77 (3), 247-265.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.11.006>

Organization, W. H., et al. (2017). Depression and other common mental disorders: global health estimates. *World Health Organization*.

Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R., & Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human brain mapping*, 25(1), 46-59. <https://doi.org/10.1002/hbm.20131>

Passingham, R. (1975). Delayed matching after selective prefrontal lesions in monkeys (*Macaca mulatta*). *Brain research*, 92(1), 89-102.

Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., Kastman, E., & Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior research methods*, 51(1), 195-203.

Perez, V. B., Vogel, E. K., Luck, S., & Kappenman, E. (2012). What ERPs can tell us about working memory. *The Oxford handbook of event-related potential components*, 361-372.

Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 9(2), 148-158. <https://doi.org/10.1038/nrn2317>

Pessoa, L. (2009). How do emotion and motivation direct executive control?. *Trends in cognitive sciences*, 13(4), 160-166 <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.01.006>

Petrides, M. (2000). The role of the mid-dorsolateral prefrontal cortex in working memory. *Experimental brain research*, 133(1), 44-54. <https://doi.org/10.1007/s002210000399>

Plutchik, R. (2003). *Emotions and life: Perspectives from psychology, biology, and evolution*. American Psychological Association.

Polich, J. (2007). Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clinical neurophysiology*, 118(10), 2128-2148. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.04.019>

Polich, J., & Kok, A. (1995). Cognitive and biological determinants of P300: an integrative review. *Biological psychology*, 41(2), 103-146. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(95\)05130-9](https://doi.org/10.1016/0301-0511(95)05130-9)

Prete, G., Capotosto, P., Zappasodi, F., & Tommasi, L. (2018). Contrasting hemispheric asymmetries for emotional processing from event-related potentials and behavioral responses. *Neuropsychology*, 32(3), 317. <https://doi.org/10.1037/neu0000443>

Raczy, K., & Orzechowski, J. (2019). When working memory is in a mood: Combined effects of induced affect and processing of emotional words. *Current Psychology*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12144-019-00208-x>

Rottschy, C., Langner, R., Dogan, I., Reetz, K., Laird, A. R., Schulz, J. B., Fox, P. T., & Eickhoff, S. B. (2012). Modelling neural correlates of working memory: a coordinate-based meta-analysis. *Neuroimage*, 60(1), 830-846. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.11.050>

- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of personality and social psychology*, 39(6), 1161. <https://doi.org/10.1037/h0077714>
- Saliasi, E., Geerligs, L., Lorist, M. M., & Maurits, N. M. (2013). The relationship between P3 amplitude and working memory performance differs in young and older adults. *PLoS One*, 8(5), e63701. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063701>
- Sander, D. (2013). Models of Emotion. En P. V. Jorge Armony (Ed.), *The Cambridge handbook of human affective neuroscience*. (pp. 5-53). *Cambridge University Press*.
- Sanislow, C. A., Pine, D. S., Quinn, K. J., Kozak, M. J., Garvey, M. A., Heinssen, R. K., Wang, P. S.-E., & Cuthbert, B. N. (2010). Developing constructs for psychopathology research: research domain criteria. *Journal of abnormal psychology*, 119(4), 631.
- Smith, J. L., Johnstone, S. J., & Barry, R. J. (2008). Movement-related potentials in the Go/NoGo task: the P3 reflects both cognitive and motor inhibition. *Clinical neurophysiology*, 119(3), 704-714. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.11.042>
- Soltani, M., & Knight, R. T. (2000). Neural origins of the P300. *Critical Review in Neurobiology*, 14(3-4). <https://doi.org/10.1615/CritRevNeurobiol.v14.i3-4.20>
- Stevenson, R. A., & James, T. W. (2008). Affective auditory stimuli: Characterization of the international Affective Digitized Sounds (IADS) by discrete emotional categories. *Behavior research methods*, 40(1), 315-321. <https://doi.org/10.3758/BRM.40.1.315>
- Szuhany, K. L., MacKenzie Jr, D., & Otto, M. W. (2018). The impact of depressed mood, working memory capacity, and priming on delay discounting. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 60, 37-41. <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2018.03.001>
- Tsutsui, K.-I., Oyama, K., Nakamura, S., & Iijima, T. (2016). Comparative overview of visuospatial working memory in monkeys and rats. *Frontiers in systems neuroscience*, 10, 99. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2016.00099>
- Velasco-Matus, P. W., Rivera Aragón, S., Domínguez Espinosa, A. d. C., Méndez Rangel, F., & Díaz Loving, R. (2021). Positive Affect/Negative Affect Scale for Mexicans

(PANA-M): Evidences of Validity and Reliability. *Acta de investigación psicológica*, 11(1), 95-113. <https://doi.org/10.22201/fpsi.20074719e.2021.1.377>

Veloso, G. C., & Ty, W. E. G. (2021). The Effects of Emotional Working Memory Training on Trait Anxiety. *Frontiers in Psychology*, 11, 549623. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.549623>

Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(4), 255-274. <https://doi.org/10.3758/CABN.3.4.255>

Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of personality and social psychology*, 54(6), 1063. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.6.1063>

Wundt, W. M. (1912). An introduction to psychology.

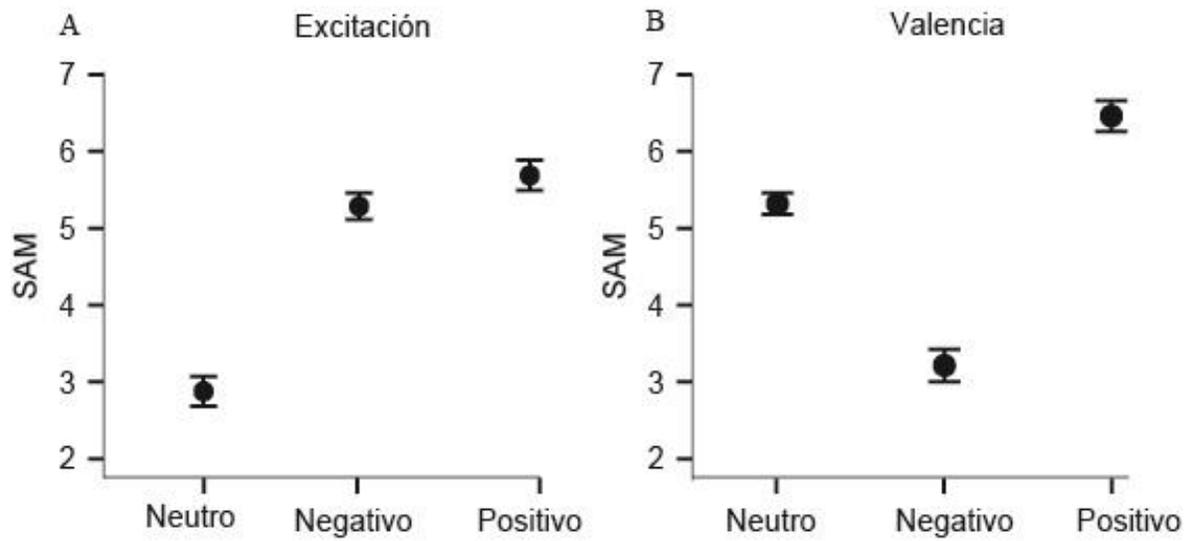
G. Allen, Limited. Wundt, W. M., & Judd, C. H. (1902). Outlines of psychology.

Xiu, L., Wu, J., Chang, L., & Zhou, R. (2018). Working memory training improves emotion regulation ability. *Scientific Reports*, 8(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31495-2>

Yaple, Z. A., Stevens, W. D., & Arsalidou, M. (2019). Meta-analyses of the n-back working memory task: fMRI evidence of age-related changes in prefrontal cortex involvement across the adult lifespan. *NeuroImage*, 196, 16-31. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.03.074>

Figuras suplementarias

Figura suplementaria 1. Valores del SAM. (A) Distribución de los valores obtenidos para la Excitación. (B) Distribución de los valores obtenidos para la Valencia.



Anexos

Anexo 1. ANOVA desempeño memoria de trabajo

ANOVA d'

Within Subjects Effects						
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2_p
d'	0.154	2	0.077	0.375	0.689	0.012
Residuals	12.725	62	0.205			

Note. Type III Sum of Squares

Between Subjects Effects					
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F p	
Residuals	30.433	31	0.982		

Note. Type III Sum of Squares

Assumption Checks							
Test of Sphericity							
	Mauchly's W	Approx. X ²	df	p-value	Greenhouse-Geisser ϵ	Huynh-Feldt ϵ	Lower Bound ϵ
d'	0.992	0.230	2	0.891	0.992	1.000	0.500

ANOVA C

Within Subjects Effects						
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2_p
C	0.012	2	0.006	0.204	0.816	0.007
Residuals	1.835	62	0.030			

Note. Type III Sum of Squares

Between Subjects Effects					
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F p	
Residuals	7.117	31	0.230		

Note. Type III Sum of Squares

Assumption Checks

Test of Sphericity

	Mauchly's W	Approx. X²	df	p- value	Greenhouse-Geisser ε	Huynh-Feldt ε	Lower Bound ε
C	0.886	3.625	2	0.163	0.898	0.950	0.500

ANOVA TR**Within Subjects Effects**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η²_p
Tiempo de respuesta	0.007	2	0.003	2.924	0.061	0.086
Residuals	0.072	62	0.001			

Note. Type III Sum of Squares

Between Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Residuals	0.260	31	0.008		

Note. Type III Sum of Squares

Assumption Checks**Test of Sphericity**

	Mauchly's W	Approx. X²	df	p- value	Greenhouse- Geisser ε	Huynh- Feldt ε	Lower Bound ε
Tiempo de respuesta	0.979	0.639	2	0.726	0.979	1.000	0.500

Post Hoc Tests

Post Hoc Comparisons - Tiempo de respuesta

	Mean Difference	SE	t	p_{holm}
Neutro Negativo	-0.014	0.008	-1.655	0.206
Positivo	-0.020	0.008	-2.354	0.065
Negativo Positivo	-0.006	0.008	-0.699	0.487

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

Anexo 2. ANOVA P3 parietal

ANOVA parietal hemisferio Izquierdo y derecho

Within Subjects Effects							
Cases	Sphericity Correction	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2_p
Valencia	None	12.184 ^a	2.000 ^a	6.092 ^a	7.933 ^a	0.001 ^a	0.295
	Greenhouse-Geisser	12.184	1.365	8.927	7.933	0.005	0.295
Residuals	None	29.181	38.000	0.768			
	Greenhouse-Geisser	29.181	25.932	1.125			
Congruencia	None	21.929	1.000	21.929	26.642	< .001	0.584
	Residuals	15.639	19.000	0.823			
Hemisferio	None	682.764	1.000	682.764	17.951	< .001	0.486
	Residuals	722.665	19.000	38.035			
Valencia * Congruencia	None	4.757	2.000	2.378	3.916	0.028	0.171
	Greenhouse-Geisser	4.757	1.929	2.465	3.916	0.030	0.171
Residuals	None	23.080	38.000	0.607			
	Greenhouse-Geisser	23.080	36.658	0.630			
Valencia * Hemisferio	None	6.353	2.000	3.177	3.942	0.028	0.172
	Greenhouse-Geisser	6.353	1.571	4.045	3.942	0.039	0.172
Residuals	None	30.622	38.000	0.806			
	Greenhouse-Geisser	30.622	29.844	1.026			
Congruencia * Hemisferio	None	28.124	1.000	28.124	11.478	0.003	0.377

Within Subjects Effects

Cases	Sphericity Correction	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2_p
Residuals	None	46.555	19.000	2.450			
Valencia *							
Congruencia *	None	0.927	2.000	0.464	0.786	0.463	0.040
Hemisferio							
	Greenhouse-Geisser	0.927	1.837	0.505	0.786	0.454	0.040
Residuals	None	22.431	38.000	0.590			
	Greenhouse-Geisser	22.431	34.902	0.643			

Note. Sphericity corrections not available for factors with 2 levels.

Note. Type III Sum of Squares

^a Mauchly's test of sphericity indicates that the assumption of sphericity is violated ($p < .05$).

Between Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Residuals	1016.778	19	53.515		

Note. Type III Sum of Squares

Assumption Checks

Test of Sphericity

	Mauchly's W	Approx. X²	df	p-value	Greenhouse-Geisser ϵ	Huynh-Feldt ϵ	Lower Bound ϵ
Valencia	0.535	11.271	2	0.004	0.682	0.717	0.500
Valencia *							
Congruencia	0.963	0.671	2	0.715	0.965	1.000	0.500
Valencia *							
Hemisferio	0.727	5.746	2	0.057	0.785	0.844	0.500
Valencia *							
Congruencia *	0.911	1.673	2	0.433	0.918	1.000	0.500
Hemisferio							

Post Hoc Tests

Post Hoc Comparisons - Valencia * Congruencia * Hemisferio

		Mean Difference	SE	t	p_{Holm}	
Neutro, Congruente, Izquierdo	Negativo, Congruente, Izquierdo	-0.190	0.263	-0.721	1.000	
	Positivo, Congruente, Izquierdo	0.194	0.263	0.737	1.000	
	Neutro, No congruente, Izquierdo	-0.142	0.307	-0.463	1.000	
	Negativo, No congruente, Izquierdo	0.002	0.322	0.006	1.000	
	Positivo, No congruente, Izquierdo	0.385	0.322	1.194	1.000	
	Neutro, Congruente, Derecho	-2.082	0.849	-2.451	0.500	
	Negativo, Congruente, Derecho	-3.312	0.849	-3.901	0.026*	
	Positivo, Congruente, Derecho	-2.668	0.849	-3.143	0.135	
	Neutro, No congruente, Derecho	-3.945	0.834	-4.732	0.005**	
	Negativo, No congruente, Derecho	-4.332	0.833	-5.202	0.002**	
	Positivo, No congruente, Derecho	-3.653	0.833	-4.387	0.010**	
	Negativo, Congruente, Izquierdo	Positivo, Congruente, Izquierdo	0.384	0.263	1.458	1.000
		Neutro, No congruente, Izquierdo	0.047	0.322	0.147	1.000
		Negativo, No congruente, Izquierdo	0.192	0.307	0.624	1.000
Positivo, No congruente, Izquierdo		0.575	0.322	1.783	1.000	
Neutro, Congruente, Derecho		-1.892	0.849	-2.228	0.706	
Negativo, Congruente, Derecho		-3.122	0.849	-3.676	0.043*	

Post Hoc Comparisons - Valencia * Congruencia * Hemisferio

		Mean Difference	SE	t	p _{holm}
	Positivo, Congruente, Derecho	-2.479	0.849	- 2.919	0.208
	Neutro, No congruente, Derecho	-3.755	0.833	- 4.509	0.008**
	Negativo, No congruente, Derecho	-4.142	0.834	- 4.969	0.003**
	Positivo, No congruente, Derecho	-3.463	0.833	- 4.159	0.016*
Positivo, Congruente, Izquierdo	Neutro, No congruente, Izquierdo	-0.336	0.322	- 1.044	1.000
	Negativo, No congruente, Izquierdo	-0.192	0.322	- 0.596	1.000
	Positivo, No congruente, Izquierdo	0.191	0.307	0.621	1.000
	Neutro, Congruente, Derecho	-2.276	0.849	- 2.681	0.337
	Negativo, Congruente, Derecho	-3.506	0.849	- 4.129	0.016*
	Positivo, Congruente, Derecho	-2.862	0.849	- 3.370	0.082
	Neutro, No congruente, Derecho	-4.139	0.833	- 4.970	0.003**
	Negativo, No congruente, Derecho	-4.526	0.833	- 5.435	< .001***
	Positivo, No congruente, Derecho	-3.847	0.834	- 4.615	0.006**
Neutro, No congruente, Izquierdo	Negativo, No congruente, Izquierdo	0.144	0.263	0.548	1.000
	Positivo, No congruente, Izquierdo	0.527	0.263	2.004	0.891
	Neutro, Congruente, Derecho	-1.939	0.834	- 2.327	0.614
	Negativo, Congruente, Derecho	-3.169	0.833	- 3.806	0.035*

Post Hoc Comparisons - Valencia * Congruencia * Hemisferio

		Mean Difference	SE	t	p _{Holm}
	Positivo, Congruente, Derecho	-2.526	0.833	- 3.034	0.179
	Neutro, No congruente, Derecho	-3.802	0.849	- 4.477	0.007**
	Negativo, No congruente, Derecho	-4.189	0.849	- 4.935	0.003**
	Positivo, No congruente, Derecho	-3.511	0.849	- 4.135	0.016*
Negativo, No congruente, Izquierdo	Positivo, No congruente, Izquierdo	0.383	0.263	1.455	1.000
	Neutro, Congruente, Derecho	-2.084	0.833	- 2.502	0.480
	Negativo, Congruente, Derecho	-3.314	0.834	- 3.975	0.024*
	Positivo, Congruente, Derecho	-2.670	0.833	- 3.207	0.127
	Neutro, No congruente, Derecho	-3.946	0.849	- 4.648	0.005**
	Negativo, No congruente, Derecho	-4.334	0.849	- 5.103	0.002**
	Positivo, No congruente, Derecho	-3.655	0.849	- 4.305	0.010*
Positivo, No congruente, Izquierdo	Neutro, Congruente, Derecho	-2.467	0.833	- 2.962	0.204
	Negativo, Congruente, Derecho	-3.697	0.833	- 4.439	0.009**
	Positivo, Congruente, Derecho	-3.053	0.834	- 3.663	0.047*
	Neutro, No congruente, Derecho	-4.330	0.849	- 5.100	0.002**
	Negativo, No congruente, Derecho	-4.717	0.849	- 5.556	< .001***
	Positivo, No congruente, Derecho	-4.038	0.849	- 4.755	0.004**

Post Hoc Comparisons - Valencia * Congruencia * Hemisferio

		Mean Difference	SE	t	p _{holm}
Neutro, Congruente, Derecho	Negativo, Congruente, Derecho	-1.230	0.263	-4.673	< .001 ***
	Positivo, Congruente, Derecho	-0.587	0.263	2.229	0.601
	Neutro, No congruente, Derecho	-1.863	0.307	6.060	< .001 ***
	Negativo, No congruente, Derecho	-2.250	0.322	6.981	< .001 ***
	Positivo, No congruente, Derecho	-1.571	0.322	4.875	< .001 ***
Negativo, Congruente, Derecho	Positivo, Congruente, Derecho	0.643	0.263	2.444	0.393
	Neutro, No congruente, Derecho	-0.633	0.322	1.964	0.948
	Negativo, No congruente, Derecho	-1.020	0.307	3.319	0.049 *
	Positivo, No congruente, Derecho	-0.341	0.322	1.059	1.000
Positivo, Congruente, Derecho	Neutro, No congruente, Derecho	-1.276	0.322	3.959	0.007 **
	Negativo, No congruente, Derecho	-1.663	0.322	5.161	< .001 ***
	Positivo, No congruente, Derecho	-0.985	0.307	3.203	0.068
Neutro, No congruente, Derecho	Negativo, No congruente, Derecho	-0.387	0.263	1.472	1.000
	Positivo, No congruente, Derecho	0.291	0.263	1.107	1.000
Negativo, No congruente, Derecho	Positivo, No congruente, Derecho	0.679	0.263	2.579	0.294

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Note. P-value adjusted for comparing a family of 66

ANOVA hemisferio derecho

Within Subjects Effects							
Cases	Sphericity Correction	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2_p
Valencia	None	14.835	2.000	7.418	7.880	0.001	0.293
	Greenhouse-Geisser	14.835	1.885	7.871	7.880	0.002	0.293
Residuals	None	35.771	38.000	0.941			
	Greenhouse-Geisser	35.771	35.810	0.999			
Congruencia	None	49.861	1.000	49.861	31.608	< .001	0.625
Residuals	None	29.973	19.000	1.578			
Valencia * Congruencia	None	4.941	2.000	2.471	3.943	0.028	0.172
	Greenhouse-Geisser	4.941	1.595	3.098	3.943	0.038	0.172
Residuals	None	23.807	38.000	0.627			
	Greenhouse-Geisser	23.807	30.301	0.786			

Note. Sphericity corrections not available for factors with 2 levels.

Note. Type III Sum of Squares

Between Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Residuals	1181.639	19	62.192		

Note. Type III Sum of Squares

Assumption Checks

	Test of Sphericity						
	Mauchly's W	Approx. X²	df	p-value	Greenhouse-Geisser ϵ	Huynh-Feldt ϵ	Lower Bound ϵ
Valencia	0.939	1.136	2	0.567	0.942	1.000	0.500
Valencia * Congruencia	0.746	5.277	2	0.071	0.797	0.859	0.500

Post Hoc Tests

Post Hoc Comparisons - Congruencia

		Mean Difference	SE	t	p _{holm}
Congruente	No congruente	-1.289	0.229	-5.622	< .001

Note. Results are averaged over the levels of: Valencia

Post Hoc Comparisons - Valencia

		Mean Difference	SE	t	p _{holm}
Neutro	Negativo	-0.809	0.217	-3.727	0.002
	Positivo	-0.148	0.217	-0.680	0.500
Negativo	Positivo	0.661	0.217	3.047	0.008

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

Note. Results are averaged over the levels of: congruencia

Post Hoc Comparisons - Valencia * Congruencia

		Mean Difference	SE	t	p _{holm}
Neutro, Congruente	Negativo, Congruente	-1.230	0.280	-4.393	< .001

Post Hoc Comparisons - Valencia * Congruencia

		Mean Difference	SE	t	Pholm
	Positivo, Congruente	-0.587	0.280	-2.095	0.198
	Neutro, No congruente	-1.863	0.307	-6.064	< .001
	Negativo, No congruente	-2.250	0.332	-6.782	< .001
	Positivo, No congruente	-1.571	0.332	-4.736	< .001
Negativo, Congruente	Positivo, Congruente	0.643	0.280	2.297	0.147
	Neutro, No congruente	-0.633	0.332	-1.907	0.246
	Negativo, No congruente	-1.020	0.307	-3.321	0.016
	Positivo, No congruente	-0.341	0.332	-1.029	0.603
Positivo, Congruente	Neutro, No congruente	-1.276	0.332	-3.846	0.003
	Negativo, No congruente	-1.663	0.332	-5.013	< .001
	Positivo, No congruente	-0.985	0.307	-3.206	0.020
Neutro, No congruente	Negativo, No congruente	-0.387	0.280	-1.383	0.512
	Positivo, No congruente	0.291	0.280	1.041	0.603
Negativo, No congruente	Positivo, No congruente	0.679	0.280	2.424	0.125

Note. P-value adjusted for comparing a family of 15

Anexo 3. ANOVA cuestionarios SAM y PANAS.

ANOVA Excitación

Within Subjects Effects						
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2_p
activacion	147.930	2	73.965	66.136	< .001	0.681
Residuals	69.339	62	1.118			

Note. Type III Sum of Squares

Between Subjects Effects					
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Residuals	140.144	31	4.521		

Note. Type III Sum of Squares

Assumption Checks

	Test of Sphericity						
	Mauchly's W	Approx. X ²	df	p-value	Greenhouse-Geisser ε	Huynh-Feldt ε	Lower Bound ε
activacion	0.971	0.884	2	0.643	0.972	1.000	0.500

Post Hoc Tests

Post Hoc Comparisons - activacion						
	Mean Difference	SE	t	Cohen's d	p _{holm}	
neutro negativo	-2.409	0.264	-9.113	-1.605	< .001	
positivo	-2.811	0.264	-10.633	-1.873	< .001	
negativo positivo	-0.402	0.264	-1.520	-0.268	0.134	

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

ANOVA Valencia

Within Subjects Effects							
Cases	Sphericity Correction	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η ² _p
Valencia	Greenhouse-Geisser	250.753	1.245	201.426	118.634	< .001	0.793
Residuals	Greenhouse-Geisser	65.524	38.592	1.698			

Note. Type III Sum of Squares

^a Mauchly's test of sphericity indicates that the assumption of sphericity is violated ($p < .05$).

Between Subjects Effects				
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	Fp
Residuals	15.149	31	0.489	

Note. Type III Sum of Squares

Assumption Checks

Test of Sphericity

	Mauchly's W	Approx. X²	df	p- value	Greenhouse- Geisser ε	Huynh- Feldt ε	Lower Bound ε
Valencia	0.393	27.986	2	< .001	0.622	0.636	0.500

Post Hoc Tests

Post Hoc Comparisons - Valencia

		Mean Difference	SE	t	Cohen's d	p_{holm}
neutro	negativo	2.195	0.257	8.542	2.357	< .001
	positivo	-1.755	0.257	-6.829	-1.884	< .001
negativo	positivo	-3.951	0.257	-15.372	-4.242	< .001

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

Correlación PANAS

Pearson's Correlations

Variable	AP	AN
1. AP	Pearson's r	—
	p-value	—
2. AN	Pearson's r	-0.085
	p-value	0.645

Anexo 4. Lista de imágenes del IAPS

Imágenes neutras

Código	Descripción	Valencia	Excitación
2025	Mujer	5.27 (1.42)	3.94 (2.16)
2102	Hombre	5.60 (1.47)	3.70 (2.07)
2104	Mujer	4.83 (1.46)	3.28 (1.99)
2200	Cara neutral	4.64 (1.18)	2.33 (1.78)
2396	Pareja	5.23 (1.44)	3.87 (2.04)
2435	Mamá e hijo	5.52 (1.49)	3.88 (2.20)
2595	Mujeres	5.05 (1.61)	3.69 (2.08)
2880	Sombra	5.18 (1.44)	2.96 (1.94)
7006	Vasija	4.88 (0.99)	2.33 (2.1)
7020	Ventilador	4.97 (1.04)	2.17 (1.71)
7059	Anillo de llave	4.93 (0.83)	2.73 (1.88)
7161	Columna	4.88 (0.99)	2.33 (1.67)
7180	Edificio Neón	4.73 (1.31)	3.43 (1.95)
7207	Accesorios	5.15 (1.46)	3.57 (2.25)
7217	Tendero de ropa	4.06 (1.37)	5.15 (2.26)

Imágenes Positivas

Código	Descripción	Valencia	Excitación
2155	Pareja en embarazo	7.22 (2.16)	6.29 (2.55)
2660	Bebé	7.28 (1.59)	4.09 (2.07)
4601	Romance	6.96 (1.1)	5.25 (1.99)

4611	Pareja erótica	6 (2.06)	5.58 (2.11)
4676	Pareja erótica	7.17 (1.63)	6.24 (2.26)
5621	Paracaidistas	5.57 (1.42)	6.99 (1.95)
5626	Coleta delta	6.81 (1.75)	6.23 (2.29)
5629	Escalador	6.89 (1.59)	6.59 (2.2)
7270	Helado	7.77 (1.68)	5.85 (2.11)
7340	Helado	6.68 (1.63)	3.69 (2.58)
8031	Esquí	6.77 (1.2)	5.6 (2.28)
8163	Paracaidistas	7.35 (2.04)	6.83 (2.67)
8185	Paracaidistas	7.75 (1.31)	7.42 (2.07)
8496	Tobogán	7.09 (1.46)	5 (2.21)
8499	Montaña rusa	7.69 (1.70)	6.57 (2.24)
8502	Dinero	7.51 (1.37)	5.78 (2.49)

Imágenes Negativas

Código	Descripción	Valencia	Excitación
2375.1	Mujer	2.33 (1.60)	4.86 (2.56)
2722	Cárcel	3.47 (1.65)	3.52 (2.07)
2751	Conductor ebrio	3.49 (2.04)	4.68 (2.34)
2900.1	Niño llorando	2.14 (1.3)	4.9 (2.04)
6311	Mujer triste	2.73 (1.51)	4.9 (2.35)
9005	Tatuaje VIH	3.69 (2.23)	5.18 (2.11)
9008	Aguja	3.47 (1.85)	4.45 (2.1)
9041	Niña asustada	2.98 (1.59)	4.64 (2.26)
9046	Familia	3.32 (1.49)	4.31 (1.99)
9280	Humo	2.8 (1.54)	4.26 (2.44)
9320	Vomito	2.65 (1.92)	4.93 (2.7)
9341	Contaminación	2.12 (1.54)	5.08 (2.34)
9480	Calavera	4.06 (1.37)	5.15 (2.26)
2722	Examen dental	3.34 (1.57)	4.96 (2.15)