



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE PSICOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**MECANISMOS DE ORIENTACIÓN INTERNA Y
EXTERNA EN LA MEMORIA DE TRABAJO DE ORDEN
TEMPORAL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN PSICOLOGÍA

P R E S E N T A:

CÉSAR TORRES MORALES

DIRECTORA: DRA. CARMEN SELENE CANSINO
ORTIZ

REVISOR: DR. ÁNGEL EUGENIO TOVAR Y ROMO

SINODALES:

DRA. AZALEA REYES AGUILAR
DRA. MARTHA PATRICIA TREJO MORALES
DR. ISRAEL VACA PALOMARES



Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación se llevó a cabo con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT 238826) y de la Dirección General de Apoyo al Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México a través del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT IG300115, IG300618).

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por concederme el honor de poder formar parte de la comunidad universitaria de la máxima casa de estudios; y porque me ha formado como profesional y como persona.

A la Dra. Selene Cansino por brindarme la oportunidad de formar parte del laboratorio de NeuroCognición, lugar en el que he podido adquirir algunas de las habilidades necesarias en la labor científica, por mostrarme la importancia del trabajo de calidad y por guiar este trabajo. Gracias por su paciencia, por su comprensión y por ser un ejemplo para seguir. Espero seguir aprendiendo de usted.

Al Dr. Ángel Tovar, por su accesibilidad, apoyo, comentarios y retroalimentación en la realización de este trabajo. Al Dr. Israel Vaca, la Dra. Azalea Reyes y la Dra. Martha Patricia, parte del jurado, por sus comentarios y sugerencias que permitieron mejorar este trabajo y por todo el conocimiento brindado en diferentes momentos.

A mis compañeros y amigos del laboratorio Jaqueline, Pablo, Ulises y Yoali, por su apoyo y pláticas enriquecedoras durante la realización del Servicio Social y del presente trabajo. Junto a ustedes aprendí la importancia del trabajo en equipo.

A todos los compañeros que he conocido en el laboratorio de NeuroCognición, con quienes he tenido el placer de trabajar.

Finalmente, gracias a los participantes por su colaboración en este experimento.

DEDICATORIAS

A mis padres, por brindarme todo el apoyo necesario en este difícil y largo camino, por todas las palabras de aliento, por la comprensión y el amor que me brindan diariamente. Mis logros son también de ustedes.

A mis hermanos, por su cariño y apoyo en los momentos más oportunos. A mi sobrino, pequeño Iker, porque tu llegada a nutrido más el amor dentro de nuestra familia; verte jugar, sonreír y crecer me motiva a continuar.

A la pequeña Frida, porque llegaste a mi vida para quedarte, porque pensar en tu existencia me llena de fuerzas para esforzarme cada día más. Estaré contigo y tu familia siempre que lo necesiten.

A mi mejor amiga Michel, porque tu apoyo sincero y tus palabras de aliento me han ayudado cuando más lo necesité. Siempre tendrás mi amistad y mi cariño.

RESUMEN

La memoria de trabajo es un sistema de capacidad limitada que requiere de mecanismos de control de interferencia que permitan seleccionar únicamente aquellos estímulos en el ambiente (orientación externa) y representaciones internas (orientación interna) relevantes. La eficiencia de ambos mecanismos en tareas de memoria de trabajo se ha evaluado principalmente en el dominio espacial y verbal; sin embargo, aún no se han examinado durante el recuerdo del orden temporal no verbal. El objetivo del estudio fue comparar los mecanismos de orientación externa e interna en una tarea de memoria de trabajo en la que las personas debían recordar el orden temporal en que se presentaron los estímulos. Participaron 30 adultos entre 21 y 30 años de edad. Los resultados mostraron un porcentaje de respuestas correctas significativamente mayor en la condición de orientación externa en comparación con la condición de orientación interna. De manera similar, los tiempos de reacción fueron significativamente menores para la condición de orientación externa que para la condición de orientación interna. Estos resultados muestran una mayor eficiencia para seleccionar la información relevante y controlar la interferencia de información irrelevante cuando operan los mecanismos de orientación de la atención hacia información externa que interna. Los hallazgos se suman a la evidencia encontrada en dominios verbales y espaciales.

Palabras clave: *memoria de trabajo, orden temporal, orientación externa, orientación interna e interferencia.*

ÍNDICE

1. Introducción	6
2. Antecedentes	8
2.1 Memoria de trabajo	8
2.1.1 Modelos de memoria de trabajo.....	8
2.1.2 Memoria de orden temporal.....	11
2.1.3 Interferencia en la memoria de trabajo	12
2.2 Mecanismos de orientación interna y externa	15
2.2.1 Control de la atención	15
2.2.2 Estudios conductuales sobre los mecanismos de orientación	17
2.2.3 Mecanismos neuronales de la orientación externa e interna	20
2.2.4 Orientación de la atención en el tiempo.....	21
3. Justificación	25
4. Método	26
4.1 Pregunta de investigación.....	26
4.2 Hipótesis	26
4.3 Variables	26
4.4 Participantes	27
4.5 Aparatos.....	27
4.6 Estímulos	27
4.7 Procedimiento	27
4.8 Tarea de memoria de trabajo.....	28
4.9 Análisis de datos	29
5. Resultados.....	30
6. Discusión	32
7. Conclusión.....	37
Referencias	38

1. INTRODUCCIÓN

Diferentes autores han propuesto que la atención es un mecanismo que opera en diferentes momentos del procesamiento de la información, y que puede orientarse hacia estímulos externos o hacia representaciones internas (información mantenida en la memoria de trabajo y en la memoria de largo plazo) (Chun, Golomb & Turk-Browne, 2011; Kiyonaga & Egner, 2013; Myers, Stokes & Nobre, 2017). Dichos mecanismos de orientación de la atención permiten seleccionar únicamente la información relevante.

Se han desarrollado estudios en los que se comparan los mecanismos de orientación de la atención o control cognitivo hacia estímulos externos e internos, mediante tareas de memoria de trabajo verbal (Nee & Jonides, 2008; 2009) y visoespacial (Cansino, Guzzon & Casco, 2013; Cansino, Guzzon, Martinelli, Barollo & Casco, 2011; Griffin & Nobre, 2003; Nobre, Coull, Maquet, Frith, Vandenberghe & Mesulam, 2004; Tamber, Esterman, Chiu & Yantis, 2011).

Sin embargo, no se han realizado estudios en los que se comparen los mecanismos de orientación de la atención en la memoria de trabajo para información temporal no verbal, a pesar de que se ha demostrado que este tipo de información también es susceptible a la interferencia (Rotblatt *et al.*, 2015; Tolentino, Pirogovsky, Luu, Toner & Gilbert, 2012). Aunque sí se han estudiado de manera separada los mecanismos de orientación de la atención para información temporal hacia estímulos externos (Correa, Sanabria, Spense, Tundela & Lupiáñez, 2006; Coull, Frith, Büchel, & Nobre, 2000; Griffin, Miniussi & Nobre, 2001; Miniussi,

Wilding, Coull & Nobre, 1999) y representaciones internas (Ede, Niklaus y Nobre, 2017) en tareas cognitivas.

Por ello, el objetivo de este estudio fue comparar los mecanismos de orientación interna y externa en una tarea de memoria de trabajo para información temporal. Los mecanismos de orientación externa se propiciaron a través de presentar la clave que indica el estímulo relevante antes de la presentación de los estímulos y los de orientación interna, mediante la presentación de la clave después de la presentación de los estímulos.

2. ANTECEDENTES

2.1 Memoria de trabajo

La memoria de trabajo es un sistema de capacidad limitada que permite el mantenimiento temporal de información y su manipulación con el fin de lograr determinados objetivos, tales como resolver diferentes tareas cognitivas (Baddeley, 1986).

2.1.1 Modelos de memoria de trabajo

El primer modelo de memoria de trabajo fue propuesto por Baddeley y Hitch (1974, citado en Baddeley, 2006), en él se concibe a la memoria de trabajo como un sistema multicomponente constituido por dos sistemas esclavos (el bucle fonológico y la agenda visoespacial), más adelante se incluyó en el modelo al buffer episódico. Estos sistemas están dirigidos por un ejecutivo central que filtra la información que se mantendrá internamente.

De acuerdo con el modelo de Baddeley (1986), el bucle fonológico mantiene información verbal mediante el repaso subvocal articulatorio del material presentado, asimismo, convierte la información presentada visualmente en un código fonológico. La agenda visoespacial permite el mantenimiento y manipulación de información espacial, así como de las características de los objetos. Mientras que el búfer episódico, supone un sistema de almacenamiento que integra información de diferentes entradas sensoriales y de la memoria a largo plazo, desempeña un papel constructivo de codificación multidimensional.

El sistema de control ejecutivo tiene la capacidad de controlar los recursos de atención, así como de vincular los sistemas esclavos de la memoria de trabajo (Baddeley, 1986), por lo que sus procesos son amodales, es decir, desempeña distintos tipos de funciones ejecutivas en diferentes tipos de contenido.

De manera similar al modelo de Baddeley y Hitch (1974), otros autores han destacado la importancia de los mecanismos de atención en la capacidad de la memoria de trabajo. En estos modelos (Cowan, 1995; Oberauer, 2002) prevalece la idea de un ejecutivo central que permite dirigir la atención, con diferentes grados de activación, hacia representaciones en la memoria a largo plazo para su uso en la memoria a corto plazo. Desde esta perspectiva, el foco de atención puede dirigirse externa (hacia estímulos externos) o internamente (hacia trazos de memoria existentes).

En el modelo de Cowan (1995) sobre el procesamiento de información, se considera a la memoria a corto plazo como la parte activa de la memoria a largo plazo; esto es equivalente a las reservas pasivas de los sistemas esclavos en el modelo de Baddeley y Hitch (1974). Asimismo, el foco de atención es un subconjunto de la memoria activa, dirigido por un ejecutivo central, que permite generar procesos de control voluntario.

Más tarde, Oberauer (2002) propuso una extensión al modelo de Cowan en el que define a la memoria de trabajo como una estructura concéntrica de representaciones, con tres regiones funcionalmente distintas: una parte activa de la memoria a largo plazo que permite mantener información durante un tiempo breve para su posible recuperación; una región de acceso directo con un número limitado de fragmentos disponibles para ser utilizados en procesos cognitivos en curso, y

que corresponde al foco de atención propuesto por Cowan; y un foco de atención, el cual está limitado a un solo elemento con el objetivo de llevar a cabo operaciones cognitivas (Oberauer & Hein, 2012). Los elementos que son recuperados durante una tarea de memoria de trabajo se seleccionan dentro del foco de atención.

La activación de las representaciones en la memoria a largo plazo se da a través de la entrada de estímulos perceptivos o mediante la activación de representaciones asociadas (Oberauer, 2009). El nivel de activación de las representaciones depende de la relevancia que éstas tienen para la tarea. Esto permite una mayor eficiencia del procesamiento de estímulos perceptivos y una mayor activación de su representación en la memoria a largo plazo, lo que beneficia su ulterior recuperación (Oberauer, 2009).

Oberauer (2009) propone, además, que la región de acceso directo está estructurada de tal forma que cada elemento está vinculado a una posición dentro de un sistema de coordenadas cognitivas. Dicho sistema permite representar el espacio físico y otras dimensiones continuas, tales como el tiempo, manteniendo enlaces entre el contenido y el contexto.

Algunas de las tareas que se han diseñado para el estudio de la memoria de trabajo, en diferentes modalidades, requieren recuperar el orden en que se presentaron uno o más de los elementos. Ejemplos de ello son: el *Reading Span test* (Daneman & Carpenter, 1980), en el cual los participantes deben recordar la última palabra de varias oraciones en el orden en que fueron presentadas; el paradigma de juicios de recencia (Cabeza, Anderson, Houle, Mangels & Nyberg, 2000; Mizrak & Öztekin, 2016), en el que los participantes deben indicar cuál fue el elemento que se presentó más recientemente en una lista de ítems presentados de

manera secuencial; o el paradigma *n-back* (Kirchner, 1958), en el cual los participantes tienen la tarea de indicar si el ítem presentado es igual o diferente al presentado *n* ensayos atrás.

2.1.2 Memoria de orden temporal

La memoria de orden temporal o serial implica el mantenimiento del orden en que se presentaron un conjunto de elementos. Recordar la secuencia en que ocurren los eventos es un aspecto fundamental para el procesamiento de información temporal (Brown, & Smith, 2014)

Diferentes modelos han explicado el almacenamiento del orden temporal o secuencial mediante señales de contexto que contienen códigos específicos para cada posición de una serie de estímulos (Majerus & Attout, 2018). Por ejemplo, para explicar el procesamiento de información de orden serial dentro del bucle fonológico, Burgess y Hitch (1999) proponen la existencia de señales de contexto asociadas a las representaciones de los elementos, de tal forma que cada posición en la serie está asociada a códigos internos específicos.

De manera similar, el modelo de Brown, Preece y Hulme (2000) asume que los elementos se asocian con señales contextuales basadas en el tiempo. Dichas señales son producto de un conjunto de osciladores endógenos que varían de un elemento a otro y que funcionan a diferentes velocidades. De tal forma que la representación del orden serial implica la formación de asociaciones entre códigos internos dinámicos y secuencias de eventos externos.

Un modelo reciente, propuesto por Hartley, Hurlstone y Hitch (2016), sugiere que las señales de contexto reflejan el funcionamiento de un conjunto de osciladores sensibles a la amplitud de diferentes escalas de tiempo. Dicho modelo se enfoca en el procesamiento de secuencias para información verbal de modalidad auditiva.

Los modelos antes mencionados suponen que la codificación y el mantenimiento de información de orden temporal puede distinguirse de la información sobre el ítem (características físicas de los estímulos). Esto se ve apoyado por diferentes estudios que muestran que existen diferencias tanto a nivel conductual como neuronal entre ambos tipos de información (Majerus & Attout, 2018). Particularmente, se ha asociado a la corteza prefrontal, el hipocampo y la corteza parietal posterior con el mantenimiento de secuencias temporales (Hsieh, Ekstrom & Ranganath, 2011; Marshuetz, Smith, Jonides, DeGutis & Chenevert, 2000; Roberts, Libby, Inhoff & Ranganath, 2017).

La recuperación de información de orden temporal requiere de una búsqueda serial que depende de procesos de control cognitivo. Dichos procesos permiten hacer frente a la interferencia de representaciones irrelevantes (Mizrak & Öztekin, 2016). Por lo que resulta necesario conocer la manera en que distintos tipos de interferencia pueden incidir en la ejecución de tareas de memoria de trabajo, así como los mecanismos necesarios para que dicho proceso cognitivo sea más eficiente.

2.1.3 Interferencia en la memoria de trabajo

Debido a la limitada capacidad de la memoria de trabajo, se ha encontrado que dicho sistema es sensible a la interferencia, independientemente de la naturaleza

de la información (Jonides, Marshuetz, Smith, Reuter-Lorenz & Koeppel, 2000; Oberauer, Lange & Engle, 2004; Palladino, Mammarella & Vecchi, 2003). Incluso, se ha sugerido (Oberauer & Kliegl, 2006) que el límite en la capacidad de este tipo de memoria se debe en gran medida, a la interferencia mutua de las representaciones almacenadas.

Oberauer y Kliegl (2001) evaluaron diferentes modelos que permiten explicar la capacidad de la memoria de trabajo. Para ello utilizaron una tarea de actualización de la memoria numérica de complejidad creciente, la cual fue realizada por adultos jóvenes y adultos mayores. Los resultados de este estudio mostraron que sólo el modelo de interferencia y el de decaimiento de las huellas de memoria se ajustaron adecuadamente a los datos obtenidos, siendo el de interferencia el modelo más parsimonioso. Experimentos posteriores (Oberauer & Kliegl, 2006) permitieron extender el modelo de interferencia a una versión que explica la actualización de la memoria espacial.

El modelo de interferencia de Oberauer y Kliegl (2006) supone que los elementos almacenados en la memoria de trabajo están representados por conjuntos de características que se activan juntas. La interferencia surge cuando parte de la representación de un ítem se sobrescribe debido a que comparte una o más características con otro elemento, lo que reduce su activación durante la recuperación. De tal forma que al presentar una clave de recuperación se activa la representación del elemento relevante para la tarea en el foco de atención; sin embargo, debido a la superposición parcial entre los diferentes estímulos presentados, la clave también puede activar otros elementos.

Así mismo, ya que el contenido en la región de acceso directo está asociado con posiciones específicas dentro de un sistema de coordenadas cognitivas, la interferencia puede surgir de elementos vinculados a contextos relacionados, es decir, de la superposición entre los diferentes contextos (Oberauer, 2009).

Este modelo coincide con propuestas que han explicado diferentes fenómenos de interferencia en tareas de memoria de trabajo de orden temporal. Por ejemplo, se ha reportado (Rotblatt *et al.*, 2015; Tolentino *et al.*, 2012) que los elementos temporalmente separados dentro de una secuencia son más fáciles de recordar que los que son temporalmente cercanos. Esto se ha explicado como un mayor nivel de interferencia entre los estímulos cuando la separación temporal entre ítems es pequeña.

Como se mencionó anteriormente, diferentes modelos de memoria del orden temporal sugieren que cada elemento almacenado está vinculado a un contexto temporal o posicional. Por ello, la cercanía entre dos elementos puede inducir que éstos compartan códigos temporales, lo que genera superposición y por lo tanto interferencia (Brown *et al.*, 2000; Oberauer y Kliegl, 2006; Oberauer, 2009).

En otras propuestas (Clapp & Gazzaley, 2012; Ziegler, Janowich & Gazzaley, 2018) se considera que la interferencia en la memoria de trabajo puede ser causada por fuentes de información internas y externas. De acuerdo con esto, la interferencia interna puede dividirse en dos tipos: intrusiones, en las cuales se presentan pensamientos espontáneos; y desviaciones que consisten en pensamientos volitivos encaminados a completar una segunda tarea.

Por su parte, Clapp, Rubens y Gazzaley (2010) proponen que la interferencia externa puede ser dividida en: distracciones, debido a la presencia de estímulos

irrelevantes que pueden ser o no ignorados; e interrupciones, estímulos que requieren atención como parte de una tarea secundaria.

Tanto la interferencia externa como la interferencia interna impactan de forma negativa a la memoria de trabajo. Se ha encontrado que la frecuencia de las distracciones internas se correlaciona negativamente con la ejecución en diferentes tareas cognitivas (Ziegler *et al.*, 2018). Estos resultados son similares a los reportados cuando ocurre interferencia externa, en este caso las interrupciones son más perjudiciales que las distracciones en las tareas de memoria de trabajo debido a que requieren mayores recursos de atención (Clapp *et al.*, 2010).

Por ello, resulta fundamental la existencia de mecanismos de control cognitivo que permitan seleccionar únicamente la información que es relevante, de entre datos o pensamientos que son irrelevantes; es decir, que permitan controlar la interferencia de estímulos externos y de representaciones internas irrelevantes o distractoras (Cansino *et al.*, 2011).

2.2 Mecanismos de orientación interna y externa

2.2.1 Control de la atención

Como sugieren los datos obtenidos en diferentes estudios (Clapp & Gazzaley, 2012; Clapp *et al.*, 2010), los procesos de control de la atención resultan fundamentales para el adecuado funcionamiento de la memoria de trabajo. De esta forma, la atención es considerada como una propiedad de múltiples mecanismos de control perceptual y cognitivo que permite seleccionar, modular y sostener el foco de atención sobre la información relevante (Chun *et al.*, 2011), y suprimir aquellos

estímulos que resultan distractores (Gazzaley, Cooney, McEvoy, Knight. & D'Esposito, 2005).

Chun *et al.* (2011) proponen una taxonomía de la atención en la que la divide de acuerdo con el tipo de información sobre la que opera. De esta forma, la atención externa se refiere a la selección y modulación de información sensorial en una o varias modalidades, desplegada en el espacio y en el tiempo. Mientras que la atención interna es referida como la selección y modulación de información internamente generada, que es recuperada de la memoria a largo plazo o que es mantenida en la memoria de trabajo.

Otros autores (Kiyonaga & Egner, 2013; Myers *et al.*, 2017) proponen que la atención y la memoria de trabajo son constructos que dependen del mismo mecanismo de priorización del procesamiento de la información, que puede orientarse internamente, tal como sucede en la memoria de trabajo, o hacia estímulos externos a través de la atención selectiva. Esto coincide con otros estudios (Cansino *et al.*, 2013; Cansino *et al.*, 2011) en los que se proponen mecanismos de control de interferencia que se activan ante estímulos irrelevantes externos durante etapas de atención selectiva y ante representaciones internas en etapas de procesamiento más posteriores, como la memoria de trabajo.

Debido a que la información que se mantiene en la memoria de trabajo puede guiar lo que se atiende externamente, y que la selección perceptual sirve como un filtro que determina la entrada de información al sistema para su mantenimiento y manipulación, la memoria de trabajo puede ser considerada como una interfaz entre la orientación interna y la orientación externa (Chun *et al.*, 2011).

2.2.2 Estudios conductuales sobre los mecanismos de orientación

Experimentalmente, la orientación externa ha sido estudiada presentando con anticipación una señal (*pre-cue*) que indica qué estímulo es el relevante para la tarea (Gazzaley *et al.*, 2005; Clapp *et al.*, 2010), mientras que para examinar la orientación interna, esta señal (*retro-cue*) se presenta después de que se han mostrado los estímulos (Myers *et al.*, 2017; Souza & Oberauer, 2016). Dichos estudios han sido fundamentales para comprender los procesos de modulación de la atención que permiten hacer frente a información irrelevante en diferentes momentos del procesamiento de la información dentro de la memoria de trabajo.

Algunos de los estudios que comparan los mecanismos de control cognitivo de orientación externa con los de orientación interna, se han realizado utilizando tareas de memoria de trabajo verbal (Nee & Jonides, 2008; 2009) y visoespacial (Cansino *et al.*, 2013; Cansino *et al.*, 2011; Griffin & Nobre, 2003; Nobre *et al.*, 2004).

Nee y Jonides (2008; 2009) realizaron un par de estudios con la técnica de resonancia magnética funcional (RMf) para comparar procesos de control de interferencia a nivel de selección perceptual y de selección de información mantenida en la memoria de trabajo verbal. Los autores de este estudio utilizaron una tarea en la que presentaron seis palabras en dos diferentes colores (azul o verde). Se presentó una señal antes o después de las palabras para indicar el color de los estímulos relevantes para la tarea. Los resultados conductuales de ambos estudios mostraron una mejor ejecución y menores tiempos de reacción cuando la señal se presentaba antes que el conjunto de palabras que cuando se presentaba después. Es decir, existe un mejor control de la interferencia cuando se aplica en condiciones de orientación externa durante la selección perceptual que durante la

orientación interna, cuando la selección se realiza para información mantenida en la memoria trabajo.

En un estudio de Kuo, Rao, Lepsien y Nobre (2009) se realizaron dos experimentos en los que se compararon los mecanismos neuronales de la atención selectiva asociados a la búsqueda visual de elementos relevantes y aquellos relacionados con la búsqueda de elementos de entre representaciones de la memoria a corto plazo visual. Las tareas utilizadas consistieron en la presentación de matrices de dos o cuatro elementos (formas simples en el primer experimento y cuadros de colores en el experimento dos) localizados periféricamente, seguidos o precedidos por un solo elemento presentado centralmente. La tarea del participante fue indicar si el elemento presentado centralmente estuvo presente en el arreglo. Los resultados conductuales de este estudio indicaron un menor desempeño en las condiciones de búsqueda en la memoria visual de corto plazo, es decir, durante la orientación interna, en comparación con la condición de orientación externa.

Para investigar el sistema neuronal involucrado en orientar la atención espacial hacia eventos externos venideros y compararlo con el sistema relacionado con la orientación espacial hacia representaciones internas, Nobre *et al.* (2004) utilizaron una tarea en la que se presentaron matrices de cuatro cruces de diferentes colores, precedidas o seguidas por señales espaciales. La señal se presentó mediante un cuadro central, en el cual se iluminaron dos lados adyacentes del cuadro, formando una punta de flecha que apuntaba a una de las ubicaciones periféricas e indicaba la ubicación relevante. Los resultados conductuales no mostraron diferencias significativas en el desempeño entre condiciones de orientación externa y de orientación hacia representaciones internas, aunque sí se encontraron menores

tiempos de reacción para las condiciones en las que la señal se presentó antes que la matriz, es decir, en orientación externa.

Estos resultados son consistentes con los reportados por Cansino *et al.* (2011), quienes utilizaron una tarea de memoria visoespacial elaborada con elementos Gabor para explorar mecanismos de control de interferencia, especialmente de inhibición, hacia estímulos externos y representaciones internas irrelevantes. En este estudio participaron adultos jóvenes y mayores. Los resultados mostraron que los adultos mayores son tan eficientes como los adultos jóvenes para aplicar mecanismos de control cognitivo durante la supresión de estímulos externos irrelevantes, pero no así para representaciones internas irrelevantes. Un estudio posterior (Cansino *et al.*, 2013), en el que se utilizó la misma tarea, permitió mostrar una menor eficiencia en los mecanismos de control de interferencia hacia representaciones internas cuando aumentaba el nivel de complejidad en adultos jóvenes.

Estos estudios permiten sustentar la hipótesis de que existen mecanismos de control cognitivo que permiten seleccionar la información relevante sobre la irrelevante, tanto en momentos tempranos del procesamiento (Gazzaley *et al.*, 2005; Vogel, McCollough & Machizawa, 2005), es decir, durante la selección de la información perceptual que ingresará en el sistema, como en etapas de procesamiento posteriores, al seleccionar las representaciones internas relevantes para la tarea (Myers *et al.*, 2017; Souza & Oberauer, 2016). Dicha selección en ambos tipos de orientación se refleja en una mejor ejecución de la tarea, en relación con condiciones en las que la clave no es informativa o es poco confiable (Griffin y Nobre, 2003; Souza y Oberauer, 2016).

2.2.3 Mecanismos neuronales de la orientación externa e interna

Se ha planteado la existencia de mecanismos neuronales superpuestos que subyacen a ambos mecanismos de control, y que generan una modulación de tipo *top-down* similar (Awh & Jonides, 2001; Gazzaley & Nobre, 2012). Los resultados de Nee y Jonides (2008; 2009) en el dominio verbal, mediante RMf, mostraron que tanto la selección perceptual como la selección orientada hacia representaciones internas se asociaron, ya que ambos mecanismos generaron una activación en regiones frontales, en particular en los campos oculares frontales (COF) bilaterales y en la corteza prefrontal dorsolateral (CPDL), así como en el lóbulo parietal superior.

Estos resultados son consistentes con los reportados en el dominio espacial (Nobre *et al.*, 2004), en el cual se ha encontrado, mediante la técnica de RMf, una superposición de activaciones en ambos mecanismos en áreas parietales, frontales y occipitales, que incluyen porciones bilaterales del surco intraparietal (SIP) y del lóbulo parietal superior medio. De manera similar, en un estudio de RMf (Tamber *et al.*, 2011) se encontró que el control de la atención hacia ubicaciones espaciales y hacia representaciones en la memoria de trabajo recluta una red similar de regiones frontales y parietales, entre las que se encuentran el lóbulo parietal superior medio, el surco intraparietal y el surco frontal superior (SFS).

Adicionalmente, en estudios electrofisiológicos (Myers, Walther, Wallis, Stokes & Nobre, 2015; Poch, Capilla, Hinojosa & Campo, 2017) se ha encontrado una modulación de la banda alfa, en ambos tipos de orientación, caracterizada por una desincronización contralateral al lugar espacial al que se dirige la atención.

A esto se suman los resultados de un estudio de Griffin y Nobre (2003) de potenciales relacionados a eventos (PRE), en el cual se identificó una modulación temprana del componente N1 sobre derivaciones posteriores contralateral a la localización espacial del estímulo relevante para ambas condiciones de orientación de la atención. Los autores de este estudio sugieren que este componente refleja los pasos iniciales de la orientación de la atención, tanto hacia localizaciones espaciales externas, como hacia representaciones espaciales internas. De manera similar, se ha asociado el componente N2pc con la identificación de elementos relevantes de entre elementos irrelevantes visuales externos o representaciones mantenidas en la memoria de trabajo visual (Kuo *et al.*, 2009; Myers *et al.*, 2017).

Estos resultados convergen en la propuesta de que existe una superposición funcional de los mecanismos de control que operan en la selección perceptual y que permiten la entrada a la memoria de trabajo de información relevante, y aquellos que se activan para seleccionar las representaciones internas relevantes (Awh & Jonides, 2001; Awh, Vogel & Oh, 2006). Aunque, por supuesto, también se ha mostrado que además de dichas regiones, existen otras áreas asociadas particularmente con cada uno de estos mecanismos de orientación de la atención (Nee & Jonides, 2008; 2009; Nobre *et al.*, 2004).

2.2.4 Orientación de la atención en el tiempo

En otros estudios (Coull *et al.*, 2000, Griffin *et al.*, 2001; Miniussi *et al.*, 1999), se ha mostrado que también es posible orientar los recursos de atención hacia diferentes puntos en el tiempo. Presentar señales que permitan predecir en qué

momento aparecerá un estímulo, y no sólo su posición espacial, permite mejorar el desempeño en determinadas tareas (Correa *et al.*, 2006, Zanto *et al.*, 2011). A esto se suma evidencia (Rotblatt *et al.*, 2015) que muestra que el desempeño en una tarea de memoria de trabajo de orden temporal puede verse afectada por el nivel de interferencia.

Sin embargo, no se han realizado investigaciones en las que se comparen los mecanismos de orientación de la atención externa e interna en la memoria de trabajo, exclusivamente para información sobre el orden temporal no verbal de los estímulos, a pesar de que en algunos de los trabajos mencionados (Chun *et al.*, 2011; Mizrak & Öztekin, 2016) se sugiere la necesidad de mecanismos de control de interferencia para este tipo de información.

Únicamente en dos estudios (Cansino *et al.*, 2013; Cansino *et al.*, 2011) se han utilizado señales de orientación temporal para evaluar la eficiencia de los mecanismos de control de la interferencia sobre información interna y externa en una tarea de memoria de trabajo. Sin embargo, en dichos estudios, descritos anteriormente, también se utilizaron señales visoespaciales, por lo que ambos tipos de información pudieron haber beneficiado el desempeño en las tareas de memoria de trabajo en comparación con sus respectivas condiciones control.

Las investigaciones sobre orientación externa se han enfocado en estudiar la atención hacia puntos particulares en el tiempo en tareas de atención selectiva, detección y discriminación visual (Griffin *et al.*, 2001; Zanto *et al.*, 2011).

Coull y Nobre (1998) diseñaron una tarea de detección para comparar los sistemas neuronales involucrados en la atención hacia ubicaciones espaciales y aquellos asociados con la atención hacia intervalos de tiempo. Se presentaron

señales de orientación, válidas e inválidas, hacia ubicaciones espaciales periféricas (derecha o izquierda), y hacia intervalos de tiempo (corto [300 mseg] o largo [1500 mseg]). La tarea de los sujetos fue responder lo más rápido posible a los estímulos visuales que aparecían en las ubicaciones periféricas, después de cualquiera de los dos posibles intervalos de tiempo señalados. Los resultados mostraron un beneficio conductual en los tiempos de reacción cuando se presentaron señales espaciales y/o temporales válidas, en comparación con condiciones en las que la señal presentada era neutra, es decir no informativa.

En estudios posteriores (Coull *et al.*, 2000; Miniussi *et al.*, 1999), en los que se exploró exclusivamente la orientación temporal, se encontraron resultados similares. En dichos estudios se utilizó una variación de la tarea antes descrita, con la diferencia de que las señales y estímulos se presentaron en la fóvea.

Adicionalmente, se han encontrado beneficios conductuales en tareas de discriminación visual al presentar señales acerca de intervalos de tiempo (Griffin *et al.*, 2001), lo cual se ha explicado por procesos de preparación y expectativa. De manera similar, Correa *et al.* (2006) mostraron que la orientación hacia intervalos de tiempo particulares permite mejorar el desempeño en una tarea de discriminación temporal, que requiere de realizar juicios acerca del orden temporal.

Sumado a los resultados conductuales de estos estudios, datos de RMf (Coull & Nobre, 1998) han mostrado una superposición entre los sistemas neuronales involucrados en tareas de orientación de la atención temporal y de orientación de la atención espacial, principalmente en áreas frontoparietales como el SIP y los COF. Además, en estudios electrofisiológicos se ha encontrado una modulación de los componentes N1, N2, P300 (Griffin *et al.*, 2001; Miniussi *et al.*, 1999) y en la

variación negativa contingente (VNC) (Nobre, Correa & Coull, 2007) en tareas de orientación de la atención hacia información temporal, lo cual se ha explicado como expresión de la preparación motora y la expectativa.

Con respecto a los mecanismos de orientación hacia información temporal interna existen pocos estudios. Particularmente, Ede *et al.* (2017) realizaron un estudio para investigar si las expectativas temporales internas podían guiar la priorización de mantener determinados elementos en la memoria de trabajo en los momentos en que se consideraban más relevantes. Para ello diseñaron una tarea en la que se pedía a los participantes codificar dos barras orientadas de manera diferente (una hacia la derecha y la otra hacia la izquierda) de diferentes colores (amarillo y azul). Dichos estímulos se asociaron con diferentes retrasos en el tiempo, de tal forma que si el estímulo se presentaba más temprano (1250 mseg) era más probable que se mostrara el elemento de un color, mientras que si se presentaba más tarde (2500 mseg) era más probable que se mostrara la otra barra. Después de los intervalos aparecía un círculo gris al centro de la pantalla con un diámetro que coincidía con la longitud de las barras. La tarea de los participantes era reproducir la orientación del estímulo prueba y su color a través de dos manijas con los colores de las barras.

Los resultados del estudio (Ede *et al.*, 2017) mostraron una mayor precisión en la reproducción de los estímulos prueba, así como menores tiempos de reacción, para las señales válidas en comparación con las inválidas. Esto indica que los elementos mantenidos en la memoria de trabajo pueden priorizarse, es decir, ingresar en el foco de atención en función de su relevancia temporal.

La mayoría de los estudios descritos, tanto en orientación externa como en orientación interna han utilizado intervalos de tiempo como señales. Para evaluar la memoria de trabajo del orden temporal de los estímulos se han diseñado diferentes tareas. Por ejemplo, se presentan una serie de estímulos en una secuencia determinada y la tarea de los participantes consiste en indicar la posición temporal en la que se presentó el estímulo (Hsieh *et al.*, 2011) o la secuencia correcta de un par de estímulos (Marshuetz *et al.*, 2000).

3. JUSTIFICACIÓN

Se han generado diferentes tareas que permiten distinguir los mecanismos de orientación interna y externa en el dominio verbal (Nee & Jonides, 2008; 2009) y visoespacial (Cansino *et al.*, 2013; Cansino *et al.*, 2011; Griffin & Nobre, 2003; Nobre *et al.*, 2004) mediante condiciones equivalentes. A través de estas tareas se ha mostrado que existen diferencias en la eficiencia de los mecanismos para controlar la interferencia. Sin embargo, aún no se han examinado los mecanismos de orientación interna y externa en la memoria de trabajo de orden temporal no verbal, a pesar de que este tipo de información también es susceptible a la interferencia (Chun *et al.*, 2011).

Por ello, el objetivo de este estudio fue comparar el desempeño en una tarea de memoria de trabajo de orden temporal no verbal entre condiciones de orientación interna y orientación externa.

4. MÉTODO

4.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existen diferencias en la ejecución de una tarea de memoria de trabajo de orden temporal no verbal, evaluada por la cantidad de respuestas correctas y tiempos de reacción, entre condiciones de orientación interna y orientación externa?

4.2 HIPÓTESIS

La cantidad de respuestas correctas será significativamente mayor en la condición de orientación externa que en la de orientación interna.

Los tiempos de reacción serán significativamente mayores en la condición de orientación interna que en la de orientación externa.

4.3 VARIABLES

Variable independiente:

Condiciones de orientación

- Orientación externa: la clave que indica qué estímulo es el relevante para la tarea se presentó antes de los estímulos test.
- Orientación interna: la clave que indica qué estímulo es el relevante para tarea se presentó después de los estímulos test.

Variables dependientes

- Porcentaje de respuestas correctas
- Tiempos de reacción en las respuestas correctas, medidos a partir de la presentación del estímulo prueba.

4.4 PARTICIPANTES

Participaron de manera voluntaria 30 adultos (15 mujeres) entre 21 y 30 años de edad (media \pm desviación estándar: 24.2 ± 2.0) con una escolaridad promedio de 16.5 años (D.E. = 1.1 años). Los criterios de inclusión fueron agudeza visual normal o corregida a lo normal medida a través de la carta de Snellen y mínimo 12 años de escolaridad. Los criterios de exclusión fueron: adicción a drogas o alcohol, consumir medicamentos que alteren el funcionamiento del sistema nervioso durante los últimos seis meses y padecer alteraciones psiquiátricas o neurológicas. Los participantes firmaron de manera voluntaria una carta de consentimiento informado para participar en el estudio.

4.5 APARATOS

Se utilizó una computadora PC, un monitor de 17" y dos cajas de respuestas con una sola tecla cada una. El experimento se controló mediante el software *E-prime* Versión 2.0 de *Psychology Software Tools*.

4.6 ESTÍMULOS

Se emplearon círculos de 1 centímetro de diámetro de diferentes colores, se emplearon hasta 126 colores.

4.7 PROCEDIMIENTO

Se llevaron a cabo dos sesiones. Durante la primera sesión se evaluó la agudeza visual mediante la carta de Snellen y se llevó a cabo una entrevista a los participantes para determinar que reunieran los criterios para participar en el estudio. Durante la segunda sesión, los participantes realizaron la tarea de memoria de trabajo. Esta sesión se llevó a cabo en una cámara sonoamortiguada iluminada

con luz tenue. Los sujetos se sentaron a 70 cm del monitor. Las dos cajas de respuesta se colocaron en los brazos del sillón al alcance de los dedos índice de cada mano. Las teclas que se asignaron para responder a los dos tipos de respuesta en la tarea se contrabalancearon entre los participantes. Primero, el participante realizó una breve versión de la tarea como práctica; enseguida, realizó la tarea experimental.

4.8 TAREA DE MEMORIA DE TRABAJO

En la condición de orientación externa, cada ensayo comenzó con la presentación de un círculo de color negro en el centro de la pantalla (ángulo visual de 0.5° de diámetro) durante 200 ms que sirvió como punto de fijación, después del cual la pantalla permaneció en blanco durante 1000 ms (Figura 1). En seguida se presentó una clave al centro de la pantalla durante 300 ms, la cual consistió en un número del uno al cinco, el número indicaba el orden temporal del estímulo relevante que debía compararse posteriormente con el estímulo prueba. Después la pantalla permanecía en blanco durante 1000 ms. A continuación, se presentaron de manera secuencial cinco círculos (estímulos test) de diferentes colores (diámetro de 0.82° de ángulo visual) durante 500 ms cada uno. Cada círculo se presentó al azar en una de las 36 posibles posiciones de una matriz imaginaria de 6 x 6. Sólo los límites externos de la matriz se mostraron mediante un marco negro de 6 x 6 cm (4.91° de ángulo visual horizontal y vertical). Posteriormente, la pantalla permaneció en blanco durante 1000 ms, seguido del estímulo prueba que se proyectó durante 1000 ms. El estímulo prueba fue igual a cualquiera de los estímulos test presentados durante el ensayo, sea o no el relevante. Después de esto, la pantalla permaneció

en blanco durante 3000 ms. Los participantes podían responder a partir de la presentación del estímulo prueba, indicando si el estímulo era igual o no al presentado en la posición temporal indicada por la clave.

Para los ensayos de la condición de orientación interna se siguió el mismo procedimiento, excepto que la clave se presentó 1000 ms después de que se presentó el último estímulo test. Se realizaron 72 ensayos por cada condición.

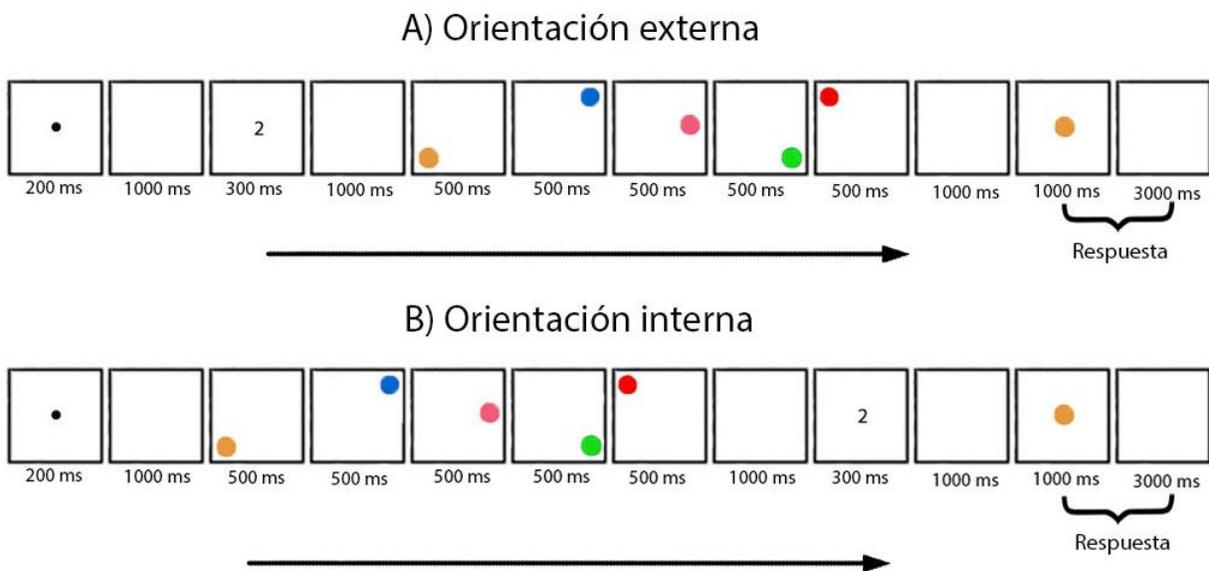


Figura 1. Se muestra la secuencia y duración de los eventos durante las condiciones experimentales. A) En la condición de orientación externa, la clave que indica el estímulo relevante se presenta antes que la secuencia de círculos. B) En la condición de orientación interna, la señal que indica el estímulo relevante se presenta después de la secuencia de círculos.

4.9 ANÁLISIS DE DATOS

Se realizaron pruebas *t de Student* para muestras relacionadas para determinar si existen diferencias significativas en el porcentaje de respuestas correctas y en los tiempos de reacción en estas respuestas entre las condiciones de orientación externa y orientación interna.

5. RESULTADOS

Se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de respuestas correctas, $t(29) = 13.96$, $p < .001$, éstos fueron mayores en la condición de orientación externa en comparación con los de la condición de orientación interna (Figura 2).

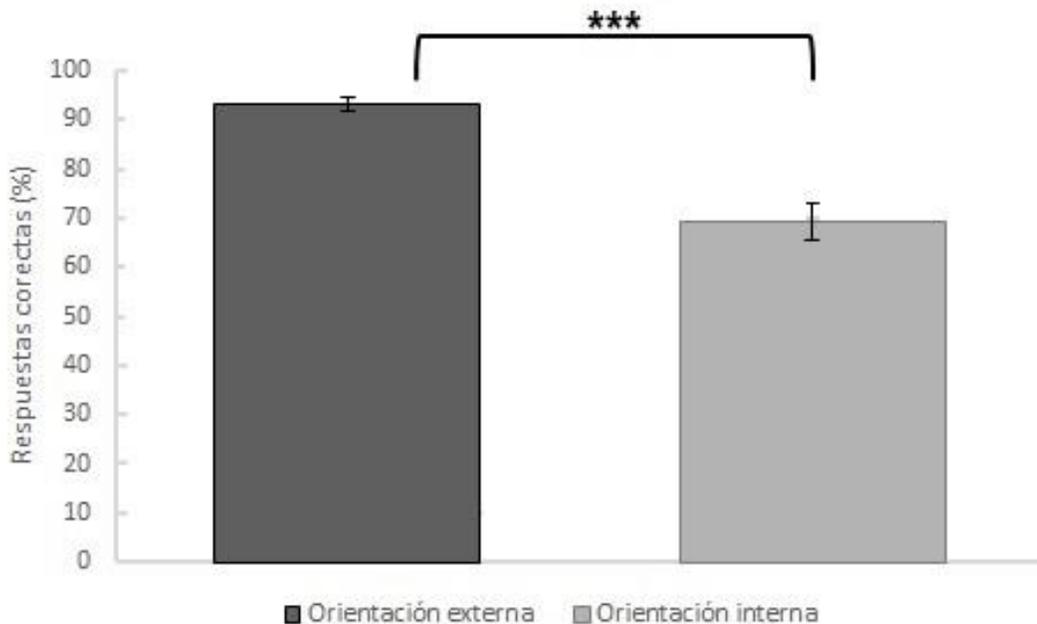


Figura 2. Medias del porcentaje de respuestas correctas durante las condiciones de orientación externa e interna. Las barras representan el intervalo de confianza del 95% para la media *** $p < 0.001$.

De manera similar, se encontraron diferencias significativas en los tiempos de reacción $t(29) = -3.01$, $p = 0.005$, éstos fueron menores en la condición de orientación externa en comparación con los de la condición de orientación interna (Figura 3).

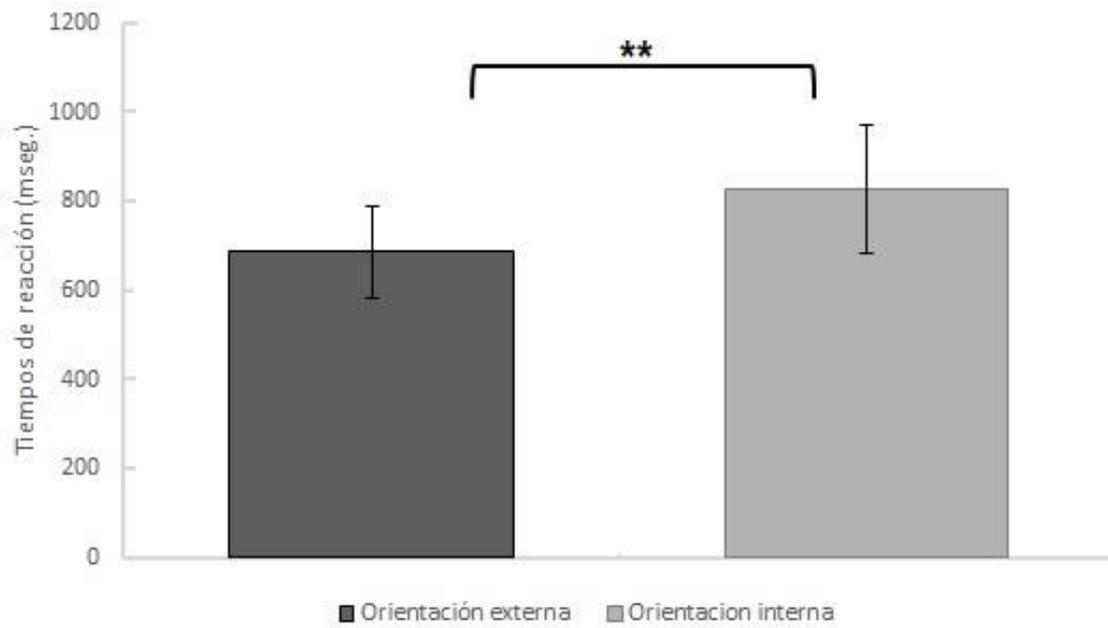


Figura 3. Medias de los tiempos de reacción durante las condiciones de orientación externa e interna. Las barras representan el intervalo de confianza del 95% para la media. ** $p < 0.01$.

6. DISCUSIÓN

El presente estudio permitió demostrar que el desempeño en una tarea de memoria de trabajo en el que se evalúa la capacidad para retener información sobre el orden temporal no verbal en que se presentan los estímulos, varía en función del mecanismo de orientación de la atención que debe ser empleado para responder a la tarea. En particular, se observó que el desempeño fue superior cuando se emplean los mecanismos de orientación externa que cuando se requieren los de orientación interna. La orientación de la atención externa que actúa durante la atención selectiva permite un mayor control de la interferencia que los mecanismos de orientación interna que actúan cuando la información ya ha ingresado a la memoria de trabajo. Estos resultados demuestran por primera vez la mayor eficiencia de los mecanismos de orientación externa en comparación con los de orientación interna para recordar en la memoria de trabajo información sobre el orden temporal no verbal.

Adicionalmente, los resultados indican que como sucede en el dominio verbal (Nee y Jonides, 2008; 2009) y espacial (Cansino *et al.*, 2013; Cansino *et al.*, 2011; Griffin & Nobre, 2003; Nobre *et al.*, 2004), en el dominio temporal la eficiencia de los mecanismos de orientación externa tiene un mejor control de la información relevante que los mecanismos de orientación interna. Esto se observó tanto en la precisión como en la velocidad para responder en la tarea de memoria de trabajo.

A lo largo de este trabajo, se ha insistido en señalar que la tarea utilizada es de memoria de trabajo de orden temporal no verbal. Esta especificación es relevante debido a que, en diferentes trabajos (Acheson & MacDonald, 2009; Hartley *et al.*, 2016) se ha sugerido que la memoria de trabajo de dominio verbal requiere de

mecanismos de orden serial, especialmente durante la adquisición, percepción y producción del lenguaje. En la tarea utilizada en este estudio se utilizaron círculos de diferentes colores como estímulos, por lo que la tarea es de tipo no verbal.

Aunque ambos mecanismos de orientación de la atención dependen de mecanismos neuronales frontoparietales similares de control *top-down* (Awh & Jonides, 2001; Awh, Vogel & Oh, 2006; Gazzaley & Nobre, 2012), el control de la interferencia en la memoria de trabajo difiere en función del momento en el que cada uno de ellos actúa durante el procesamiento de la información. Los mecanismos de orientación externa funcionan durante la atención selectiva como un filtro que determina la entrada de información a la memoria de trabajo, de forma que sólo se seleccionan aquellos estímulos relevantes para la tarea (Chun *et al.*, 2011). Por lo que dichos mecanismos no dependen de la memoria de trabajo, lo que explica el mejor desempeño cuando se activan estos mecanismos.

Por otro lado, los mecanismos de orientación interna actúan sobre información que ya ha sido codificada dentro de la memoria de trabajo. Por lo tanto, los estímulos almacenados se encuentran vinculados a determinados contextos (Oberauer, 2009) que generan interferencia, en el presente estudio el contexto de tipo temporal pudo haber generado una mayor superposición entre estímulos cercanos en el tiempo. Dicha interferencia también puede provenir de características similares entre los estímulos, en el presente estudio el color del círculo pudo haber activado el recuerdo de dos o más estímulos al mismo tiempo. Este tipo de interferencia limita la capacidad de la memoria de trabajo (Oberauer & Kliegl, 2006). Además, los mecanismos de orientación interna están vinculados con la capacidad de la

memoria de trabajo, lo que explica su mayor susceptibilidad al nivel de dificultad (Cansino *et al.*, 2013).

Los resultados también pueden explicarse por el nivel de atención requerido en ambas condiciones. En el caso de la condición de orientación externa, únicamente fue necesario atender a un estímulo de entre los cinco círculos presentados; mientras que en la condición de orientación interna fue necesario atender todos los estímulos para poder codificarlos en la memoria de trabajo. Clapp *et al.* (2010) demostraron que los estímulos irrelevantes que requieren atención tienen un impacto más perjudicial en la memoria de trabajo que los estímulos que no requieren atención.

Sin embargo, atender todos los estímulos puede resultar importante en determinadas condiciones, por ejemplo, como en el presente estudio, en el que la relevancia de la información cambia una vez que ésta ya ha sido codificada. Ede *et al.* (2017) mostraron que los elementos mantenidos en la memoria de trabajo pueden priorizarse en función de su relevancia temporal, acción que se asocia a la actividad electroencefalográfica de la banda alfa en electrodos posteriores cuando se emplean procesos de atención espacial tanto hacia información interna como externa (Poch *et al.*, 2017).

Estudios previos (Coull *et al.*, 2000; Coull & Nobre, 1998; Correa *et al.*, 2006; Griffin *et al.*, 2001; Miniussi *et al.*, 1999) han demostrado que la orientación externa hacia instantes de tiempo permite mejorar el desempeño en diferentes tareas cognitivas. De igual forma, Ede *et al.* (2017) mostraron que es posible orientar la atención de manera interna hacia información temporal.

Sin embargo, este es el primer estudio que contrasta la eficacia de ambos mecanismos en una tarea de memoria de trabajo sobre información temporal. Esto fue posible gracias al diseño de una tarea novedosa con condiciones de orientación externa e interna equivalentes. Únicamente en los estudios de Cansino *et al.* (2011; 2013) se utilizó una tarea con condiciones equivalentes para evaluar mecanismos de control cognitivo, principalmente de inhibición, que involucraban información de orden temporal, sin embargo, la interpretación de los resultados se concentró en la modalidad espacial. Una limitación de la tarea experimental implementada en este estudio fue la imposibilidad de incluir una condición control que permitiera examinar la memoria de trabajo para información temporal sin que operaran ninguno de estos dos mecanismos de atención.

El presente estudio representa una nueva aproximación para evaluar los mecanismos de orientación de la atención sobre la memoria de trabajo cuando se requiere la retención de información temporal. Además, la tarea que se empleó en el presente estudio se sustenta en los paradigmas *precue* y *retrocue* (Souza & Oberauer, 2016) utilizados en estudios previos.

Evaluar los efectos de los mecanismos de control cognitivo sobre la memoria de trabajo proporciona simultáneamente información sobre la capacidad de retener información relevante y de evitar la interferencia de información irrelevante. En adultos mayores se ha sugerido que su menor rendimiento en tareas de memoria de trabajo en comparación con adultos jóvenes (Cansino *et al.*, 2011; Clapp & Gazzaley, 2012) se debe principalmente a una deficiente supresión de la información irrelevante más que a una incapacidad de seleccionar información

relevante. Aunque los adultos jóvenes también presentan esta dificultad (Cansino et al., 2013).

Numerosos estudios de información verbal (Nee & Jonides, 2008; 2009) y espacial (Griffin y Nobre, 2003; Myers, Walther, Wallis, Stokes & Nobre, 2015; Nobre et al., 2004; Poch, Capilla, Hinojosa & Campo, 2017; Tamber, Esterman, Chiu & Yantis, 2011) han comparado los mecanismos de orientación interna y externa en el dominio verbal, lo que ha contribuido al hallazgo de una red de control *top-down* similar para ambos mecanismos. La tarea propuesta en este estudio es susceptible de ser utilizada en estudios de RMf y PRE debido a que se emplean condiciones equivalentes para evaluar los mecanismos de orientación externa e interna. El estudio del funcionamiento neuronal asociado a los mecanismos de control cognitivo en la memoria de trabajo para información temporal podría contribuir a una mayor comprensión de los procesos de modulación frontoparietales *top-down* para este tipo de información.

7. CONCLUSIÓN

El presente estudio revela que el recuerdo de la información temporal asociada a los estímulos en una tarea de memoria de trabajo es superior cuando se emplean mecanismos de orientación dirigidos hacia estímulos externos, que operan durante la atención selectiva, que cuando se emplean mecanismos de orientación que son dirigidos hacia representaciones internas de los estímulos en la memoria de trabajo. Esto se observó en el mayor porcentaje de respuestas correctas y en los menores tiempos de reacción en estas respuestas cuando la clave antecedió la serie de estímulos (orientación externa) que cuando la clave se presentó después de la serie de estímulos (orientación interna). Los resultados sugieren que la selección de información relevante y el control de la interferencia provocada por información irrelevante hacia estímulos externos benefician a la memoria de trabajo para recordar información temporal, como ocurre con información espacial.

REFERENCIAS

- Acheson, D. & MacDonald M. (2009). Verbal working memory and language production: common approaches to the serial ordering of verbal information. *Psychological Bulletin*, 135(1), 50-68. doi: 10.1037/a0014411
- Awh, E. & Jonides, J. (2001). Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(3), 119-126. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01593-X
- Awh, E., Vogel E. & Oh S. (2006). Interactions between attention and working memory. *Neuroscience*, 139, 201-208. doi: 10.1016/j.neuroscience.2005.08.023
- Baddeley, A. & Hitch, G. (1974). Working memory. En Bower, G. (Ed.) *The psychology of learning and motivation* (pp. 125-142). New York: Academic Press.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. New York, NY: Oxford Psychology Series, no. 11/Clarendon Press.
- Baddeley, A. (2006). Working memory: an overview. En S. Pickering (Ed.). *Working memory and education* (pp. 1-31). USA: Academic Press. doi: 10.1016/B978-012554465-8/50003-X
- Brown, G., Preece, T & Hulme, C. (2000). Oscillator-based memory for serial order. *Psychological Review*, 107(1), 127-181. doi: 10.1037//0033-295X.107.1.127
- Brown, S. & Smith, A. (2014). Time perception and temporal order memory. *Acta Psychologica*, 148, 173-180. doi: 10.1016/j.actpsy.2014.02.003

- Burgess, N. & Hitch, G. (1999). Memory for serial order: a network model of the phonological loop and its timing. *Psychological Review*, 106(3), 551-581. doi:10.1037/0033-295X.106.3.551
- Cabeza R, Anderson, N., Houle, S., Mangels, J. & Nyberg, L. (2000). Age-related differences in neural activity during item and temporal order memory retrieval: a positron emission tomography study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(1), 197-206. doi: 10.1162/0898929000561832
- Cansino, S., Guzzon, D. & Casco, C. (2013). Effects of interference control on visuospatial working memory. *Journal of Cognitive Psychology*, 25(1), 51-63. doi:10.1080/20445911.2012.739155
- Cansino, S., Guzzon, D., Martinelli, M., Barollo, M. & Casco, C. (2011). Effects of aging on interference control in selective attention and working memory. *Memory and cognition*, 39, 1409-1422. doi: 10.3758/s13421-011-0109-9
- Chun, M., Golomb, J. & Turk-Browne. (2011). A taxonomy of external and internal attention. *Annual Review of Psychology*, 62, 73-101. doi: 10.1146/annurev.psych.093008.100427
- Clapp, W & Gazzaley, A. (2012). Distinct mechanisms for the impact of distraction and interruption on working memory on aging. *Neurobiology of Aging*, 33, 134-148. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2010.01.012
- Clapp, W., Rubens, M. & Gazzaley, A. (2010). Mechanisms of working memory disruption by external interference. *Cerebral Cortex*, 20(4), 859-872. doi: 10.1093/cercor/bhp150
- Correa, A., Sanabria, D., Spense, C., Tundela, P. & Lupiáñez, J. (2006). Selective temporal attention enhances the temporal resolution of visual perception:

- Evidence from a temporal order judgement task. *Brain Research*, 1070(1), 202-205. doi: 10.1016/j.brainres.2005.11.094
- Coull, J., Frith, C., Büchel, C. & Nobre, A. (2000). Orienting attention in time: behavioral and neuroanatomical distinction between exogenous and endogenous shifts. *Neuropsychologia*, 38(6), 808-819. doi: 10.1016/S0028-3932(99)00132-3
- Coull, J. & Nobre, A. (1998). Where and when to pay attention: the neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals revealed by both PET and fMRI. *The Journal of Neuroscience*, 18(8), 7426-7435. doi: 10.1523/JNEUROSCI.18-18-07426.1998
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: And integrated framework*. New York, NY: Oxford University Press.
- Daneman, M. & Carpenter, P. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 19, 450-466. doi: 10.1016/S0022-5371(80)90312-6
- Ede, F., Niklaus, M. & Nobre A. (2017). Temporal expectations guide dynamic prioritization in visual working memory through attenuated α oscillations. *The Journal of Neuroscience*, 37(2), 437-455. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2272-16.2016
- Gazzaley, A., Cooney, J., McEvoy, K., Knight, R. & D'Esposito, M. (2005). Top-down enhancement and suppression of the magnitude and speed of neural activity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(3), 507-517. doi: 10.1162/0898929053279522

- Gazzaley, A. & Nobre, A. (2012). Top-down modulation: bridging selective attention and working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(2), 129-135. doi: 10.1016/j.tics.2011.11.014
- Griffin, I., Miniussi, C. & Nobre, A. (2001). Orienting attention in time. *Frontiers in Bioscience*, 6, 660-671. Recuperado de <https://www.bioscience.org/2001/v6/d/griffin/fulltext.php?bframe=PDFII>
- Griffin, I. & Nobre, A. (2003). Orienting Attention to Locations in Internal Representations. *Journal of Cognitive Neuroscience* 15(8), 1176–1194. doi:10.1162/089892903322598139
- Hartley, T., Hurlstone, M. & Hitch, G. (2016). Effects of rhythm on memory for spoken sequences: a model and tests of its stimulus-driven mechanism. *Cognitive Psychology*, 87, 135-178. doi: 10.1016/j.cogpsych.2016.05.001
- Hsieh, L., Ekstrom, A. & Ranganath, C. (2011). Neural Oscillations Associated with Item and Temporal Order Maintenance in Working Memory. *The journal of neurosciences*, 31(30), 10803-10810. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0828-11.2011
- Jonides, J., Marshuetz, C., Smith, E., Reuter-Lorenz & Koeppel R. (2000). Age differences in behavior and PET activation reveal differences in interference resolution in verbal working memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(1), 188-196. doi: 10.1162/089892900561823
- Kirchner, W. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, 55(4), 352-358. doi: 10.1037/h0043688

- Kiyonaga, A. & Egner, T. (2013). Working Memory as Internal Attention: Toward an Integrative Account of Internal and External Selection Processes. *Psychon Bull Rev.*, 20(2), 228-242. doi: 10.3758/s13423-012-0359-y.
- Kuo, B., Rao, A., Lepsien, J. & Nobre, A. (2009). Searching for targets within the spatial layout of visual short-term memory. *The Journal of Neuroscience*, 29(25), 8032-8038. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0952-09.2009
- Majerus, S. & Attout, L. (2018). Working memory for serial order and numerical cognition: What kind of association? En A. Henik & W. Fias (Eds.), *Heterogeneity of function in numerical cognition* (pp. 409-431). United Kingdom, UK: Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-12-811529-9.00019-4
- Marshuetz, C., Smith, E., Jonides, J., DeGutis, J. & Chenevert T. (2000). Order information in working memory: fMRI evidence for parietal and prefrontal mechanisms. *Journal of Cognitive Neurosciences*, 12(2), 130-144. doi: 10.1162/08989290051137459
- Miniussi, C., Wilding, E., Coull, J. & Nobre, A. (1999). Orienting attention in time. Modulation of brain potentials. *Brain*, 122(8), 1507-1518. doi: 10.1093/brain/122.8.1507
- Mizrak, E. & Öztekin, I. (2016). Working memory capacity and controlled serial memory search. *Cognition*, 153, 52-62. doi: 10.1016/j.cognition.2016.04.007
- Myers, N., Stokes, M. & Nobre, A. (2017). Prioritizing information during working memory: beyond sustained internal attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 21(6), 449-461. doi: 10.1016/j.tics.2017.03.010
- Myers, N., Walther, L., Wallis, G., Stokes, M. & Nobre, A. (2015). Temporal dynamics of attention during encoding vs. maintenance of working memory:

- complementary views from event-related potentials and alpha-band oscillations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(3), 492-508. doi: 10.1162/jocn_a_00727
- Nee, D. & Jonides, J. (2008). Dissociable interference-control processes in perception and memory. *Psychological Science* 19(5), 490-500. doi:10.1111/j.1467-9280.2008.02114.x.
- Nee, D. & Jonides, J. (2009). Common and distinct neural correlates of perceptual and memorial selection. *NeuroImage*, 45, 963-975. 10.1016/j.neuroimage.2009.01.005
- Nobre, A., Correa, A. & Coull, J. (2007). The hazards of time. *Current Opinion in Neurobiology*, 17(4), 465-470. doi: 10.1016/j.conb.2007.07.006
- Nobre, A., Coull, J., Maquet, P., Frith, C., Vandenberghe, R. & Mesulam, M. (2004). Orienting attention to locations in perceptual versus mental representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(3), 363-373. doi: 10.1162/089892904322926700
- Oberauer, K. (2002). Access to information in working memory: Exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 28, 411-421. doi: 10.1037/0278-7393.28.3.411
- Oberauer, K. (2009). Design for a working memory. En B. Ross (Ed.) *Psychology of learning and motivation* (pp. 45-100). USA: Academic Press. doi: 10.1016/S0079-7421(09)51002-X
- Oberauer, K. & Hein, L. (2012) Attention to information in working memory. *Current directions in psychological science*, 21(3), 164-169. doi: 10.1177/0963721412444727

- Oberauer, K & Kliegl, R. (2001). Beyond resources: Formal models of complexity effects and age differences in working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13(1-2), 187-215. doi: 10.1080/09541440042000278
- Oberauer, K. & Kliegl, R. (2006). A formal model of capacity limits in working memory. *Journal of Memory and language*, 55, 601-626. 10.1016/j.jml.2006.08.009
- Oberauer, K., Lange, E. & Engle, R. (2004). Working memory capacity and resistance to interference. *Journal of Memory and Language* 51, 80-96. doi:10.1016/j.jml.2004.03.003
- Palladino, P., Mammarella, N. & Vecchi, T. (2003). Modality-specific effects in inhibitory mechanisms: The interaction of peripheral and central components in working memory. *Brain and cognition*, 53, 263-267. doi:10.1016/S0278-2626(03)00123-4
- Poch, C., Capilla, A., Hinojosa, J. & Campo, P. (2017). Selection within working memory based on a color retro-cue modulates alpha oscillations. *Neuropsychologia*, 106, 133-137. Doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.09.027
- Roberts, B., Libby, L., Inhoff, M. & Ranganath, C. (2017). Brain activity related with to working memory for temporal order and object information. *Behavioural Brain Research*. doi: 10.1016/j.bbr.2017.05.068
- Rotblatt, L., Sumida, C., Van, E., Pirogovsky, E., Tolentino, J. & Gilbert P. (2015). Differences in temporal order memory among young, middle-aged, and older adults may depend on the level of interference. *Frontiers in aging neuroscience*, 7(28), 1-6. doi: 10.3389/fnagi.2015.00028

- Souza, A. & Oberauer, K. (2016). In search of the focus of attention in working memory: 13 years of the retro-cue effect. *Attention, Perception & Psychophysics*, *78*(7), 1839-1860. doi: 10.3758/s13414-016-1108-5
- Tamber, B., Esterman, M., Chiu, Y. & Yantis, S. (2011). Cortical mechanisms of cognitive control for shifting attention in vision and working memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *23*(10), 2905-2919. doi: 10.1162/jocn.2011.21608
- Tolentino, J., Pirogovsky, E., Luu, T., Toner, C. & Gilbert, P. (2012). The effect of interference on temporal order for random and fixed sequences in nondemented older adults. *Learning and memory*, *19*, 251-255. doi: 10.1101/lm.026062.112
- Vogel, E., McCollough, A. & Machizawa, M. (2005). Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. *Nature*, *438*(24), 500-503. doi: 10.1038/nature04171
- Zanto, T., Pan, P., Liu, H., Bollinger, J., Nobre, A. & Gazzaley, A. (2011). Age-related changes in orienting attention in time. *The Journal of Neuroscience*, *31*(35), 12461-12470. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1149-11.2011
- Ziegler, D., Janowich, J. & Gazzaley, A. (2018). Differential impact of interference on internally- and externally- directed attention. *Scientific reports*, *8*(2498), 1-10. doi: 10.1038/s41598-018-20498-8