



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA MEMORIA DE
TRABAJO PARA RECORDAR INFORMACIÓN ESPACIAL Y
TEMPORAL MEDIANTE MECANISMOS DE ORIENTACIÓN
INTERNA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN
PSICOLOGÍA

P R E S E N T A :

PABLO ARTURO NOGUEIRA ISLAS

DIRECTORA: DRA. SELENE CANSINO ORTIZ
REVISOR: DR. RODOLFO BERNAL GAMBOA
SINODALES: DR. JULIO ESPINOSA RODRÍGUEZ
DR. ANTONIO ZAINOS ROSALES
DRA. KIRARESSET BARRERA GARCÍA



**Facultad
de Psicología**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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).

You are what you dare.

(Eres aquello que te atreves a ser.)

Didact – Halo Cryptum.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autonomía de México por aceptarme en sus filas, y ser el escenario de cinco de los mejores años de mi vida.

A la doctora Selene Cansino por aceptarme como parte del laboratorio de Neurocognición, y proveerme de las herramientas necesarias para llevar a cabo una investigación de calidad, así como la guía para utilizarlas.

A la doctora Kirareset Barrera sin cuyo apoyo no hubiera podido cursar las materias necesarias para formarme en las ciencias del comportamiento y las neurociencias.

A Cesar, Yoali, Ulises y Jacqueline por ser el mejor equipo que puede existir, por estar siempre que necesitaba apoyo y guía para mi investigación y hacer de mi paso por el laboratorio de Neurocognición lo más divertido que hice durante la carrera.

A los profesores del sistema escolarizado que me aceptaron en sus clases y me mostraron lo hermosa que puede ser la psicología; Alicia Roca, quien me enseñó la belleza y pragmatismo del conductismo, Antonio Zainos quien, ayudó a reafirmar mi amor por las neurociencias, y a Arturo Bouzas y Eugenio Tovar quienes me mostraron cómo combinar mi pasión por la ciencia computacional y el análisis matemático con la psicología.

A Angelina por ser un sostén a mi cordura, aun estando lejos. No sé a donde habría terminado de no ser por las sandías.

A Josafat por alentarme toda la vida, pero en especial a cursar la carrera de Psicología.

A Carla por sonsacarme para tomar las clases en escolarizado y ayudarme a encontrar los mejores profesores y no menos importante, por ser mi amiga y poder hablar con ella de una manera que solo es posible entre nosotros dos.

A Tere por su amistad. Tu hombro y sus consejos que me han ayudado a ser mejor persona. ¡Cómo me alegra haber perdido el sombrero que nos unió!

A mi amigo Mario Mutschlechner por enseñarme que, en la adversidad, la grandeza se alcanza teniendo el valor de seguir en la lucha.

A Julián por estar a mí lado desde hace tantos Años.

A Alexandra Elbakyan por su esfuerzo para acercar el conocimiento a todos los investigadores del mundo y por marcar la pauta para que el libre acceso a la información sea la norma y no la excepción.

DEDICATORIAS

A mis padres quienes al traerme al mundo me dieron la oportunidad de experimentar esto tan maravilloso que llamamos vida. Por apoyarme siempre y dar lo mejor para que yo pudiera estar bien. Por ser pacientes en extremo con un hijo que les ha dado miles de dolores de cabeza y espero que la misma cantidad de alegrías. Por ser las personas que se que nunca me abandonarán.

A mis hermanos sin quienes no habría entendido nunca el valor de compartir y ser parte de una familia. Por quererme tanto, aunque no siempre he sido el mejor de los hermanos y por darme una perspectiva crítica y severa sin la que no podría haber crecido como persona tanto como lo he hecho.

A mis todas mis tías tanto Nogueira como Islas, quienes cada una a su manera me han guiado y apoyado a lo largo de todos estos años. Tengo la fortuna de pertenecer a una maravillosa familia que nunca ha escatimado en el apoyo y el cariño que me procuran incluso cuando no están físicamente conmigo.

A mi Yali quien llegó hace solo un año a mi vida, pero hecho más que provocar que mi alegría de vivir crezca cada día. Eres un maravilloso ser humano lleno de talento y nobleza. Tu corazón de oro te llevará lejos en la vida, espero que realices ese viaje junto conmigo.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. MEMORIA DE TRABAJO	2
1.1 Definición	2
1.2 Modelos de memoria de trabajo	3
1.2.1 Modelo Multicomponente de Baddeley	3
1.2.2 Modelo de atención de la memoria de trabajo	4
1.3 Bases Biológicas de la Memoria de Trabajo	5
1.3.1 Corteza Prefrontal	5
1.3.2 Corteza parietal	6
1.3.3 Núcleo Estriado	7
1.3.4 Lóbulo Temporal medial	7
1.3.5 Cerebelo	8
1.3.6 cortezas sensoriales	8
2. INTERFERENCIA Y MECANISMOS DE CONTROL DE LA INTERFERENCIA	9
2.1 Interferencia	9
2.2 Control de la interferencia	10
2.3.1 Estudios previos sobre mecanismos de orientación en memoria de trabajo espacial	11
2.3.2 Estudios previos sobre mecanismos de orientación en memoria de trabajo temporal.	13
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. MÉTODO	16
4.1 Preguntas de investigación	16
4.2 Hipótesis	16
4.3 Variables	16

4.3.1 Variables independientes	16
4.3.2 Variables dependientes	16
4.4 Participantes	17
4.5 Aparatos e instrumentos	17
4.6 Estímulos	17
4.7 Procedimiento	17
4.8 Tarea de memoria de trabajo	18
4.9. Análisis De Datos	20
5. RESULTADOS	20
5.1. Porcentajes de Aciertos	20
5.2. Tiempos de Reacción	23
6. DISCUSIÓN	26
7. CONCLUSIÓN Y LIMITACIONES	32
7.1 Conclusión	32
7.2 Limitaciones y sugerencias	32
REFERENCIAS	33

Resumen

La memoria de trabajo manipula información con el fin de realizar procesos complejos como el aprendizaje, el razonamiento y la toma de decisiones. Existen mecanismos que optimizan el desempeño de la memoria de trabajo, como el mecanismo de supresión que consiste en detener el procesamiento de información irrelevante una vez que ésta ha ingresado en la memoria de trabajo. Este mecanismo también se conoce como orientación interna, ya que la supresión de información irrelevante presupone a la vez la selección de información relevante para lograr los objetivos de la tarea de memoria de trabajo en curso. La mayoría de los estudios previos han estudiado estos mecanismos para información espacial y pocos para información temporal. En el presente estudio se analizó la eficiencia de los mecanismos de orientación interna para recordar el estímulo que se presentó en una ubicación determinada (espacial) o el estímulo que se presentó en un orden determinado (temporal). Los mecanismos de orientación interna se indujeron a través de una clave que se presentó después de los estímulos que indicaba cuál era la posición espacial o el orden del estímulo relevante que el participante debía recordar en cada ensayo. Los resultados revelaron que tanto los porcentajes de respuestas correctas como los tiempos de reacción no difirieron entre los contextos espacial y temporal. Lo que indica que la memoria de trabajo utiliza los mecanismos de orientación interna de manera equivalente para recuperar el momento y el lugar en el que se presentan los eventos.

Palabras clave: memoria de trabajo, supresión, orientación interna, inhibición, control de la interferencia

1. Memoria de Trabajo

1.1 Definición

La memoria de trabajo es el proceso cognitivo que está involucrado en el almacenamiento temporal de la información, y en su manipulación y transformación con el fin de llevar a cabo procesos complejos, como la de toma de decisiones, el aprendizaje y el control de la conducta (Baddeley, 2000). Así mismo, la memoria de trabajo es el resultado de la interacción entre varios procesos neurocognitivos, incluidos la atención, la prospección y las representaciones almacenadas en la memoria a largo plazo; su contenido puede incluir representaciones de cualquier tipo, como pueden ser de carácter visual, espacial, verbal o auditivo (Eriksson, Vogel, Lansner, Bergström & Nyberg, 2015).

La memoria de trabajo es limitada tanto en duración como en capacidad. En cuanto a la duración se observa que en contraste con la memoria a largo plazo que puede almacenar la información indefinidamente e involucra cambios a nivel estructural en el cerebro (Dudai, 2004), la memoria de trabajo solo dura unos cuantos segundos, es un fenómeno de naturaleza transitoria que no involucra cambios estructurales en el cerebro como ocurre en la memoria a largo plazo (Barak & Tsodyks, 2014; Eriksson et al., 2015). En cuanto a las limitaciones de su capacidad, en la década de los 50s, Miller fue el primero en abordar este punto en su famoso artículo "*The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information*" (Miller, 1956), en él expone que el desempeño de los adultos para recordar elementos de una lista disminuye a medida que se incrementa el número de estímulos a recordar. Aunque Miller estimó en este artículo seminal que la capacidad de la memoria de trabajo era de alrededor de siete elementos, actualmente se considera que en adultos jóvenes, ésta es de entre tres y cuatro elementos simples (Luck & Vogel, 1997).

Existen diferencias entre la capacidad de la memoria de trabajo cuando ésta se compara entre individuos (Eriksson et al., 2015), estas diferencias son estables a través del tiempo y parecen ser una característica cognitiva de la persona (Kane & Engle, 2002). La capacidad de la memoria de trabajo es un predictor confiable del desempeño en tareas que requieren de inteligencia fluida y de razonamiento abstracto (Cowan et al., 2005; Daneman & Carpenter, 1980; Unsworth, Fukuda, Awh, & Vogel, 2014). Como prueba de esto, se han encontrado correlatos entre la capacidad de la memoria de trabajo y los resultados obtenidos en el aprendizaje numérico (Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004) y en la comprensión del lenguaje oral (Daneman & Merikle, 1996) y escrito (Daneman & Carpenter, 1980). Así mismo, numerosos estudios han encontrado una relación entre la capacidad de la memoria de trabajo y el desempeño académico (T. Alloway & R. Alloway, 2010; Maehler & Schuchardt, 2016) y la g de Spearman (Conway, Kane, & Engle, 2003).

1.2 Modelos de memoria de trabajo

1.2.1 Modelo Multicomponente de Baddeley

Durante muchos años, el modelo más influyente de memoria de trabajo ha sido el modelo multicomponente de Baddeley y Hitch (1974), que en un inicio constaba de tres componentes, los dos primeros son: el bucle fonológico, que almacena y manipula información de naturaleza verbal, y la agenda visoespacial que alberga información visoespacial. Por último, el tercer componente es el ejecutivo central que es un sistema de control de la atención de capacidad limitada (Baddeley, 2006). Sus funciones incluyen el mantenimiento de la información almacenada en los otros dos componentes, el control de la atención selectiva, la inhibición y el cambio entre tareas o estrategias de recuperación (Wongupparaj, Kumari, & Morris, 2015). Posteriormente este modelo se amplió para incluir un cuarto componente al que se denominó

buffer episódico, el cual es un almacén multimodal de capacidad limitada que tiene la capacidad de integrar la información que se encuentra en la agenda visoespacial y en el bucle fonológico en una representación y enlazarla con un orden temporal. Se considera que este almacén está controlado de igual manera por el ejecutivo central (Baddeley, 2000).

1.2.2 Modelo de atención de la memoria de trabajo

Recientemente, ha surgido una perspectiva diferente que considera a la atención como un elemento que está intrínsecamente ligado a la memoria de trabajo (Gazzaley & Nobre, 2012). Por ejemplo, Ericsson y Kintsch (1995) argumentan en contra de los modelos tradicionales de memoria de trabajo con base en sus estudios sobre comprensión lectora y procesos expertos como el cálculo mental, el diagnóstico médico y el ajedrez. Además, Cowan (2001), quien es uno de los principales proponentes de esta perspectiva, considera que la memoria de trabajo no está separada de la memoria a largo plazo, sino que es parte de ésta. El modelo propuesto por él, conocido como modelo de atención de la memoria de trabajo, consta de dos elementos, el primero consiste en las representaciones almacenadas en la memoria a largo plazo activas en un momento determinado; en teoría no habría un límite en cuanto al número de estas representaciones. Al segundo y principal elemento, lo denominó foco de atención. Cowan (1999; 2001) asumió que este elemento es de capacidad limitada y que puede manejar o mantener hasta cuatro elementos o “pedazos” de información activos y accesibles para ser procesados. Oberauer (2002) adicionó al modelo de Cowan, un tercer componente que solamente mantiene un elemento de información a la vez.

Tanto Cowan como Oberauer resaltan la importancia del mantenimiento de la atención para la memoria de trabajo. Existen estudios que apoyan esta postura. Fukuda y Vogel encontraron que los participantes de su estudio con métodos psicofísicos y electrofisiológicos

que tenían un mejor desempeño en las tareas de memoria de trabajo eran capaces de reorientar la atención a los estímulos relevantes para dicha tarea después de ser expuestos a un distractor que aquellos que tenían un desempeño inferior. Así mismo, Adam, Mance, Fukuda y Vogel (2015) encontraron en un experimento mediante electroencefalografía (EEG) que consistía en realizar una tarea de memoria de trabajo verbal diseñada para distinguir el nivel de atención que prestaban los participantes, que el número de elementos recordados de manera correcta aumentaba de manera proporcional al aumento de la actividad registrada por el EEG asociada al mantenimiento de la atención.

1.3 Bases Biológicas de la Memoria de Trabajo.

Actualmente existen abundantes datos sobre el sustrato neurológico de la memoria de trabajo y se ha encontrado que ésta resulta de la interacción de varias regiones cerebrales (Eriksson et al., 2015), entre las que destacan la corteza prefrontal, la corteza parietal, el núcleo estriado, el lóbulo temporal medial (Gazzaley, Rissman & D'esposito, 2004) y el cerebelo (Coull & Nobre, 1998. Charlton, Barrick, Lawes, Markus y Morris (2010) encontraron que la integridad de la materia blanca de las vías que conectan las cortezas prefrontal, parietal y temporal se correlaciona con el desempeño en la memoria de trabajo. Las regiones específicas involucradas dependen de varios factores, incluyendo el tipo de información a almacenar y el tipo de tarea (Eriksson et al., 2015).

1.3.1 Corteza Prefrontal

Comúnmente la corteza prefrontal (CPF) se asocia con procesos ejecutivos (D'Esposito & Postle, 1999), y la memoria de trabajo, en particular, se asocia con el ejecutivo central en el modelo de Baddeley (Baddeley, Della Sala, Papagno, & Spinnler, 1997). El primero en sugerir la relación de esta área con la memoria de trabajo fue Jacobsen (1936), quien basado en un estudio

con monos encontró que una lesión bilateral de la CPF impedía que los sujetos realizaran tareas de respuesta demorada. Courtney, Ungerleider, Keil y Haxby, (1997) demostraron mediante un estudio con resonancia magnética funcional la presencia de actividad en la corteza prefrontal durante el periodo de demora en tareas de memoria de trabajo. Posteriormente, D'Esposito y Postle (1999) encontraron mediante una revisión de la literatura sobre estudios en monos y humanos, evidencia que respalda los hallazgos de Jacobsen (1936) y Courtney et al. (1997).

Además, se ha encontrado que existe especificidad regional, por ejemplo, la CPF ventral izquierda está involucrada en las tareas de tipo verbal, mientras que la CPF dorsal derecha está relacionada con tareas de tipo espacial (Nee et al., 2013; Owen, McMillan, Laird & Bullmore, 2005; Wager & Smith, 2003). También se encontró que las tareas que involucran la actualización y ordenamiento del contenido de la memoria de trabajo involucran mayormente a la CPF dorsolateral (Wager & Smith, 2003).

1.3.2 Corteza parietal

La corteza parietal está fuertemente asociada al funcionamiento de la memoria de trabajo (Eriksson et al., 2015). Diversos estudios han asociado esta región con los aspectos ejecutivos de este sistema, en particular, con el control de la atención. (Collette et al., 2005; Koenigs, Barbey, Postle, & Grafman, 2009). Vogel y Machizawa (2004) encontraron que la actividad de la corteza parietal aumenta cuando se incrementa el número de elementos a recordar, y se estabiliza cuando llega al tope de 3 a 4 elementos. Al igual que en la CPF, se observa lateralización en la corteza parietal; las lesiones en la corteza parietal derecha impiden el adecuado funcionamiento de la memoria de trabajo espacial, mientras que una lesión en el área equivalente del lado izquierdo no tiene este efecto (Koenigs et al., 2009). La corteza parietal también está involucrada en la

orientación de la atención hacia información temporal, específicamente se ha observado actividad en el surco intra parietal (Coull & Nobre, 1998).

1.3.3 Núcleo Estriado

Existen estudios en seres humanos que indican la participación del núcleo estriado en los procesos de la memoria de trabajo. Numerosos modelos computacionales incluyen este núcleo y se considera que actúa como mecanismo de entrada que controla cuando una representación en la CPF debe mantenerse o actualizarse (O'Reilly, 2006). Cools y D'Esposito (2011) observaron que los individuos con una menor capacidad de memoria de trabajo tienen una menor capacidad para ignorar la información distractora que los individuos con una alta capacidad de memoria de trabajo, e hipotetizaron que las regiones fronto-estriadas y los mecanismos dopaminérgicos asociados influyen en la capacidad limitada de la memoria de trabajo.

1.3.4 Lóbulo Temporal medial

Axmacher et al. (2007) encontraron evidencia mediante un estudio con resonancia magnética funcional y EEG de que existe actividad en el lóbulo temporal medial asociada con la memoria de trabajo. Estos autores sugirieron que esta área es necesaria para las tareas que requieren de *binding* y procesamiento relacional. Así mismo, Olson, Page, Moore, Chatterjee y Verfaellie, (2006) encontraron que pacientes con una lesión bilateral del lóbulo temporal medial ejecutaban correctamente una tarea que requería del mantenimiento de objetos o locaciones espaciales durante un periodo de demora de ocho segundos, pero no podían mantener una conjunción de tipo objeto-localización espacial. Específicamente, parece ser que el hipocampo es crucial para esta función de conjunción.

1.3.5 Cerebelo

Aunque comúnmente se asocia al cerebelo con funciones de carácter motor, existe evidencia de que también está asociado con aspectos cognitivos de orden mayor como el mantenimiento de la atención (Gottwald, Mihajlovic, Wilde & Mehdorn, 2003). Coull y Nobre (1998) encontraron evidencia mediante tomografía por emisión de positrones de que esta área se activa de manera bilateral cuando se realizan tareas de memoria de trabajo de contexto espacial y del lado derecho cuando se realizan tareas de contexto temporal.

1.3.6 cortezas sensoriales

Actualmente se considera que las mismas áreas dedicadas al procesamiento sensorial almacenan información durante los periodos de memoria y tareas de memoria de trabajo (Eriksson et al., 2015). Por ejemplo, Owen, Morris, Sahakian, Polkey y Robbins (1996), encontraron que las lesiones de la corteza temporal afectan a la memoria de trabajo visual pero no a la memoria de trabajo espacial. Mientras que Pisella, Berberovic y Mattingley (2004) encontraron que ocurría lo contrario en pacientes con lesiones en el lóbulo parietal. Así mismo, Ranganath, Cohen, Dam, y D'Esposito (2004) encontraron que la presentación de diferentes estímulos categóricos inducía la activación en varias regiones de la corteza visual ventral.

2. Interferencia y mecanismos de control de la interferencia

2.1 Interferencia

Existen varias hipótesis que intentan explicar la naturaleza limitada de la memoria de trabajo. El presente estudio parte de los planteamientos de las teorías de interferencia, las cuales han tenido éxito en explicar las limitaciones de la atención en la memoria de trabajo, en particular, cuando se las compara con las teorías de decaimiento (Farrel et al., 2016; Oberauer & Lewandowsky, 2014). Estas últimas establecen que el contenido de la memoria de trabajo decae con el tiempo a menos de que exista un ensayo continuo (Brown, 1958). Una hipótesis planteada por las teorías de interferencia es que los nuevos estímulos que entran a la memoria de trabajo reemplazan progresivamente a los anteriores (Nairne, 1990; Oberauer & Kliegl, 2006; Oberauer, Farrel, Jarrold, Pasiiecznik, & Greaves, 2012). Otra propuesta es la de la competencia en la recuperación donde la proximidad entre las representaciones hace que éstas compitan en el momento de la recuperación (Crowder, 1976; Oberauer et al., 2012; Surprenant & Neath, 2013). Una tercera es la de la distorsión de las representaciones por super posición ya que las representaciones se vuelven difusas cuando más elementos se agregan a la memoria de trabajo (Lewandowsky & Farrell, 2008; Oberauer et al., 2012; Rumelhart & McClelland, 1986). Esto último es respaldado por estudios sobre la interferencia en tareas de memoria de trabajo visual (Oberauer & Lin, 2017) y por modelos como el de van den Berg y Ma (2018), quienes basándose en la propuesta de Griffiths, Lieder y Goodman (2015) exploraron la hipótesis de que la calidad de la representación de los estímulos almacenados en la memoria de trabajo guarda una relación inversamente proporcional al número de estímulos almacenados, posiblemente como resultado de un aumento de la energía utilizada por el cerebro para mantener dichas representaciones. Además, supone que las tareas de memoria de trabajo en el dominio temporal

están sujetas a restricciones similares a las del contexto espacial, y que emplean los mismos mecanismos para dirigir la atención hacia la información relevante (Griffiths, Lieder, & Goodman, 2015).

2.2 Control de la interferencia

Tanto los modelos revisados como la evidencia neurológica ponen de manifiesto que la capacidad de dirigir la atención es crucial para hacer un uso eficiente de los recursos limitados de la memoria de trabajo. Por esto, son necesarios mecanismos que dirijan la atención hacia las representaciones que son relevantes para una tarea, mientras se suprime o inhibe el procesamiento de los estímulos que resultan irrelevantes (Cowan, 1995; Hasher & Zacks, 1988; Oberauer, 2001).

A los mecanismos encargados de orientar la atención en la memoria de trabajo se les conoce como mecanismos de control de interferencia. Según Hasher, Zacks y May (1999), existen tres métodos de control de la interferencia, el acceso, la supresión y la restricción. De éstos, únicamente los primeros dos influyen en la memoria de trabajo. El primero se encarga de dirigir la atención hacia los estímulos del ambiente que son relevantes para la tarea y de esta manera evitar que sean codificados aquellos que no lo son. El segundo se encarga de detener el procesamiento de los estímulos que no son relevantes para la tarea una vez que éstos ya han sido codificados en la memoria de trabajo. El dirigir la atención hacia estímulos relevantes en el ambiente o a representaciones internas en la memoria también recibe el nombre de mecanismos de orientación externa e interna, respectivamente (Cansino, Guzzon, Martinelli, Barollo & Casco, 2011; Cansino et al., 2013).

Aunque se sabe que la orientación externa es más efectiva que la orientación interna para dirigir la atención y de esta manera mejorar el desempeño en tareas de memoria de trabajo,

ambos mecanismos son importantes para este tipo de memoria. Varios autores (Cansino et al. 2011; 2013; Dumas & Hartman, 2008; Griffin & Nobre, 2003; Nee & Jonides, 2008; 2009; Sligte, Scholte & Lamme, 2008) han proporcionado a los participantes una clave posterior a la codificación de los estímulos con el objetivo de inducir los mecanismos de orientación interna, y en ellos se ha observado que el desempeño de los participantes es significativamente mejor que cuando no se utilizaba ningún tipo de clave que oriente la atención hacia los estímulos relevantes.

2.3.1 Estudios previos sobre mecanismos de orientación en memoria de trabajo espacial.

Numerosos estudios (Cansino et al., 2011; Oberauer, 2001, 2005; Palladino, Mammarella, & Vecchi, 2003; Zacks, Radvansky, & Hasher, 1996) han investigado los mecanismos de orientación de la atención en la memoria de trabajo. Uno de ellos (Cansino et al., 2011) utilizó una tarea de memoria de trabajo visoespacial para examinar a adultos jóvenes y mayores. En la tarea emplearon estímulos Gabor ordenados en círculos (estímulos test). En cada ensayo se presentaban dos de estos círculos de manera secuencial en los que faltaban algunos elementos Gabor, en seguida era presentado el estímulo prueba al que le faltaba un solo elemento Gabor. Los participantes tenían que indicar si el elemento Gabor faltante en el estímulo prueba correspondía con una posición vacía en alguno de los círculos presentados previamente. Mediante esta tarea se analizaron los mecanismos de acceso y supresión contra y sus respectivas condiciones control. Para examinar los mecanismos de acceso u orientación externa se presentaban dos círculos pequeños simultáneamente antes de presentar los círculos conformados de estímulos Gabor, uno de ellos en color negro para indicar cuál era el estímulo relevante en el ensayo y otro en color blanco. Si el estímulo de la izquierda era negro, el primer estímulo test era el relevante y si era el de la derecha, entonces el segundo estímulo test era el relevante. Solo los

espacios vacíos del estímulo relevante debían compararse con el estímulo prueba. La misma clave se utilizó para examinar el mecanismo de supresión (orientación interna) con la variante de que ésta se presentaba después de los estímulos test; mediante este procedimiento se inducen los mecanismos de orientación interna, necesarios para responder a la tarea. En las condiciones control, ambos círculos eran blancos, lo que indicaba que el participante debía comparar los espacios vacíos de ambos estímulos test con el estímulo prueba. En este estudio se observó que el desempeño en la tarea era superior cuando se utilizaba el mecanismo de orientación externa que cuando se utilizaba el de orientación interna.

Otros estudios (Dumas & Hartman, 2008; Nee & Jonides, 2008; 2009) han utilizado este mismo procedimiento de presentar la clave antes o después de la presentación de los estímulos test para explorar los mecanismos de orientación externa e interna, respectivamente, pero lo han hecho para información verbal, utilizando palabras presentadas en diferentes colores para indicar cuáles serán o fueron las palabras relevantes en cada ensayo. Palladino et al. (2003, Experimento 1) empleó matrices para explorar el recuerdo espacial y palabras para examinar el recuerdo de información verbal, mientras que la memoria de trabajo operaba mediante mecanismos de orientación interna. A los participantes se les presentaba un total de 18 matrices de 5 x 5, seis por cada condición experimental, dichas condiciones contemplaban una de línea base, una de interferencia con la presentación de una clave antes de la codificación para evaluar el mecanismo de orientación externa, y una de interferencia con una clave en la fase de mantenimiento para examinar el mecanismo de orientación interna. Los cuadrantes de las matrices que debían recordar los participantes se mostraban con un fondo negro en la condición de línea base, mientras que, durante las condiciones de interferencia, las posiciones relevantes y no relevantes se mostraban en rojo y en verde. El color indicaba las posiciones en la matriz que debería

recordar el participante. Las matrices se presentaban durante 10 seg y se removían. En la condición de interferencia durante la codificación el color de las posiciones relevantes se indicaba cuando se presentaba la matriz y en la condición de interferencia en el mantenimiento el color se presentaba después de que la matriz había sido removida. Después de 10 seg de haber desaparecido la matriz, los participantes debían señalar en una matriz en blanco las posiciones relevantes. De manera interesante, este experimento encontró que los participantes siempre tenían un menor desempeño durante la condición de orientación interna en comparación con las condiciones de línea base y orientación externa, y que siempre tenían un mejor desempeño durante la condición de orientación externa en comparación con la de línea base.

2.3.2 Estudios previos sobre mecanismos de orientación en memoria de trabajo temporal.

La investigación sobre la orientación de la atención en la memoria de trabajo se ha centrado principalmente en información verbal y espacial, y poco se ha hecho en cuanto a información temporal. Coull y Nobre (1998) sugirieron que la orientación de la atención en el tiempo concierne a cuándo se, utiliza la información acerca de intervalos temporales para dirigir la atención a un punto particular en el tiempo en el que se espera la ocurrencia de un evento. En el experimento 2 del estudio (Palladino et al., 2003) descrito, los participantes debían recordar la secuencia o el orden en que se habían presentado las posiciones en las matrices a través de señalar las posiciones en el orden original. Se encontraron resultados similares a los del experimento espacial: el desempeño en la condición de orientación interna fue menor que en la condición de línea base y en el de orientación externa fue mejor que en las otras dos condiciones.

Coull y Nobre (1998) realizaron un estudio en el que recabaron información conductual y de actividad cerebral mediante resonancia magnética funcional y tomografía por emisión de positrones. En este estudio compararon el recuerdo de información espacial y temporal durante

los mecanismos de orientación externa. La clave utilizada consistía en un estímulo compuesto por dos círculos concéntricos y un rombo. En la condición espacial se les presentó a los participantes una clave que indicaba la posición (izquierda o derecha) donde aparecería un estímulo y posteriormente debían reportar si la indicación de la clave coincidía con la posición donde había aparecido el estímulo. En la condición temporal se utilizaban círculos concéntricos, el de menor tamaño indicaba una latencia entre la presentación de la clave y el estímulo prueba de 300 mseg, mientras que el círculo de mayor tamaño indicaba una latencia de 1500 mseg. En esta condición temporal los participantes debían reportar si el estímulo de 50 mseg de duración había aparecido después del intervalo indicado por la clave. Además, había una condición en la que ambos tipos de clave (espacial y temporal) se presentaban combinadas. Así como, una condición neutra en la que la clave no brindaba ninguna información sobre la presentación del estímulo. Para evaluar el desempeño de los participantes se registraron los tiempos de reacción en cada ensayo. En este estudio se encontró que los tiempos de reacción eran más rápidos en los ensayos en los que la clave no brindaba ninguna información, esto contrasta con los experimentos de Palladino et al. (2003) en los que se observó un desempeño superior en las condiciones de línea base en comparación con las de orientación externa. También se encontró que cuando las claves espaciales, temporales o espaciotemporales brindaban correctamente información sobre la presentación del estímulo, los tiempos de reacción eran más rápidos que cuando las claves indicaban información incorrecta.

3. Justificación

Los mecanismos de orientación interna se han estudiado principalmente cuando la memoria de trabajo debe procesar información espacial (Cansino et al., 2011, 2013; Cansino, Guzzon, & Casco, 2013; Oberauer, 2001, 2005; Palladino et al., 2003; Zacks et al., 1996), y rara vez cuando la tarea demanda el recuerdo de información temporal (Brown, 1997; Coull & Nobre, 1998; Palladino et al., 2003). Por ello, el presente estudio tiene por objetivo comprobar si el desempeño en una tarea de memoria de trabajo es equivalente para información espacial y temporal cuando ésta debe ser procesada mediante mecanismos de orientación interna como en los estudios descritos. Para este estudio se empleará una tarea de memoria de trabajo en la que la clave que indicará el estímulo relevante en cada ensayo se presentará después de que se hayan presentado los estímulos test con el propósito de inducir los mecanismos de orientación interna.

4. Método

4.1 Preguntas de investigación

¿El porcentaje de respuestas correctas en una tarea de memoria de trabajo y los tiempos de reacción diferirán cuando la información a recordar mediante mecanismos de orientación interna es espacial en comparación de cuando es temporal?

4.2 Hipótesis

- El porcentaje de respuestas correctas diferirá significativamente entre el recuerdo de información espacial y temporal mediante mecanismos de orientación interna.
- Los tiempos de reacción en las respuestas correctas diferirán significativamente entre el recuerdo de información espacial y temporal mediante mecanismos de orientación interna.

4.3 Variables

4.3.1 Variables independientes

1. Información espacial. El participante deberá recordar el estímulo que se presentó en el lugar indicado por la clave.
2. Información temporal. El participante deberá recordar el estímulo que se presentó en el orden indicado por la clave.

4.3.2 Variables dependientes

1. Porcentaje de respuestas correctas.
2. Tiempos de reacción durante las respuestas correctas medidos en milisegundos a partir de la presentación del estímulo prueba.

4.4 Participantes

Participaron voluntariamente treinta adultos entre 21 y 30 años de edad (15 mujeres y 15 hombres) con una edad promedio de 24.2 ± 2.1 años (Media \pm DE) y una escolaridad promedio de 16.5 ± 1.2 años. Los criterios de inclusión fueron: visión normal o corregida a la normal medida mediante la carta de Snellen y mínimo 12 años de escolaridad. Los criterios de exclusión fueron: consumo de drogas o alcohol, padecer de alguna condición neurológica o psiquiátrica y consumo de medicamentos que afecten el funcionamiento del sistema nervioso durante los seis meses anteriores a su participación en el estudio.

4.5 Aparatos e instrumentos

Se utilizó una computadora con un monitor LCD de 17 pulgadas y dos cajas de respuesta, cada una con un botón. El experimento fue controlado mediante el software E-prime Versión 2.0 de Psychology Software Tools.

4.6 Estímulos

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

4.7 Procedimiento

Cada participante asistió a dos sesiones, en la primera se evaluó su agudeza visual mediante la carta de Snellen y se les entrevistó con el fin de determinar si cumplía con los criterios para participar en el estudio. En la segunda sesión los participantes realizaron la tarea de memoria de trabajo. La sesión experimental se llevó a cabo en una cámara sonoamortiguada con iluminación tenue. Los participantes se sentaron en un sillón y el monitor se colocó frente a ellos a una distancia de 70 centímetros. Las cajas de respuesta se colocaron en los brazos del sillón al alcance del dedo índice de cada mano. La caja de respuesta asignada para emitir los dos tipos de respuesta se contrabalanceó entre los participantes. Después de dar las instrucciones a los

participantes sobre cómo realizar la tarea, éstos realizaron una breve versión de la tarea como práctica con el fin asegurarse de que habían comprendido el procedimiento. A continuación, realizaron la tarea experimental.

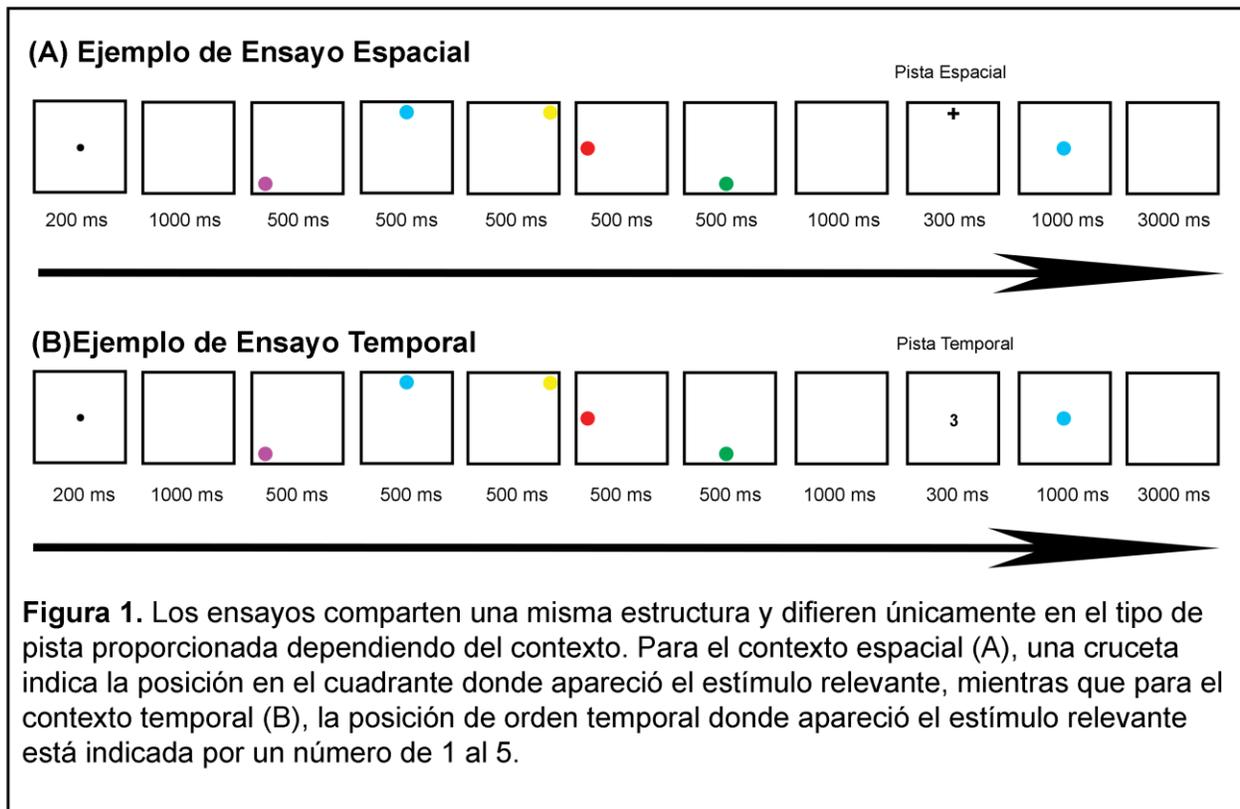
4.8 Tarea de memoria de trabajo

Con el fin de asegurar que la diferencia o falta de esta observada en los datos entre las condiciones espacial y temporal se deba únicamente a qué tipo de información es recuperada para utilizarla cuando se compara el estímulo relevante con el estímulo prueba, los ensayos para ambos contextos comparten una misma estructura básica. Esta estructura y sus diferencias se describen a continuación y se ejemplifican en la figura 1.

Cada ensayo comenzó con la presentación de un punto de fijación en el centro de la pantalla por 200 ms (ángulo visual de 0.6°), posteriormente la pantalla permaneció en blanco por 1000 mseg. En seguida se presentaron de manera secuencial durante 500 mseg cinco círculos como estímulos test (ángulo visual de 0.82°). Cada círculo se presentó al azar en una de 35 posibles posiciones de una matriz imaginaria de 6 x 6. La posición central estaba reservada para el punto de fijación, el estímulo prueba y la pista temporal. Sólo los límites externos de la matriz se mostraron mediante un marco negro de 6 x 6 cm (ángulo visual horizontal y vertical de 4.91°). Después de un periodo de 1000 mseg en que la pantalla permaneció en blanco, se proyectó en los ensayos en los que se examinó información espacial, una cruz como clave durante 300 mseg al azar en alguna de las posiciones en que se presentó uno de los estímulos test (Figura 1). En los ensayos en que se examinó información temporal, se presentó un número del 1 al 5 al centro de la matriz como clave por 300 mseg. La cruz indicaba la posición del estímulo test relevante en ese ensayo en particular y el número, indicaba el orden en que apareció el estímulo test relevante. La pantalla permaneció en blanco los siguientes 1000 mseg y

posteriormente apareció el estímulo prueba por 1000 mseg (ángulo visual de 0.82°). El participante contaba con un periodo de 4000 mseg a partir del inicio de la presentación del estímulo prueba (Figura 2). La tarea consistía en indicar si el estímulo prueba era igual o no al estímulo relevante de ese ensayo en particular.

Se llevaron a cabo 72 ensayos en los que se examinó el recuerdo de información espacial y 72 en los que se evaluó el recuerdo de información temporal. En la mitad de cada uno de estos tipos de ensayo el estímulo prueba era igual al estímulo relevante, mientras que en la otra mitad era diferente. Los diferentes tipos de ensayos se presentaron al azar.



4.9. Análisis de datos

Los porcentajes de respuestas correctas en el contexto espacial y temporal, así como los tiempos de reacción en estas respuestas, se analizaron por separado mediante una prueba t Bayesiana para muestras repetidas, utilizando el paquete estadístico JASP (JASP Team, 2018).

5. Resultados

5.1. Porcentajes de Aciertos

El análisis del porcentaje de aciertos en el contexto temporal y espacial mediante la prueba t bayesiana para medidas repetidas arrojó un valor de $BF_{01} = 4.31$ a favor de H_0 , y un valor de $BF_{10} = 0.23$ a favor de H_1 , lo que indica que los datos son aproximadamente 4.3 veces más probables de ser observados bajo H_0 que bajo H_1 . Esto revela una evidencia moderada en favor de H_0 y anecdótica en favor de H_1 , según el criterio de Wagenmakers et al. (2018), los resultados se muestran en la Figura 2. Por lo tanto, no existen diferencias significativas en los porcentajes de aciertos entre los contextos espacial y temporal cuando se utilizan mecanismos de orientación interna. El porcentaje de error para este análisis fue de 0.005%, lo que indica una gran estabilidad del algoritmo numérico utilizado para obtener el resultado. La Figura 3A Muestra a BF_{01} como una función de la amplitud de la distribución previa $r = 0.707$. El factor de Bayes se mantiene relativamente estable a lo largo de un amplio rango de amplitudes, que varían de 4 hasta 8 (Figura 3B).

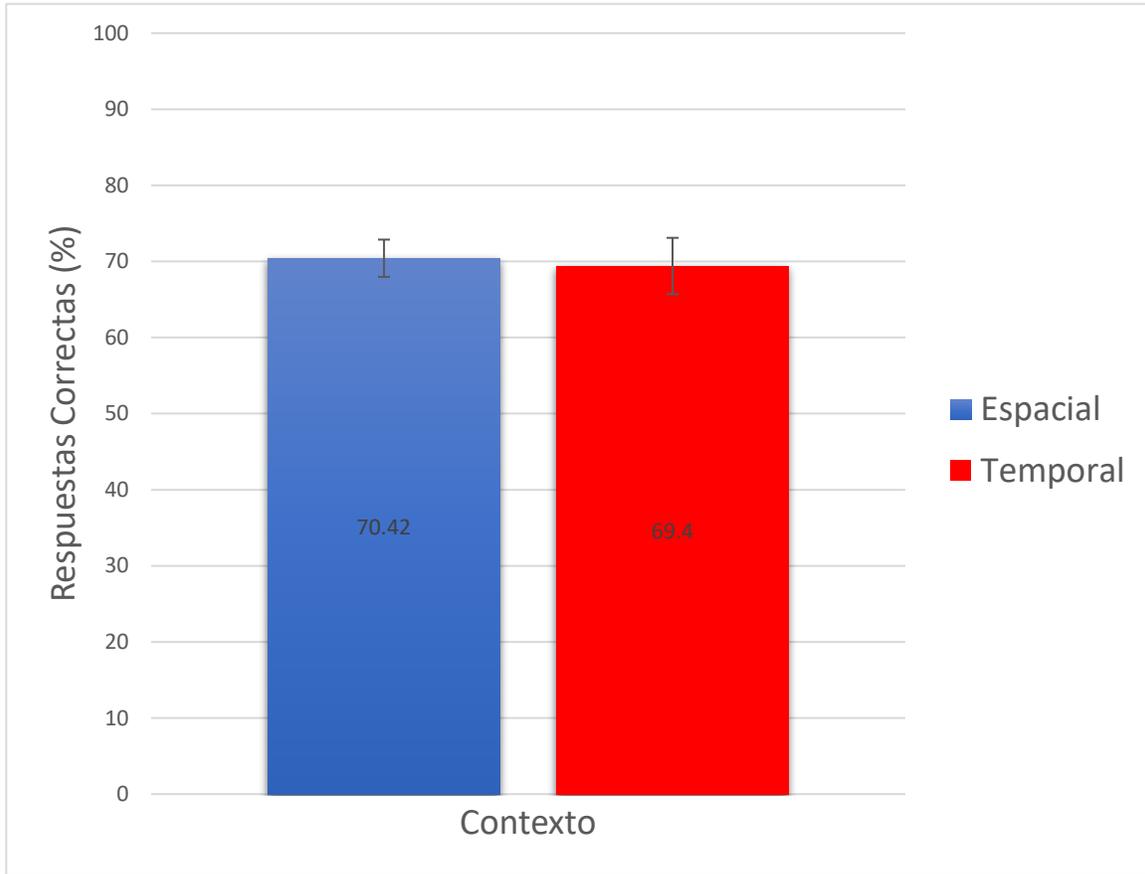
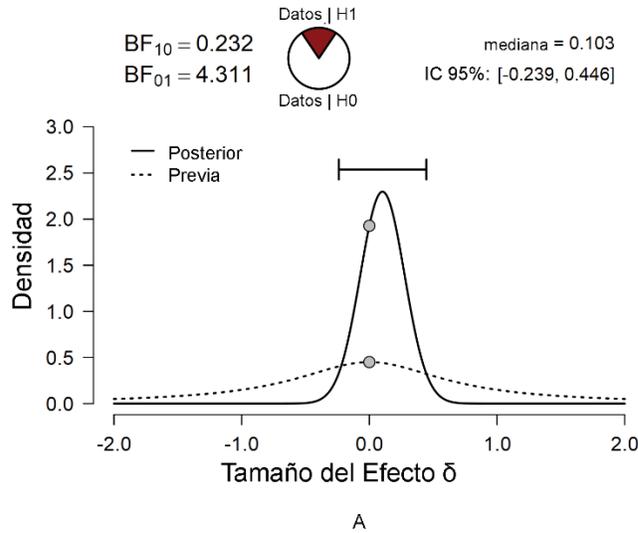


Figura 2. Porcentaje promedio de respuestas correctas para el contexto espacial y temporal. Las barras de error corresponden al intervalo de confianza de 95 %.

Distribución Previa y Posterior



Prueba de robustez del Factor de Bayes

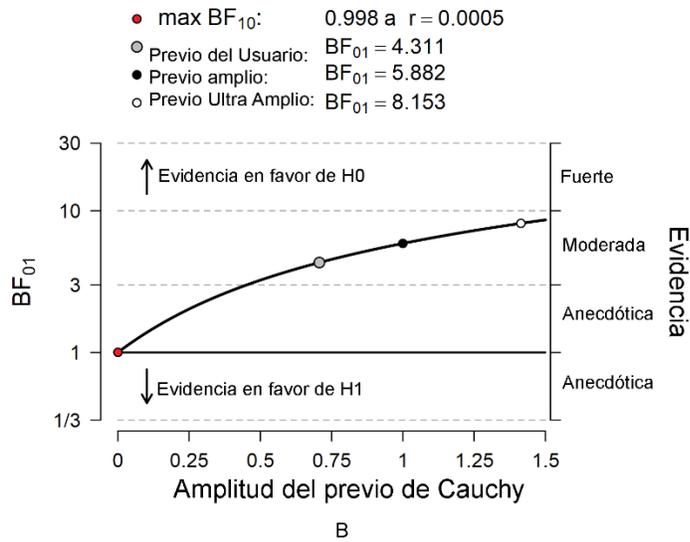


Figura 3. A) Densidad de la probabilidad de la distribución previa y posterior al análisis de los porcentajes de respuestas correctas. B) Resultados del análisis de robustez del factor de Bayes cuando se examina con diferentes valores de amplitud previa de Cauchy. El análisis mantiene una gran estabilidad entre los valores aproximados de 0.7 hasta 1.5.

5.2. Tiempos de Reacción

El análisis de los tiempos de reacción mediante la prueba t bayesiana arrojó un valor de $BF_{01} = 5.11$ a favor de H_0 y un valor de $BF_{10} = 0.194$, por lo tanto, los datos son aproximadamente 5.1 veces más probables de ser observados bajo H_0 que bajo H_1 . Esto indica una evidencia moderada en favor de H_0 y anecdótica en favor de H_1 , según el criterio de Wagenmakers et al.(2018). Se concluye que no existen diferencias significativas en los tiempos de reacción de las respuestas correctas entre el contexto espacial y temporal cuando se utilizan mecanismos de orientación interna (Figura 4). El porcentaje de error para este análisis fue de 0.013%, lo que indica una gran estabilidad del algoritmo numérico utilizado para obtener el resultado. La Figura 5A muestra BF_{01} como una función de la distribución previa $r = 0.707$. El factor de Bayes se mantiene relativamente estable a lo largo de un amplio rango de amplitudes, que varían de 5 hasta 9.9 (Figura 5B).

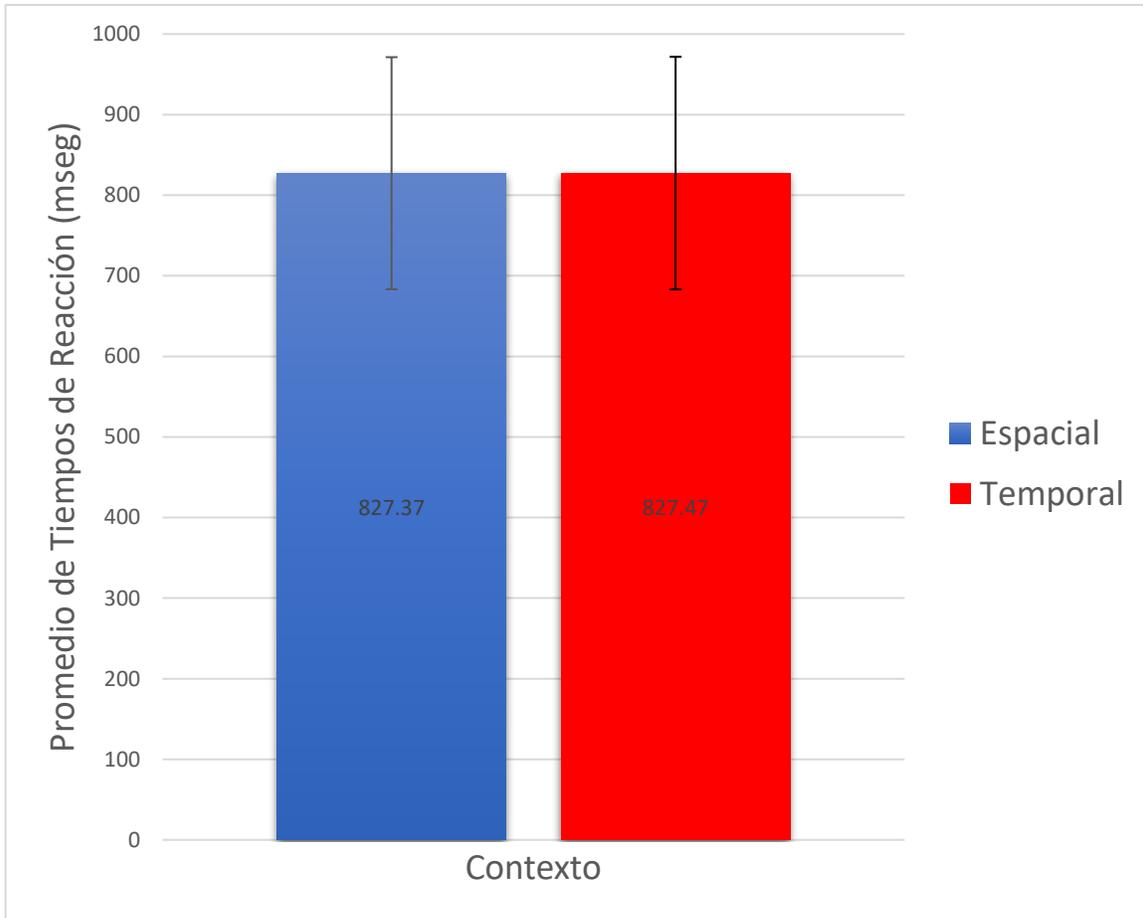
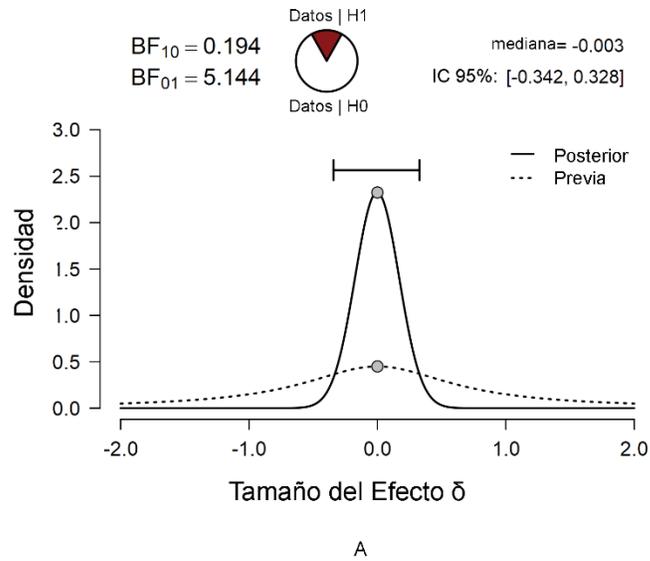


Figura 4. Tiempo de reacción promedio durante las respuestas correctas de contexto espacial y temporal. Las barras de error corresponden al intervalo de confianza de 95 %

Distribución Previa y Posterior



Prueba de robustez del Factor de Bayes

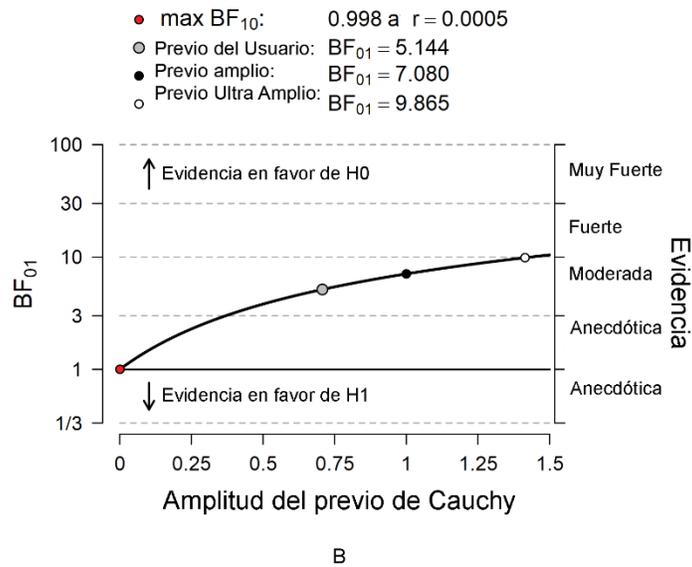


Figura 5. A) Densidad de la probabilidad de la distribución previa y posterior al análisis de los tiempos de reacción. B) Resultados del análisis de robustez del factor de Bayes cuando se examina con diferentes valores de amplitud previa de Cauchy. El análisis mantiene una gran estabilidad entre los valores aproximados de 0.7 hasta 1.5.

6. Discusión

Comúnmente se asume que, dado que la información de tipo espacial difiere cualitativamente de la información sobre los eventos en el tiempo, los procesos que subyacen a su procesamiento difieren entre ellos (Burr, 2000). La percepción del espacio nos permite determinar nuestra ubicación en relación con el mundo y también de los objetos en relación a nosotros mismos. Por otro lado, la percepción del tiempo, particularmente en escalas cortas es fundamental para muchos aspectos de nuestra vida como son la producción y reconocimiento del habla, la percepción del movimiento, la localización del sonido y la coordinación motora fina (Burr & Morrone, 2006). Debido a esto, resulta importante examinar si los mecanismos de orientación de la atención funcionan de manera diferente cuando se procesa información espacial que cuando se procesa información temporal o si, por el contrario, son igual de efectivos en ambos contextos.

El experimento realizado en la presente investigación nos permitió comparar la ejecución de los participantes en tareas de memoria de trabajo en igualdad de condiciones procesando información de ambos contextos, espacial y temporal, cuando se utilizan mecanismos de orientación interna. Los resultados muestran evidencia de que los mecanismos de orientación interna son igual de efectivos cuando se aplican para recordar información contextual espacial que cuando se aplican para recordar información contextual temporal. Del mismo modo, el manejo de ambos tipos de información se lleva a cabo a la misma velocidad. Para explicar esto, consideramos tres posibilidades.

La primera posibilidad que debe considerarse es que la tarea podría no medir apropiadamente aquello que pretende medir (Bueti & Walsh, 2009). De hecho, una de las primeras dificultades en la realización de este estudio viene al establecer la definición

operacional de lo que constituye información de contexto temporal. Si bien, la definición de información espacial es más sencilla de definir, como el cuadrante de la matriz bidimensional donde aparece cada estímulo, y esta definición operacional ha sido usada con éxito por numerosos investigadores (Cansino et al., 2011; Dumas & Hartman, 2008; Nee & Jonides, 2008; 2009; Palladino et al., 2003), la definición de información temporal es un tanto menos sucinta. Experimentos como el de Coull y Nobre (1998) y el de Johnston, Arnold y Nishida (2006) que también exploran el recuerdo de información temporal, emplean la estimación de la duración de un evento o la latencia de un estímulo, en cambio, en el presente experimento consiste en el reporte del estímulo que apareció en la posición secuencial relevante. De esta manera, es natural preguntarse si la tarea del presente experimento no mide más bien una magnitud de tipo numérico (Buetti & Walsh, 2009).

En los seres humanos, la estimación de una posición numérica está intrínsecamente relacionada con el concepto del espacio (Fitzgerald & James, 2007). Cuando pensamos números y hacemos operaciones con ellos, utilizamos una abstracción conocida como la recta numérica donde los colocamos, y la magnitud de un valor dado en dicha recta depende de la relación espacial que guarda con el resto de los valores. Esto nos lleva a preguntarnos si más bien en ambas condiciones de nuestro experimento se evaluó únicamente información espacial y no temporal.

En contra de esta posibilidad, sin embargo, podemos ofrecer los siguientes argumentos: si tomamos en cuenta la definición de lo que es el tiempo según el diccionario de la real academia española, el cual lo define como “una magnitud física que permite ordenar la secuencia de los sucesos, estableciendo un pasado, un presente y un futuro” (www.rae.es, 2019). Es decir, que la información que concierne al tiempo definitivamente incluye la posición secuencial de los

eventos observados. Es así, que cuando pensamos en el tiempo lo hacemos en términos de lo que llamamos presente que es precedido por el pasado y sucedido por el futuro. Esta definición es aceptada y ha sido utilizada en otros estudios, como el de Gevers, Reynvoet y Fias (2003). De esta manera es que decidimos que utilizar una clave de tipo numérica para indicar la posición secuencial del estímulo relevante, que es comparado con el estímulo prueba, cumple adecuadamente con el cometido de transmitir o codificar información sobre el contexto temporal.

Otra posibilidad por la que no se observaron diferencias en la efectividad de los mecanismos de orientación interna entre ambos contextos podría deberse al diseño de los ensayos. En ellos se indica sobre la naturaleza de la información relevante (temporal o espacial) después de que se presentan los estímulos a almacenar en la memoria de trabajo, lo que indica que los participantes almacenaron información sobre ambos contextos asociados a los estímulos a codificar. La decisión de que esto fuera de esta manera radica en que se pretendía probar ambos contextos en igualdad de condiciones. sin embargo, es poco probable que esto afecte la comparación puesto que, según la literatura revisada, por ejemplo, el artículo de van den Berg y Ma (2018). Lo esperado sería que la resolución de la representación almacenada del estímulo disminuyera por igual entre ambos contextos mas no necesariamente que interfirieran el uno con el otro, si esto último fuera el caso, entonces sería más factible que observáramos diferencias en la ejecución pues la información de uno u otro contexto se vería más favorecida, sin embargo, lo que vemos en los datos es que el porcentaje de aciertos y en particular los promedios de los tiempos de reacción son extremadamente parecidos entre ambos tipos de ensayos. Si la calidad de la representación codificada se ve afectada por la estructura del ensayo, entonces lo hace en un grado similar para la información de ambos contextos.

Una tercera posibilidad es que la falta de diferencias se deba a que el procesamiento de los dos tipos de información, espacial y temporal, guarde una relación estrecha dentro de la mente y el cerebro humano.

Walsh (2003) asegura que el concepto psicológico del tiempo es más bien un constructo complejo que utiliza información de otros dominios para su construcción. Con respecto a esto, investigaciones como la de Gevers et al., (2003) han establecido que las estimaciones de diversas magnitudes entre las que se encuentra el tiempo y los números hacen uso de una metáfora espacial. Lingüísticamente, cuando las personas hacen referencia al tiempo lo hacen utilizando palabras referentes a una posición espacial (Boroditsky, 2000, 2001; Casasanto, & Boroditsky, 2008). Por ejemplo, los hablantes nativos de idiomas como el español o el inglés hablan del pasado como algo que se encuentra detrás de ellos y el futuro como algo que se encuentra por delante (Bergen y Chan Lau, 2012). Sin embargo, este arreglo espacial para referirse al tiempo no es único, los miembros de la cultura aimara, procedente de lo que hoy en día es Chile, Bolivia y Perú se refieren al pasado como algo que se encuentra por delante de ellos y al futuro como algo que se encuentra por detrás, esto porque ellos pueden ver claramente al pasado, pero no así el futuro (Núñez & Sweetser, 2006). Los habitantes de Taiwán hablan del pasado como algo que está por encima y el futuro debajo. Como vemos a pesar de las diferencias, el paso del tiempo en todas estas culturas se expresa como una metáfora de naturaleza espacial. En un experimento, (Bergen y Chan Lau, 2012) se les pidió a participantes de habla inglesa, árabe y taiwanesa que ordenaran cronológicamente tarjetas que mostraban el desarrollo de diversos organismos, como una planta, un pollo de granja o una persona. Los resultados replicaban lo observado por Boroditsky en cuanto a que los angloparlantes ordenaban la progresión de las tarjetas de izquierda a derecha, y aquellos que provenían de Taiwán lo hicieron de arriba hacia abajo, la

muestra también incluyó participantes cuyo idioma nativo era el arábigo. Estos arreglaron las tarjetas de derecha a izquierda, lo cual corresponde con la metáfora que se utiliza en este lenguaje para hablar del tiempo (Dehaene, Bossini & Giraux, 1993).

Estudios de tipo neurológico aportan más evidencia de que la codificación de la información de tipo temporal hace uso de componentes espaciales. Como se mencionó en los antecedentes, Coull y Nobre (1998) encontraron un traslape en la actividad de las redes neuronales frontoparietales cuando se realizan tareas de memoria de trabajo de naturaleza espacial y de naturaleza temporal. Aunque estos autores encontraron que el hemisferio derecho presentaba mayor actividad cuando se procesaba información de tipo espacial y una mayor activación del hemisferio izquierdo para las tareas de naturaleza temporal, también concluyeron que existe una red neuronal común para el procesamiento en la memoria de trabajo de ambos tipos de información.

Estudios hechos con estimulación magnética transcraneal en sujetos humanos han mostrado que la estimulación en la corteza parietal provoca déficits en tareas espaciales (Bjoertomt, Cowey & Walsh, 2002; Rushworth, Ellison & Walsh, 2001) y temporales (Walsh & Pasual-Leone, 2003), otros autores han encontrado indicios de una red frontoparietal común dedicada al procesamiento de información de magnitud, tiempo y espacio (Belin et al., 2002). Estos estudios y varios otros, llevaron a Vincent Walsh (2003) a formular la teoría ATOM, acrónimo en inglés que significa: una teoría de magnitud. En dicha teoría, propone la existencia de un nexo entre las magnitudes espaciales, temporales y numéricas que dependería de una red funcional que incluye a la corteza parietal, la corteza prefrontal y el cerebelo, similar a la encontrada en 1998 por Coull y Nobre.

Estas dos líneas de evidencia, tanto cognitiva como neurológica, parecen ser convergentes y explicarían de manera razonable lo observado en los datos del presente experimento. Si la codificación de la información temporal guarda una relación estrecha con la espacial y estas son procesadas en áreas y redes compartidas, entonces es posible que los mecanismos de la orientación interna de la memoria de trabajo operen de manera similar para ambos contextos.

7. Conclusión y Limitaciones

7.1 Conclusión

Los datos experimentales obtenidos sugieren que cuando se comparan en igualdad de condiciones los mecanismos de orientación interna en la memoria de trabajo son igual de efectivos cuando se aplican para recuperar información sobre el contexto espacial que cuando se aplican para recordar información sobre el contexto temporal.

7.2 Limitaciones y sugerencias

El registro realizado para este estudio es únicamente de naturaleza conductual (porcentajes de aciertos y promedio de tiempos de reacción). Sin embargo, dada la literatura citada con respecto a las bases neurológicas de la memoria de trabajo y de la posibilidad de la existencia de una red frontoparietal común para información de ambos contextos, es aconsejable realizar un estudio similar incorporando técnicas neurofisiológicas, como EEG y resonancia magnética funcional, para aprender más sobre los mecanismos neurofuncionales que subyacen a los mecanismos de orientación interna al procesar información de tipo espacial y temporal.

El presente estudio se enfocó únicamente en los mecanismos de orientación interna, sin embargo, los mecanismos de orientación externa son igualmente importantes. Un estudio similar donde se utilicen mecanismos de orientación externa arrojaría mayor información sobre el funcionamiento de los mecanismos de orientación y, además, dado que la clave aparecería antes que los estímulos a codificar, esto eliminaría la incertidumbre de los participantes sobre qué información deben almacenar (espacial o temporal) en cada ensayo.

Referencias

- Adam, K. C. S., Mance, I., Fukuda, K., & Vogel, E. K. (2015). The Contribution of Attentional Lapses to Individual Differences in Visual Working Memory Capacity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(8), 1601–1616. doi:10.1162/jocn_a_00811
- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106(1), 20–29. doi:10.1016/j.jecp.2009.11.003
- Axmacher, N., Mormann, F., Fernandez, G., Cohen, M. X., Elger, C. E., & Fell, J. (2007). Sustained Neural Activity Patterns during Working Memory in the Human Medial Temporal Lobe. *Journal of Neuroscience*, 27(29), 7807–7816. doi:10.1523/jneurosci.0962-07.2007
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. (2006). Working Memory : An Overview. In Susan J. Pickering(Ed.) *Working Memory and Education*. (pp. 1-31). Academic Press. doi:10.1016/B978-012554465-8/50003-X
- Baddeley, A., Della Sala, S., Papagno, C., & Spinnler, H. (1997). Dual-task performance in dysexecutive and nondysexecutive patients with a frontal lesion. *Neuropsychology*, 11(2), 187–194. doi:10.1037/0894-4105.11.2.187
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47–89. doi:10.1016/j.cub.2009.12.014

- Barak, O., & Tsodyks, M. (2014). Working models of working memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 25, 20–24. doi:10.1016/j.conb.2013.10.008
- Belin, P., McAdams, S., Thivard, L., Smith, B., Savel, S., Zilbovicius, M., ... Samson, Y. (2002). The neuroanatomical substrate of sound duration discrimination. *Neuropsychologia*, 40(12), 1956–1964. doi:10.1016/S0028-3932(02)00062-3
- Bergen, B. K., & Chan Lau, T.(2012). Writing direction affects how people map space onto time. *Frontiers in Psychology*, 3, 109. doi:10.3389/fpsyg.2012.00109
- Bjoertomt, O., Cowey, A., & Walsh, V. (2002). Spatial neglect in near and far space investigated by repetitive transcranial magnetic stimulation. *Brain* (Vol. 125). doi:10.1093/brain/awf211
- Boroditsky, L. (2000). Metaphoric structuring: understanding time through spatial metaphors. *Cognition*, 75(1), 1–28. doi:10.1016/S0010-0277(99)00073-6
- Boroditsky, L. (2001). Does Language Shape Thought?: Mandarin and English Speakers' Conceptions of Time. *Cognitive Psychology*, 43(1), 1–22. doi:10.1006/cogp.2001.0748
- Bueti, D. & Walsh, V. (2009). The parietal cortex and the representation of time, space, number and other magnitudes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1525), 1831–1840. doi:10.1098/rstb.2009.0028
- Burr, D. (2000). Motion vision: Are 'speed lines' used in human visual motion? *Current Biology*, 10(12), R440–R443. doi:10.1016/S0960-9822(00)00545-5
- Burr, D., & Morrone, C. (2006). Time Perception: Space–Time in the Brain. *Current Biology*,

16(5), R171–R173. doi:10.1016/j.vcub.2006.02.038

Brown, J. (1958). Some Tests of the Decay Theory of Immediate Memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 10(1), 12–21. doi:10.1080/17470215808416249

Brown, S. W. (1997). Attentional resources in timing: Interference effects in concurrent temporal and nontemporal working memory tasks. *Attention, Perception & Psychophysics*, 59(7), 1118–1140. doi:10.3758/BF03205526

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 & Cognition*, 39(8), 1409–1422. doi:10.3758/s13421-011-0109-9

Cansino, S., Hernández-Ramos, E., Estrada-Manilla, C., Torres-Trejo, F., Martínez-Galindo, J. G., Ayala-Hernández, M., ... Rodríguez-Ortiz, M. D. (2013). The decline of verbal and visuospatial working memory across the adult life span. *Age*, 35(6), 2283–2302.
doi:10.1007/s11357-013-9531-1

Casasanto, D., & Boroditsky, L. (2008). Time in the mind: Using space to think about time. *Cognition*, 106(2), 579–593. doi:10.1016/j.cognition.2007.03.004

Charlton, R. A., Barrick, T. R., Lawes, I. N. C., Markus, H. S., & Morris, R. G. (2010). White matter pathways associated with working memory in normal aging. *Cortex*, 46(4), 474–489.
doi:10.1016/j.cortex.2009.07.005

- Collette, F., Van der Linden, M., Laureys, S., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A., & Salmon, E. (2005). Exploring the unity and diversity of the neural substrates of executive functioning. *Human Brain Mapping*, 25(4), 409–423. doi:10.1002/hbm.20118
- Conway, A. R. A., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(12), 547–552. doi:10.1016/j.tics.2003.10.005
- Cools, R., & D’Esposito, M. (2011). Inverted-U–Shaped Dopamine Actions on Human Working Memory and Cognitive Control. *Biological Psychiatry*, 69(12), e113–e125. doi:10.1016/j.biopsych.2011.03.028
- Coull, J. T., & Nobre, A. C. (1998). Where and when to pay attention: the neural systems for directing attention to spatial locations and to time intervals as revealed by both PET and fMRI. *The Journal Of Neuroscience*, 18(18), 7426–7435. Retrieved from <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cmedm&AN=9736662&lang=es&site=eds-live>
- Courtney, S. M., Ungerleider, L. G., Keil, K., & Haxby, J. V. (1997). Transient and sustained activity in a distributed neural system for human working memory. *Nature*, 386(6625), 608–611. doi:10.1038/386608a0
- Cowan, N. (1995). *Attention and Memory : An Integrated Framework*. New York : Oxford University Press; Oxford : Clarendon Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780195119107.001.0001
- Cowan, N. (1999). An Embedded-Processes Model of Working Memory. In A. Miyake, & P. Shah (Eds.), *Models of working memory : mechanisms of active maintenance and executive*

control. (pp. 62-101) Cambridge : Cambridge University Press

Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(1), 87-114.

doi:10.1017/S0140525X01003922

Cowan, N., Elliott, E. M., Scott Saults, J., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A., & Conway, A. R. A. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*, 51(1), 42–100.

doi:10.1016/j.cogpsych.2004.12.001

Crowder, R. G. (1976). Forgetting in Short-Term Memory In *Principles of learning and memory*. (pp.173-215).-Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates

Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19(4), 450–466.

doi:10.1016/S0022-5371(80)90312-6

Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3(4), 422–433. doi:10.3758/BF03214546

Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(3), 371-396.

doi:10.1037/0096-3445.122.3.371

Dudai, Y. (2004). The Neurobiology of Consolidations, Or, How Stable is the Engram? *Annual Review of Psychology*, 55(1), 51–86. doi:10.1146/annurev.psych.55.090902.142050

Dumas, A. J., & Hartman, M. (2008). Adult age differences in the access and deletion functions

of inhibition. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 15, 330–357. doi:
10.1080/13825580701534601

Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*,
102(2), 211. doi:10.1037/0033-295X.102.2.211

Eriksson, J., Vogel, E. K., Lansner, A., Bergström, F., & Nyberg, L. (2015). Neurocognitive
Architecture of Working Memory. *Neuron*, 88(1), 33–46. doi:10.1016/j.neuron.2015.09.020

Farrell, S., Oberauer, K., Greaves, M., Pasiiecznik, K., Lewandowsky, S., & Jarrold, C. (2016). A
test of interference versus decay in working memory: Varying distraction within lists in a
complex span task. *Journal of Memory and Language*, 90, 66–87.
doi:10.1016/j.jml.2016.03.010

Fitzgerald, M., & James, I. (2007). *The mind of the mathematician*. The John Hopkins University
Press.

Fukuda, K., & Vogel, E. K. (2011). Individual Differences in Recovery Time From Attentional
Capture. *Psychological Science*, 22(3), 361–368. doi:10.1177/0956797611398493

Gazzaley, A., Rissman, J. & D'esposito, M. (2004). Functional connectivity during working
memory maintenance. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* 4: 580.
doi:10.3758/CABN.4.4.580

Gazzaley, A., & Nobre, A. C. (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

Gevers, W., Reynvoet, B., & Fias, W. (2003). The mental representation of ordinal sequences is spatially organized. *Cognition*, 87(3), B87–B95. doi:10.1016/S0010-0277(02)00234-2

Gottwald, B., Mihajlovic, Z., Wilde, B., & Mehdorn, H. M. (2003). Does the cerebellum contribute to specific aspects of attention? *Neuropsychologia*, 41(11), 1452–1460. doi:10.1016/S0028-3932(03)00090-3

Griffin, I. C., & Nobre, A. C. (2003). Orienting Attention to Locations in Internal Representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(8), 1176–1194. doi:10.1162/089892903322598139

Griffiths, T. L., Lieder, F., & Goodman, N. D. (2015). Rational use of cognitive resources: Levels of analysis between the computational and the algorithmic. *Topics in Cognitive Science*, 7(2), 217–229. doi:10.1111/tops.12142

Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In *Psychology of learning and motivation*, 22, 193–225. doi: 10.1016/S0079-7421(08)60041-9

Hasher, L., Zacks, R. T., & May, C. P. (1999). Inhibitory control, circadian arousal, and age. In D. Gopher, A. Koriat (Eds.), *Attention and performance XVII* (pp. 653-675) Cambridge, MA: MIT Press. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/242173728/download>

Jacobsen, C. F. (1936). Studies of cerebral function in primates. I. The functions of the frontal association areas in monkeys. *Comparative Psychology Monographs*, 13, 3, 1-60

JASP Team (2018). JASP (Version 0.9)[Computer software]. Retrieved from <https://jasp->

stats.org/download/

- Johnston, A., Arnold, D. H., & Nishida, S. (2006). Spatially Localized Distortions of Event Time. *Current Biology*, *16*(5), 472–479. doi:10.1016/j.cub.2006.01.032
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review* *9*(4), 637–671. doi:10.3758/BF03196323
- Koenigs, M., Barbey, A. K., Postle, B. R., & Grafman, J. (2009). Superior Parietal Cortex Is Critical for the Manipulation of Information in Working Memory. *The Journal of Neuroscience*, *29*(47), 14980 LP-14986. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3706-09.2009
- Lewandowsky, S., & Farrell, S. (2008). Short-Term Memory: New Data and a Model. *Psychology of Learning and Motivation*, *49*, 1–48. doi:10.1016/S0079-7421(08)00001-7
- Luck, S.J., y Vogel, E.K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature* *390*, 279-281. doi: 10.1038/36846
- Maehler, C., & Schuchardt, K. (2016). The importance of working memory for school achievement in primary school children with intellectual or learning disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, *58*, 1–8. doi:10.1016/j.ridd.2016.08.007
- Miller, G. A. (1956). The Magical Number Seven, Plus Or Minus Two: Some Limits On Our Capacity For Processing Information. *The Psychological Review*, *63*(2), 81–97. doi:10.1037/h0043158
- Nairne, J. S. (1990). A feature model of immediate memory. *Memory & Cognition*, *18*(3), 251–269. Retrieved from <http://www1.psych.purdue.edu/~nairne/pdfs/15.pdf>

- Nee, D. E., Brown, J. W., Askren, M. K., Berman, M. G., Demiralp, E., Krawitz, A., & Jonides, J. (2013). A Meta-analysis of Executive Components of Working Memory. *Cerebral Cortex*, 23(2), 264–282. doi:10.1093/cercor/bhs007
- Nee, D. E., & Jonides, J. (2008). Dissociable interference-control processes in perception and memory. *Psychological Science*, 19, 490–500. doi:10.1111/j.1467-9280.2008.02114.X
- Nee, D. E., & Jonides, J. (2009). Common and distinct neural correlates of perceptual and memorial selection. *Neuroimage*, 45, 963–975. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.01.005
- Núñez, R. E., & Sweetser, E. (2006). With the Future Behind Them: Convergent Evidence from Aymara Language and Gesture in the Crosslinguistic Comparison of Spatial Construals of Time. *Cognitive Science*, 30(3), 401–450. doi:10.1207/s15516709cog0000_62
- Oberauer, K. (2001). Removing irrelevant information from working memory: A cognitive aging study with the modified Sternberg task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(4), 948–957. doi:10.1037/0278-7393.27.4.948
- Oberauer, K. (2002). Access to information in working memory: Exploring the focus of attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(3), 411–421. doi:10.1037//0278-7393.28.3.411
- Oberauer, K. (2005). Binding and inhibition in working memory: individual and age differences in short-term recognition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134(3), 368–387. doi:10.1037/0096-3445.134.3.368
- Oberauer, K., & Kliegl, R. (2006). A formal model of capacity limits in working memory. *Journal of Memory and Language*, 55(4), 601–626. doi:10.1016/j.jml.2006.08.009

- Oberauer, K., Farrell, S., Jarrold, C., Pasiecznik, K., & Greaves, M. (2012). Interference between maintenance and processing in working memory: The effect of item–distractor similarity in complex span. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38(3), 665–685. doi:10.1037/a0026337
- Oberauer, K., & Lewandowsky, S. (2014). Further evidence against decay in working memory. *Journal of Memory and Language*, 73, 15–30. doi:10.1016/j.jml.2014.02.003
- Oberauer, K., & Lin, H.-Y. (2017). An interference model of visual working memory. *Psychological Review*, 124(1), 21–59. doi:10.1037/rev0000044
- Olson, I. R., Page, K., Moore, K. S., Chatterjee, A., & Verfaellie, M. (2006). Working Memory for Conjunctions Relies on the Medial Temporal Lobe. *The Journal of Neuroscience*, 26(17), 4596–4601. doi:10.1523/JNEUROSCI.1923-05.2006
- O'Reilly, R. C. (2006). Biologically Based Computational Models of High-Level Cognition. *Science*, 314(5796), 91–94. doi:10.1126/science.1127242
- 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. doi:10.1002/hbm.20131
- Owen, A. M., Morris, R. G., Sahakian, B. J., Polkey, C. E., & Robbins, T. W. (1996). Double dissociations of memory and executive functions in working memory tasks following frontal lobe excisions, temporal lobe excisions or amygdalo-hippocampectomy in man. *Brain*, 119(5), 1597–1615. doi:10.1093/brain/119.5.1597
- 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(2), 263–267. doi:10.1016/S0278-2626(03)00123-4

Pisella, L., Berberovic, N., & Mattingley, J. B. (2004). Impaired Working Memory for Location but not for Colour or Shape in Visual Neglect: a Comparison of Parietal and Non-Parietal Lesions. *Cortex*, 40(2), 379–390. doi:10.1016/S0010-9452(08)70132-1

Ranganath, C., Cohen, M. X., Dam, C., & D'Esposito, M. (2004). Inferior Temporal, Prefrontal, and Hippocampal Contributions to Visual Working Memory Maintenance and Associative Memory Retrieval. *The Journal of Neuroscience*, 24(16), 3917-3925.
doi:10.1523/JNEUROSCI.5053-03.2004

Rumelhart, D. E., & McClelland, J. L. (1986). Parallel distributed processing: explorations in the microstructure of cognition. volume 1. foundations. Cambridge, MA: MIT Press.

Rushworth, M. F. S., Ellison, A., & Walsh, V. (2001). Complementary localization and lateralization of orienting and motor attention. *Nature Neuroscience*, 4, 656.
doi:10.1038/88492

Sligte, I. G., Scholte, H. S., & Lamme, V. A. F. (2008). Are There Multiple Visual Short-Term Memory Stores? *PLOS ONE*, 3(2), e1699. doi:10.1371/journal.pone.0001699

Surprenant, A. M., & Neath, I. (2013). The Cue Overload Principle. In A, Surprenant & I. Neat (Eds.) *Principles of memory*. (pp. 59-68) New York, NY: Psychology Press.
doi:10.1177/1750698010392131

Swanson, H. L., & Beebe-Frankenberger, M. (2004). The Relationship Between Working Memory and Mathematical Problem Solving in Children at Risk and Not at Risk for Serious

Math Difficulties, *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 471-491 doi:10.1037/0022-0663.96.3.471

Tiempo. (2019) rae.es Retrieved from

<http://lema.rae.es/drae2001/srv/search?id=f5YiIvAXrDXX2eF4tvYd>

Unsworth, N., Fukuda, K., Awh, E., & Vogel, E. K. (2014). Working memory and fluid intelligence: Capacity, attention control, and secondary memory retrieval. *Cognitive Psychology*, 71, 1–26. doi:10.1016/j.cogpsych.2014.01.003

van den Berg, R., & Ma, W. J. (2018). A resource-rational theory of set size effects in human visual working memory. *ELife*, 7. doi:10.7554/eLife.34963

Wagenmakers, E.-J., Love, J., Marsman, M., Jamil, T., Ly, A., Verhagen, J., ... Morey, R. D. (2018). Bayesian inference for psychology. Part II: Example applications with JASP. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(1), 58–76. doi:10.3758/s13423-017-1323-7

Walsh, V. (2003). A theory of magnitude: common cortical metrics of time, space and quantity. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(11), 483–488. doi:10.1016/j.tics.2003.09.002

Walsh, V. & Pasual-Leone, A. (2003) *Transcranial Magnetic Stimulation: A Neurochronometrics of Mind*, MIT Press

Wager, T.D. & Smith, E.E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: A meta-analysis. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* 3: 255-274. doi:10.3758/CABN.3.4.255

Wongupparaj, P., Kumari, V., & Morris, R. G. (2015). The relation between a multicomponent working memory and intelligence: The roles of central executive and short-term storage functions. *Intelligence*, 53, 166–180. doi:10.1016/j.intell.2015.10.007

Zacks, R. T., Radvansky, G., & Hasher, L. (1996). Studies of directed forgetting in older adults.

Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 22(1), 143-156.

doi:10.1037/0278-7393.22.1.143