



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA  
Facultad de Psicología

# UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



FACULTAD DE PSICOLOGÍA



**Trabajo Fin de Grado en Psicología**

**Convocatoria Julio 2017**

**Influencia de la carga de memoria de trabajo espacial en procesos  
estratégicos basados en expectativas**

***The influence of spatial-working memory load on expectancy based  
strategic processes***

**Autor/a: Nazaret Romera Álvarez**

**Tutor/a: Juan José Ortells Rodríguez**

**Resumen:**

El presente estudio investiga si la disponibilidad de recursos de memoria de trabajo afecta al desarrollo de estrategias facilitadoras basadas en expectativas. Los participantes realizaron una versión secuencial de la tarea Stroop en la que la palabra prime (ROJO o VERDE) es seguida por un parche de color (rojo o verde) que debían identificar. El prime y el target hacen referencia a colores diferentes en el 80% de los ensayos (incongruentes) y al mismo color en el 20% (congruentes). La tarea priming-Stroop se realizó de forma concurrente a una tarea de memoria de trabajo espacial, de forma que la palabra prime era precedida por un conjunto de 4 flechas que los participantes debían memorizar y que apuntaban en la misma dirección (condición de baja carga) o en direcciones distintas (condición de alta carga). Tras realizar dos, tres, o cuatro ensayos priming-Stroop, debían decidir si una flecha que aparece como estímulo de prueba ha sido presentada o no en las memorizadas anteriormente. Para explorar si las diferencias inter-individuales en capacidades ejecutivas influyen en el desarrollo de estrategias atencionales, los participantes realizaron también una tarea de capacidad de memoria visual (localización del cambio) y la tarea “antisacada” de control inhibitorio. Los resultados mostraron una interacción entre la congruencia prime-target y la carga de memoria de trabajo: En condiciones de alta carga de memoria se produce un efecto significativo de interferencia Stroop, pero desaparece en condiciones de baja carga. Además, la probabilidad de que en esta última condición se observe una inversión estratégica de la interferencia Stroop, dependía de la capacidad de memoria visual de los participantes: sólo aquellos con mayor capacidad desarrollaban estrategias basadas en expectativas, compensando el efecto automático de la interferencia. Pero los participantes con menor capacidad de memoria seguían mostrando interferencia Stroop, incluso en la condición de baja carga.

**Palabras clave:** Carga Memoria de Trabajo, Memoria de Trabajo Espacial, Interferencia Stroop, Procesos estratégicos basados en expectativas.

**Abstract:**

The present study investigated whether the availability of working memory resources affects the development of expectancy-based facilitatory strategies. Participants performed a sequential version of Stroop task in which a prime word (RED or GREEN) was followed by a colored patch target (red or green) that they had to identify. The prime and target refer to different colors in 80% of the trials (incongruent) and they refer to the same color in 20% of trials (congruent). The Stroop-priming task was interleaved with a concurrent spatial working memory task, so the prime word was preceded by a set of 4 arrows (centrally displayed along the horizontal axis) that participants had to memorize. The four arrows pointed either in the same direction (low load condition) or in four (randomly selected) different directions (high load condition). After performing two, three or four Stroop-priming trials, participants had to decide whether or not an arrow that appears as a memory probe had been presented in the previously memorized set. To explore whether inter-individual differences in executive abilities could influence the implementation of attentional strategies, participants also performed a visual working memory test (change localization task) and an inhibitory control (antisaccade) task. The results showed an interaction between the prime-target congruency and spatial working memory load: a significant Stroop interference effect occurs under high memory load, but this effect disappeared under low memory load. In addition, the probability to obtain a strategic inversion of the Stroop interference under low memory load depend on participants' working memory capacity: only those participants with a greater memory capacity we able to develop expectancy-based strategies, thus compensating the supposedly automatic Stroop interference effect. But participants with a lower memory capacity showed again a significant Stroop interference effect even under the low memory load condition.

**Key words:** Working memory load, Spatial Working Memory, Stroop interference, Expectancy-based strategic processes.

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
<b>2. Método</b>	<b>10</b>
• <b>Participantes</b>	<b>10</b>
• <b>Materiales y aparatos</b>	<b>10</b>
• <b>Diseño y procedimiento</b>	<b>11</b>
<b>3. Resultados</b>	<b>15</b>
<b>4. Discusión</b>	<b>19</b>
<b>5. Referencias</b>	<b>22</b>

## **1. Introducción**

La memoria de trabajo es el sistema cognitivo que permite retener y/o manipular activamente información relevante para realizar una tarea, con la finalidad de guiar la selección de la respuesta adecuada. La memoria de trabajo resulta fundamental en el proceso de mantener separada la información relevante de distractores competitivos (Lavie y cols., 2004), especialmente en tareas de atención selectiva en las que el estímulo relevante al que responden los participantes aparece junto a distractores irrelevantes que deben ser ignorados. Un comportamiento selectivo eficaz requiere por tanto facilitar el procesamiento de la información relevante e inhibir activamente el procesamiento de la información distractora, procesos que resultan claves para el control cognitivo y la resolución de conflictos (Petersen y Posner, 2012).

Se han desarrollado dos líneas de investigación que investigan directamente la relación entre memoria de trabajo y atención selectiva. Una primera línea de investigación usa la metodología de comparar el rendimiento de “grupos extremos” con diferentes capacidades de memoria de trabajo en tareas de atención selectiva. Por lo general, las personas con una mayor capacidad de memoria de trabajo tienen menor dificultad para bloquear o inhibir la información distractora en tareas de “conflicto”, como la tarea Stroop (Stroop, 1935). En esta tarea, en la que aparece el nombre de un color escrito con letras coloreadas del mismo o de diferente color al nombrado, y el participante debe nombrar el color en el que aparecen las letras (estímulo relevante) ignorando el significado de la palabra escrita (estímulo distractor), las personas con menor capacidad de memoria de trabajo son más propensas a tener mayor interferencia de los estímulos irrelevantes que los de mayor capacidad (ver Ahmed y De Fockert, 2012; Kane y Engle, 2003). De un modo similar, las personas con mayor capacidad de memoria de trabajo son más eficaces ignorando activamente la información irrelevante en pruebas de priming negativo, en las que los participantes deben responder a un estímulo que previamente puede haber sido un distractor (ver Conway y cols., 1999; Ortells y cols., 2016). Basados en estos resultados, Engle y Kane (2004; ver también Kane y cols., 2007) desarrollaron la teoría del control de la atención en memoria de trabajo, en la que sugieren que las diferencias individuales de capacidad de memoria de trabajo reflejarían principalmente variaciones en la habilidad de control atencional, habilidad que resultaría necesaria para mantener activamente en memoria la información relevante y bloquear el acceso a la misma de la información irrelevante competitiva.

Una segunda línea de investigación que ha aportado pruebas de la interrelación entre la memoria de trabajo y la atención selectiva, emplea una metodología de “tarea dual” en la que los participantes realizan una tarea de atención selectiva (v.g., tarea Stroop) mientras que, al mismo tiempo, realizan una tarea de memoria de trabajo (v.g., retener una serie de dígitos) bajo condiciones de alta o de baja carga de memoria (v.g., retener 1 vs. 6 dígitos; ver De Fockert, 2013, para una revisión reciente). Empleando esta metodología en un experimento con técnicas de neuroimagen y una tarea Stroop con estímulos pictóricos (caras), De Fockert y cols. (2001) encontraron que cuando los participantes realizaban la tarea atencional Stroop bajo condiciones de alta carga de memoria de trabajo, muestran una mayor interferencia Stroop de las caras irrelevantes, que bajo condiciones de baja carga de memoria. Además, las áreas cerebrales implicadas en el procesamiento de información irrelevante se activan en mayor medida en la condición de alta carga que en la baja. Es decir, la mayor carga de memoria de trabajo parece agotar los recursos cognitivos de capacidad limitada que son necesarios para mantener la distinción entre los estímulos relevantes e irrelevantes en la tarea atencional. Como consecuencia, cuando la carga de memoria de trabajo es alta, el comportamiento podría ser más susceptible de ser influido por la información irrelevante.

Ambas líneas de investigación han demostrado que una reducción en la disponibilidad de los recursos de memoria de trabajo estaría asociada a una mayor dificultad a la hora de discriminar la información relevante de los distractores en tareas de atención selectiva.

Sin embargo, son pocos los estudios que han explorado si la reducción de capacidad de memoria de trabajo puede afectar también a la eficacia y/o curso temporal de estrategias atencionales facilitadoras (v.g., basadas en expectativas,) como aquellas que permiten a los participantes predecir el estímulo relevante que aparecerá a partir de información predictiva previa y prepararse para responder al mismo, disminuyendo sus tiempos de respuesta. En este sentido, algunos estudios recientes con tareas de priming semántico (Heyman y cols., 2014; Hutchison y cols., 2014) encuentran pruebas de que, bajo condiciones que estimulen el uso de estrategias controladas como generar expectativas, el efecto del priming semántico era reducido (o eliminado) cuando la carga de memoria de trabajo es alta, o los participantes tenían una capacidad reducida de memoria de trabajo. No obstante, este tipo de estudios han empleado un paradigma de priming convencional, en el cual procesos controlados como la generación de

expectativas, producen el mismo patrón de efectos conductuales (v.g., facilitación) que procesos automáticos. Es decir, tanto procesos de activación automática como los basados en expectativas contribuirían de un modo similar al rendimiento en la tarea, dando lugar a efectos de priming facilitador. Bajo estas condiciones, resulta difícil determinar si la reducción del efecto priming observada en participantes con baja capacidad de memoria de trabajo, o bajo condiciones de alta carga de memoria de trabajo, fue consecuencia de un uso menos eficiente de estrategias basadas en expectativas y/o de una activación semántica automática reducida.

Para evitar estos problemas interpretativos, Froufè y cols. (2009) usaron una tarea alternativa de priming estratégico que permite diferenciar entre procesos controlados y automáticos, en la medida en que ambos tipos de procesos darían lugar a efectos conductuales de signo opuesto. Los participantes en este estudio (jóvenes, mayores sanos y mayores con Alzheimer) realizaban una versión secuencial en dos colores de la tarea Stroop (priming-Stroop) en la que la palabra prime (ROJO o VERDE) es seguida por un parche de color (rojo o verde) que los participantes deben identificar. El color del parche (target) era el opuesto al de la palabra prime en un 84% de los ensayos (incongruentes), y se correspondía con el de la palabra prime en el 16% de los ensayos (congruentes), y los participantes de los tres grupos de edad fueron informados de esta proporción diferencial de ensayos congruentes e incongruentes. Los resultados mostraron una inversión estratégica de la interferencia Stroop (respuestas más rápidas en los ensayos incongruentes que en los congruentes) en el grupo de jóvenes, lo que demuestra que eran capaces de desarrollar estrategias facilitadoras basadas en expectativas (responder al color opuesto al de la palabra prime). Por el contrario, los mayores con Alzheimer mostraron un efecto opuesto de interferencia Stroop (respuestas más lentas en los ensayos incongruentes), lo que demuestra que eran incapaces de desarrollar estrategias basadas en expectativas. Los mayores sin Alzheimer se situaron en un punto intermedio entre ambos grupos, es decir, no desarrollaron estrategias, pero tampoco tuvieron una interferencia Stroop pronunciada (ver Froufè, Cruz y Sierra 2009). Se esperaba que este último grupo llegara a desarrollar estrategias basadas en expectativas por medio de la práctica. Si intentaron actuar de manera estratégica, solamente consiguieron compensar (no sobrecompensar como ocurría con los jóvenes) el efecto de los procesos automáticos (interferencia Stroop).

Una limitación de la investigación realizada por Froufè y cols. (2009), es que muestra sólo un vínculo indirecto entre la disponibilidad de recursos de memoria de trabajo y el desarrollo de estrategias atencionales facilitadoras, en la medida en que los autores no evaluaron las capacidades ejecutivas y de memoria de trabajo de cada participante en ninguno de los grupos de edad. Es decir, no tuvieron en cuenta que pudo haber participantes en cualquiera de los grupos de edad que tuvieran un mayor o menor capacidad de memoria de trabajo, independientemente del grupo al que pertenecieran.

Con el objetivo de encontrar pruebas más directas de la asociación entre los procesos estratégicos controlados en la atención selectiva y memoria de trabajo, Ortells y cols. (2017) realizaron un estudio reciente en adultos jóvenes, en el que los participantes realizaban una tarea de priming-Stroop similar a la de Froufè y cols. (2009; ver también Merikle y Joordens, 1997; Daza y cols., 2002) bajo condiciones de alta y baja carga de una tarea de memoria de trabajo simultánea. Los participantes debían realizar 2, 3 o 4 ensayos de la tarea priming-Stroop (en la que el 80% de los ensayos eran incongruentes) mientras retenían en su memoria los cinco dígitos. En los ensayos de baja carga, todos los dígitos eran iguales (v.g., 55555), mientras que, en los ensayos de alta carga de memoria, los 5 dígitos eran siempre diferentes (v.g., 58746). Los resultados mostraron que, en la condición de baja carga de memoria de trabajo, los participantes fueron más rápidos y cometieron menor número de errores en los ensayos incongruentes que en los congruentes (inversión estratégica de la interferencia Stroop). Es decir, desarrollaban estrategias basadas en expectativas. Por el contrario, bajo condiciones de alta carga, eran más lentos y cometían más errores en los ensayos incongruentes que en los congruentes, mostrando así un efecto opuesto de interferencia Stroop.

Ortells y cols. encontraron así pruebas más directas de la relación entre una disponibilidad diferencial de recursos de memoria de trabajo y el desarrollo de estrategias facilitadoras basadas en expectativas. Sin embargo, estos autores usaron una tarea de memoria de trabajo verbal (retener un conjunto de dígitos), por lo que los participantes podrían haber usado procesos de codificación verbal (como el habla subvocal) como una estrategia para recordar los dígitos mientras realizaban la tarea de atención selectiva (la tare priming-Stroop). Dichos procesos de codificación verbal podrían ser más necesarios cuando los participantes debían retener cinco dígitos diferentes (alta carga) que cuando sólo debían retener el mismo dígito repetido (baja carga). Como tanto la tarea atencional (Stroop) como la de memoria de trabajo tienen un componente “verbal”, es posible que



la eliminación del efecto estratégico bajo condiciones de alta carga de memoria que encuentran Ortells y cols (2017), reflejara interferencias *específicas* de tipo verbal, más que una menor disponibilidad de recursos atencionales ejecutivos de carácter *general* cuando la tarea priming-Stroop se realiza bajo condiciones de alta carga.

En este contexto realizamos el presente TFG, cuyo principal objetivo es replicar los resultados obtenidos por Ortells y cols. (2017), pero empleando una tarea de memoria de trabajo espacial, en vez de verbal, con el fin de encontrar una relación más general entre memoria de trabajo y procesos atencionales estratégicos. Para ello, los participantes realizaban la misma tarea priming-Stroop que en el estudio de Ortells y cols. (2017), pero en vez de retener series de dígitos, debían memorizar conjuntos de 4 flechas, las cuales podían apuntar todas en la misma dirección (condición baja carga de memoria de trabajo espacial), o en diferentes direcciones (condición de alta carga de memoria de trabajo). Esperamos encontrar un patrón de resultados similar al que obtuvieron Ortells y cols. (2017), es decir, bajo condiciones de baja carga de memoria de trabajo espacial, los participantes podrían desarrollar estrategias basadas en expectativas (inversión de la interferencia Stroop), mientras que, bajo condiciones de alta carga de memoria, tendrían un efecto opuesto de interferencia Stroop.

Un segundo objetivo de la presente investigación es observar si las diferencias inter-individuales en capacidades ejecutivas y de memoria de trabajo podrían afectar al desarrollo de procesos estratégicos basados en expectativas. Para lograr dicho objetivo, todos los participantes en nuestro experimento realizaron 2 tareas adicionales. La primera, utilizada para evaluar la capacidad de almacenamiento de información visual en memoria de cada participante, fue la tarea de localización del cambio visual (Johnson y cols., 2013). En cada ensayo aparece un conjunto de cuatro círculos de colores que es seguido, tras una breve demora (inferior a 1 seg.) por un segundo conjunto de 4 círculos en el que uno de ellos cambió de color. Los participantes deben señalar cuál es el círculo que cambió de color respecto al primer conjunto de círculos. La segunda tarea, que permite evaluar la capacidad de control atencional inhibitorio, es la tarea conocida como Antisacada (Unsworth, Schrock y Engle, 2004; ver también Kane, Bleckley, Conway y Engle, 2001). En cada ensayo los participantes deben identificar una letra objetivo (“O” o “Q”) que aparece muy brevemente (y enmascarada) a la izquierda o la derecha de un punto de fijación central. La letra es siempre precedida por una “señal atencional” (un asterisco) que, dependiendo del bloque de ensayos, aparece siempre en la misma

localización espacial que la letra (condición prosacada), o en la localización opuesta (condición antisacada). Para poder identificar correctamente la letra en los ensayos antisacada, los participantes deben esforzarse por inhibir los movimientos oculares sacádicos que son inducidos de una forma relativamente “automática” por la señal atencional presentada en la localización opuesta.

## **2. Método**

### **Participantes**

Participaron en la presente investigación 42 estudiantes del Grado de psicología de la Universidad de Almería (30 mujeres), la mayoría de ellos diestros (90%) y con edades comprendidas entre los 19 y los 30 años (edad promedio= 21). La investigación fue llevada a cabo de acuerdo a la normativa de bioética de la Universidad de Almería y la Declaración de Helsinki.

### **Materiales y aparatos**

El experimento se realizó en una cabina de experimentación individual, bien iluminada. Se usaron monitores de 17 pulgadas y los sujetos se colocaron a una distancia aproximada de 60 centímetros. Las respuestas fueron registradas usando un teclado y un ratón estándar. Para el diseño de las tareas experimentales, la presentación de los estímulos y el registro de las respuestas, se empleó el programa E-Prime v2.0 (Psychology Software Tools, Pittsburg, PA, USA).

En la tarea Antisacada se presentaron las letras “O” y “Q” (Courier new 18) con un tamaño de 0,86° de alto y 0,43° de ancho. También se presentó una máscara de patrón formada por 3 símbolos (\$\$\$; Arial 18). Todos los estímulos eran presentados en blanco sobre fondo negro, a la izquierda o a la derecha de un punto de fijación (el símbolo “+”), a una distancia aproximada de la fijación de 3.84°.

En la tarea de localización del cambio visual se presentaron conjuntos de 4 círculos de colores distintos con un ángulo visual de 0.96°. Estos colores podían ser: naranja (255, 113, 0), amarillo (255, 255, 0), magenta (255, 0, 255), azul (0, 0, 255), blanco (255, 255, 255), negro (0, 0, 0), cian (0, 255, 255), rojo (255, 0, 0), y verde (0, 255, 0). Los círculos coloreados se presentaron sobre un fondo gris (60, 60, 50), formando siempre una circunferencia y cada uno en un cuadrante de la pantalla. La distancia entre

el punto de fijación y el estímulo más cercano fue de 3.36° (radio menor) y el más lejano fue de 6.24° (radio mayor). Los estímulos más cercanos de cuadrantes adyacentes tenían una distancia de 4.32° y, los más lejanos, de 8.83°.

La tarea “dual” de control estratégico incluía una tarea atencional (priming-Stroop) y una tarea de memoria de trabajo espacial (memorizar un conjunto de flechas). Para la tarea priming-Stroop se presentaron las palabras “ROJO” y “VERDE” en mayúsculas (Courier new 22) escritas en color blanco y dos rectángulos de color rojo (255, 0, 0) y verde (0, 255, 0) con un tamaño aproximado de 2.6° x 7.39°. Para la tarea de memoria espacial se emplearon conjuntos formados por 4 flechas en color blanco y con un tamaño de 0.76° x 0.96°, que podían indicar 8 direcciones distintas (arriba, abajo, izquierda, derecha, izquierda arriba, izquierda abajo, derecha arriba, derecha abajo). Todos los estímulos fueron presentados sobre un fondo negro. Para responder al color del target (el rectángulo de color) se usaron las teclas “B” y “N”, sobre las que se pusieron pegatinas de color rojo y verde para facilitar la tarea, y, para responder a la prueba de memoria (flechas), se usaron las teclas 1 y 2 del teclado numérico.

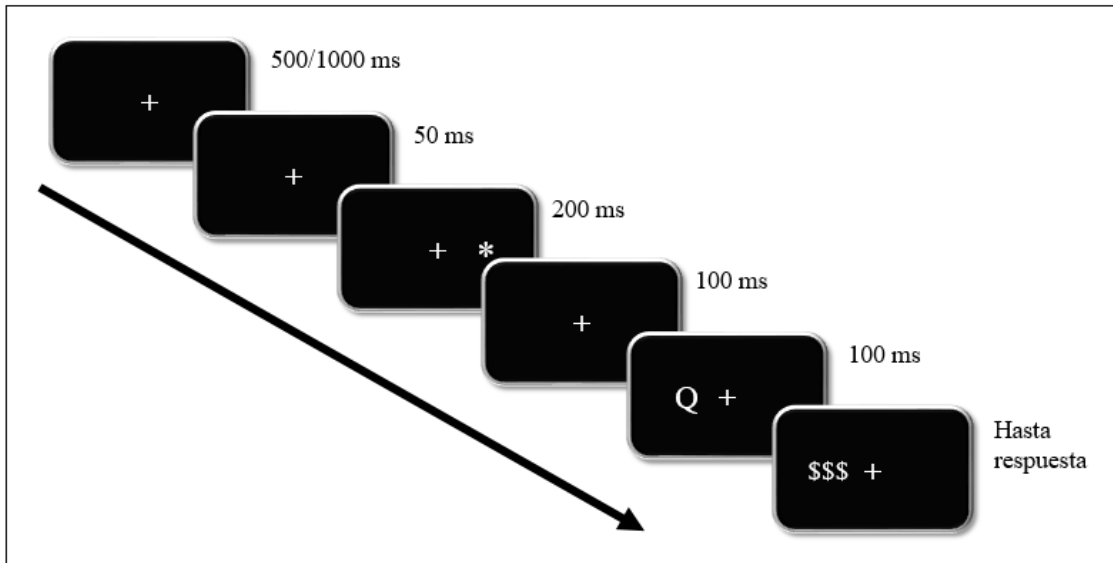
### **Diseño y procedimiento**

Antes de comenzar la prueba, los participantes recibieron instrucciones sobre las diferentes tareas experimentales a realizar, y todos las realizaron en el siguiente orden: (a) Antisacada; (b) Localización del cambio visual y (c) Tarea de control estratégico (tareas de Memoria de trabajo espacial y de priming-Stroop)

#### **1. Tarea Antisacada**

Cada ensayo comenzaba con una pantalla en blanco durante 400 ms, seguida por un punto de fijación central (+), que se presentaba junto a marcos rectangulares a ambos lados de la fijación, con una duración variable entre 500 y 1000 ms (ver la Figura 1). Trascurridos 50 ms desde la desaparición de la fijación, aparecía una “señal atencional” (asterisco) en el centro de uno de los marcos rectangulares durante 200ms, seguida por una pantalla en blanco durante 100 ms. A continuación, se presentaba dentro del mismo rectángulo que el asterisco anterior (o en el rectángulo del otro campo visual, dependiendo del bloque de ensayos) una letra (Q u O) durante 100 ms, la cual era reemplazada por una máscara de patrón (\$\$\$) que permanecía en la pantalla hasta que el participante daba su respuesta, indicando pulsando las teclas 1 y 2 del teclado para indicar si la letra era una

Q o una O. La correspondencia letra (Q u O) y teclas de respuesta (1 o 2) fue contrabalanceada a través de los participantes.



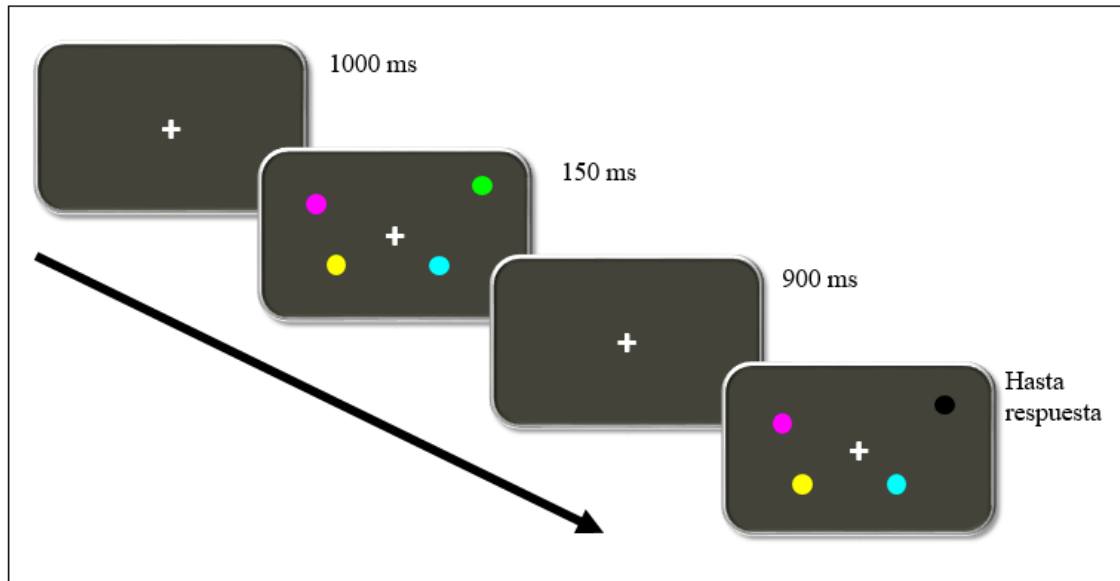
**Figura 1.** Secuencia de eventos y su respectiva duración en la tarea Antisacada

La tarea se dividía en dos bloques de ensayos: un bloque en el que la letra aparecía en el mismo campo visual en el que estaba el asterisco (bloque prosacada) y otro bloque en el que la letra aparecía en el marco rectangular opuesto a la localización del asterisco (bloque antisacada). Cada bloque constaba de 16 ensayos de práctica y 48 experimentales, 24 ensayos en los que se presentaba la letra “O” y 24 en los que aparecía la letra “Q”. Ambas letras se presentaban a la izquierda o a la derecha del punto de fijación el mismo número de ensayos (12). El tipo de bloque de ensayos (Antisacada vs Prosacada) se indicaba antes de comenzar el mismo, de modo que los participantes conocían el lugar en el cual saldría la letra y podían prepararse. El orden de presentación de los bloques antisacada y prosacada se contrabalanceó a través de los participantes.

## 2. Tarea de localización del cambio visual de Johnson

Cada ensayo comenzaba con un punto de fijación en el centro de la pantalla durante 1000 ms (que permanecía en pantalla durante todo el ensayo), seguido por un conjunto de 4 círculos, cada uno de un color distinto, que se presentaban alrededor del punto de fijación (en cada uno de los 4 cuadrantes en los que se dividió la pantalla) durante 150 ms. Después de una pantalla en blanco de 900 ms, volvían a aparecer los 4 círculos, en las mismas posiciones anteriores, pero uno de ellos había cambiado de color (ver la

Figura 2). Los participantes debían indicar la localización del círculo cuyo color había cambiado, usando para ello el ratón.



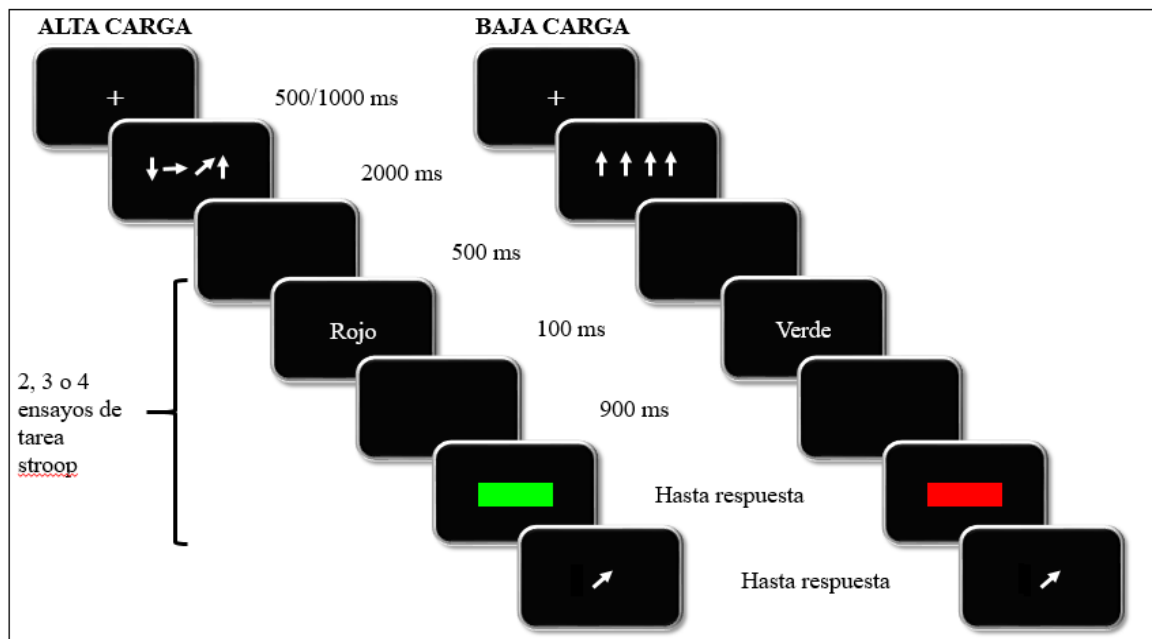
**Figura 2.** Secuencia de eventos de un ensayo en la tarea de localización del cambio visual

La tarea comenzaba con un bloque de 12 ensayos de prácticas, seguido por 64 ensayos experimentales constituidos por 2 bloques consecutivos de 32 ensayos cada uno, con una pantalla de descanso entre ambos bloques. En cada ensayo variaba de forma aleatoria tanto el color y la posición de los círculos en cada cuadrante, como el color y posición del círculo que cambiaba de color en el segundo conjunto de 4 círculos.

### 3. Tarea priming-Stroop de control estratégico

Cada ensayo comenzaba con un punto de fijación central (+) con una duración variable entre 500 y 1000 ms, el cual era seguido por un conjunto 4 flechas, durante 2000 ms, que el participante debía retener en su memoria. En la condición de alta carga de memoria de trabajo espacial, las cuatro flechas apuntaban a 4 direcciones diferentes, seleccionadas de forma aleatoria de entre 8 posibles orientaciones. En la condición de baja carga de memoria espacial, las cuatro flechas apuntaban hacia la misma dirección. Tras la desaparición de las 4 flechas y después de una pantalla en blanco con una duración de 500 ms, los participantes realizaban 2, 3 o 4 ensayos de la tarea priming-Stroop (el número de ensayos variaba de forma aleatoria). En cada ensayo priming-Stroop, se presentaba una palabra prime (“ROJO” y “VERDE”) durante 100 ms, seguidos por una pantalla en blanco durante 900 ms, y por un rectángulo de color (el estímulo target “rojo” o “verde”) al que los participantes debían responder usando las teclas “b” y “n” (la

asignación color/tecla de respuesta se contrabalanceó a través de los participantes). En el 80% de ensayos priming-Stroop, las palabras y el target hacían referencia a colores diferentes (ensayos incongruentes), mientras que en el 20% de los ensayos hacían referencia al mismo color (ensayos congruentes). Tras realizar 2, 3 o 4 ensayos priming-Stroop, aparecía una sola flecha como estímulo de prueba de memoria, debiendo los participantes indicar (pulsando las teclas 1 o 2) si dicha flecha formaba parte o no formaba parte del conjunto de 4 flechas presentado al comienzo de los ensayos priming-Stroop (ver la Figura 3).



**Figura 3.** Secuencia de eventos y tiempos de presentación de la tarea priming-Stroop de control estratégico

La prueba constaba de 36 ensayos de práctica seguidos por 180 ensayos experimentales priming-Stroop, estos últimos divididos en dos bloques: 90 ensayos priming-Stroop correspondían a la condición de alta carga de memoria de trabajo espacial y 90 a la condición de baja carga de memoria espacial. En cada conjunto de 90 ensayos priming-Stroop, la palabra prime y el parche de color hacían referencia a colores opuestos en 72 ensayos (incongruentes), y al mismo color en 18 ensayos (congruentes). En ambas condiciones, el target (rectángulo de color) era rojo o verde en el mismo número de ensayos. En cada conjunto de 90 ensayos priming-Stroop presentados en los 2 bloques de carga de memoria (alta vs. baja), los participantes realizaban 30 ensayos de la prueba de memoria, 15 en la flecha de prueba se correspondía con una de las 4 flechas presentadas al comienzo del ensayo, y 15 en los que dicha flecha apuntaba a una dirección diferente. En cada uno de los 2 conjuntos de 30 ensayos de memoria relativos las condiciones de

alta y de baja carga de memoria, 10 ensayos de memoria contenían 2 ensayos priming-Stroop, 10 contenían 3 ensayos priming-Stroop, y 10 incluían 4 ensayos priming-Stroop consecutivos. El orden de los bloques de ensayos de alta y de baja carga de memoria de trabajo se contrabalanceó a través de los participantes.

### 3. Resultados

Los análisis de las respuestas de los participantes al estímulo de prueba (flecha) en la tarea memoria de trabajo espacial confirman que la manipulación de la carga de memoria fue efectiva en nuestra investigación. Los tiempos de respuesta en la prueba de memoria fueron significativamente mayores en la condición de alta carga de memoria espacial (1977 ms) que en la condición de baja carga (1677 ms;  $t(41) = 4.29, p < 0.001$ ). La diferencia en los porcentajes de aciertos entre ambas condiciones fue también significativa, con un mayor porcentaje de aciertos en la condición de baja carga de memoria (0.93) que en la de alta carga (0.70;  $t(41) = 14.75, p < 0.001$ ).

Para el análisis de las respuestas a la prueba priming-Stroop, se excluyeron aquellos ensayos en los que la respuesta al target (el rectángulo de color) fue incorrecta (1.9%), y también aquellos con tiempos de respuesta inferiores a 200 ms o superiores a 1600 ms. También se excluyeron los ensayos en los que la respuesta de la prueba de memoria fue incorrecta.

**Tabla 1.** Medias de los Tiempos de Reacción (en ms) y porcentajes de errores (%) en función de la carga de la tarea de memoria de trabajo espacial (Alta vs. Baja carga) y la Congruencia entre la palabra prime y el target de color (congruente vs. incongruente) en la tarea priming-Stroop (desviaciones típicas entre paréntesis)

	Congruencia Prime-Target	
	Congruente	Incongruente
<b>Carga de Memoria de Trabajo</b>		
<b>Baja Carga</b>	545.7 (104.9) 2.7 (7.9)	543.2 (94.5) 1.5 (2.4)
<b>Alta Carga</b>	550.5 (108.04) 1.4 (6.3)	592.5 (88.9) 1.9 (5.5)

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas sobre los tiempos de reacción y el porcentaje de aciertos de las respuestas de los participantes en la tarea priming-Stroop (ver Tabla 1), considerando como variables intra-sujeto la carga de memoria de trabajo espacial (Baja vs. Alta carga) y la congruencia prime-target (Congruente vs. Incongruente).

El análisis de los errores no mostró ningún efecto significativo. El ANOVA sobre los TRs mostró un efecto principal significativo de la Congruencia ( $F(1, 41) = 4.44, p = 0.041, \eta^2 = 0.098$ ), que indica que las respuestas eran más rápidas en los ensayos congruentes (548 ms) que en los incongruentes (567 ms), es decir un efecto de interferencia Stroop. Pero el resultado más relevante fue una interacción significativa entre las Congruencias y la Carga de memoria de trabajo ( $F(1, 41) = 7.317; p = 0.01; \eta^2 = 0.15$ ). El análisis de esta interacción muestra que, cuando los participantes realizan la tarea priming-Stroop bajo condiciones de alta carga de memoria espacial, sus respuestas son más lentas en los ensayos incongruentes (592 ms) que en los congruentes (550 ms;  $t(41) = 3.16, p = 0.03$ ). Es decir, la alta carga de memoria produce un efecto significativo de interferencia Stroop similar al observado por Ortells y cols (2017) con una tarea de memoria verbal. Por el contrario, bajo condiciones de baja de memoria espacial, existía un efecto conductual opuesto (congruente = 546 ms; incongruente = 543), pero, a diferencia de lo observado en el estudio de Ortells y cols, dicha inversión estratégica de la interferencia Stroop no era significativa ( $t < 1$ ).

Una inspección de los resultados mostraba, sin embargo, la existencia de una alta variabilidad inter-individual que, en esta última condición, podría ser responsable de la ausencia de efectos estratégicos significativos. Por ello, decidimos realizar un nuevo análisis de los resultados dividiendo a los participantes en dos grupos (ver Tabla 2), de acuerdo a su rendimiento en tarea de memoria visual (Localización del cambio). El rendimiento de los participantes en esta tarea se evaluó empleando una variante del denominado “índice  $K$ ” de Cowan y Pashler (Cowan y cols. 2005; Pashler, 1988), que indica la cantidad de información que podemos mantener activa en la memoria inmediata. Teniendo en cuenta que en esta tarea no existen falsas alarmas y en todos los ensayos hay un estímulo que cambia de color, la capacidad de memoria de cada participante (índice  $K$ ) se obtiene multiplicando su porcentaje de aciertos por 4 (el número de círculos presentados en cada ensayo). El índice  $K$  de cada participante oscilaría entre un valor mínimo = 0 y un valor máximo = 4, que correspondería a un 100% de los aciertos. Para



dividir a los participantes, se realizó una mediana de las puntuaciones del “índice K” ( $M_e=3.16$ ), de forma que aquellos con una puntuación mayor a la mediana fueron asignados al grupo de “alta capacidad”, y los que mostraran una puntuación inferior a la mediana se asignaron al grupo de “baja capacidad”.

**Tabla 2.** Capacidad promedio (desviaciones típicas entre paréntesis) de memoria visual (índice K; mín = 0; máx. = 4) y diferencias en la velocidad (TRs) y precisión de las respuestas (% aciertos) entre los bloques Antisacada y Prosacada de la tarea Antisacada de los participantes con mayor y menor capacidad de memoria visual.

	<b>Diferencias Antisacada vs. Prosacada</b>		
	<b>Índice K</b>	<b>TR (ms)</b>	<b>AC%</b>
<b>Grupo Alta Capacidad</b>	3.46 (.18)	116.9 (119.7)	.11 (.15)
<b>Grupo Baja Capacidad</b>	2.73 (.34)	102.1 (89.9)	.10 (.13)

Como puede observarse en la Tabla 2, mientras la capacidad promedio de memoria (índice K) entre ambos grupos de participantes era significativamente diferente ( $t(40) = 7.06; p < 0.001$ ), las diferencias entre los ensayos antisacada y prosacada, tanto en la velocidad como en la precisión de las respuestas fueron muy similares para ambos grupos de participantes ( $t < 1$ ).

En la Tabla 3 se muestran los tiempos de reacción y el porcentaje de errores de cada grupo de participantes (alta y baja capacidad) en la tarea priming-Stroop, en función de la carga de memoria espacial y de la congruencia prime-target.

**Tabla 3.** Medias de los Tiempos de Reacción (en ms) y porcentajes de errores (%) en función de la carga de la tarea de memoria de trabajo (Alta vs. Baja) y la Congruencia entre prime-target (congruente vs. incongruente) en la tarea Stroop (desviaciones típicas entre paréntesis) de los participantes con alta y baja capacidad de memoria visual (K máx. = 4).

	Congruencia Prime-Target	
	Congruente	Incongruente
<b>Grupo Baja Capacidad</b>		
<b>Baja Carga</b>	554.9 (83.5) 2.4 (2.1)	583.6 (77.9) 1.5 (2.6)
<b>Alta Carga</b>	563.2 (76.37) 1.6 (7.2)	601.7 (66.29) 3.1 (7.3)
<b>Grupo Alta Capacidad</b>		
<b>Baja Carga</b>	536.5 (132.8) 3.1 (8.9)	502.8 (93.8) 1.4 (7.9)
<b>Alta Carga</b>	537.9 (133.3) 1.2 (5.4)	583.3 (107.7) 1.1 (2.3)

Los resultados del ANOVA mostraron de nuevo una interacción significativa entre la Carga y la Congruencia ( $F(1, 40) = 8.004, p = 0.07, \eta^2 = 0.17$ ), y, lo que es aún más relevante, una interacción de segundo orden significativa entre la Carga, la Congruencia y la variable Grupo ( $F(1, 40) = 4.85, p = 0.03, \eta^2 = 0.11$ ).

El análisis de esta última interacción muestra un patrón diferente de resultados para los participantes con alta y baja capacidad de memoria visual. En el grupo de alta capacidad encontramos que la manipulación de la carga de memoria de trabajo producía efectos significativos opuestos en la tarea priming-Stroop: un efecto de interferencia Stroop con alta carga de memoria carga ( $t(20) = -2.205; p = 0.039$ ), y una inversión estratégica de la interferencia con baja carga ( $t(20) = 2.4; p = 0.026$ ), tal y como observaron Ortells y cols (2017) con una tarea de memoria verbal. Por el contrario, en los participantes con una capacidad inferior de memoria visual, encontramos de nuevo un efecto significativo de interferencia Stroop bajo condiciones de alta carga de memoria ( $t(20) = 2.23; p = 0.037$ ); pero, bajo condiciones de baja carga de memoria, seguía apareciendo un efecto marginalmente significativo de interferencia ( $t(20) = 1.79$ ;

$p = 0.08$ ), en vez de la inversión estratégica observada en el grupo de participantes con alta capacidad de memoria.

#### **4. Discusión**

La presente investigación perseguía el objetivo fundamental de replicar y extender los resultados obtenidos por Ortells y cols. (2017) en su investigación, en la que investigaron la relación directa entre procesos estratégicos controlados en la atención selectiva y la disponibilidad de recursos de memoria de trabajo. En dicho estudio, los participantes realizaban una versión secuencial de la tarea Stroop con proporción diferencial de ensayos incongruentes y congruentes similar a la empleada en otros trabajos previos (v.g., Froufè y cols., 2009; ver también Merikle y Joordens, 1997; Daza y cols., 2002). Dicha tarea priming-Stroop se realizaba de forma concurrente a una tarea de memoria de trabajo verbal bajo diferentes condiciones de dificultad (alta vs. baja carga): Los participantes realizaban 2, 3 o 4 ensayos de la tarea priming-Stroop (en la que el 80% de los ensayos eran incongruentes) mientras retenían en su memoria cinco dígitos, que podían ser iguales (condición de baja carga de memoria de trabajo) o diferentes (condición de alta carga). Los resultados mostraron que, en la condición de baja carga de memoria de trabajo, los participantes fueron más rápidos (y cometieron menor número de errores) en los ensayos incongruentes que, en los congruentes, produciéndose así una inversión estratégica de la interferencia Stroop (desarrollaban estrategias basadas en expectativas). Dicho efecto estratégico desaparecía y daba lugar a un efecto opuesto (automático) de interferencia Stroop bajo condiciones de alta carga de memoria de trabajo. Sin embargo, tanto la tarea priming-Stroop (identificar palabras de color) como la de memoria de trabajo (retener series de dígitos) tenían un componente verbal, por lo que es posible que la eliminación del efecto estratégico que encuentran Ortells y cols. (2017) cuando la tarea de priming-Stroop se realizaba bajo condiciones de alta carga, fueran la consecuencia de interferencias específicas de tipo verbal (v.g., habla subvocal), más que de una menor disponibilidad de recursos atencionales ejecutivos de carácter general.

Basándonos en estos argumentos, en el presente estudio se pretende explorar si el rendimiento en la tarea priming-Stroop puede resultar modulado por la mayor (o menor) carga cognitiva en una tarea de memoria de trabajo espacial, en lugar de verbal. Para ello, los participantes realizaron una tarea “dual” similar a la que se usó en la investigación de Ortells y cols. (2017), pero, en la prueba de memoria de trabajo, en lugar de 5 dígitos,

debían retener un conjunto de flechas que podían apuntar en la misma dirección (condición de baja carga de memoria de trabajo espacial) o en distintas direcciones (condición de alta carga de memoria). Cambiando el componente verbal de la tarea de memoria de trabajo por un componente espacial, se persigue obtener resultados que reflejen que, cuando se elimina el efecto estratégico al realizar la tarea priming-Stroop bajo condiciones de alta carga, sea debido a una menor disponibilidad de recursos atencionales ejecutivos de carácter general, no a interferencias específicas de tipo verbal. Obsérvese que los participantes no serían capaces de usar procesos de codificación verbal (como el habla subvocal) para retener el conjunto de cuatro flechas, como sí que podían haberlo hecho para retener cinco dígitos. Además, otra modificación del presente estudio respecto al de Ortells y cols. (2017), es haber igualado el intervalo de retención en las condiciones de alta y baja carga de la tarea de memoria de trabajo espacial. Es decir, tanto el conjunto de cuatro flechas iguales como las cuatro flechas distintas permanecen el mismo tiempo en la pantalla (2000 ms); esta modificación se realizó con la intención de maximizar la diferencia entre baja y alta carga de memoria de trabajo espacial.

Los resultados de la presente investigación replican los obtenidos en el estudio de Ortells y cols. (2017), aunque de forma parcial. En este sentido, encontramos una interacción significativa entre carga y congruencia prime-target: en la condición de alta carga, los participantes eran más rápidos en los ensayos congruentes, mientras que, en la condición de baja carga, eran más rápidos en los ensayos incongruentes. Sin embargo, al comparar los tiempos de respuesta de la condición congruente con los de la condición incongruente en las distintas situaciones de carga de memoria de trabajo, se encontraron diferencias significativas en la condición de alta carga, pero no en la baja carga. Esto quiere decir que, en la condición de alta carga de memoria de trabajo, se producía un efecto de interferencia Stroop, pero, en la condición de baja carga, en lugar de invertir el patrón desarrollando estrategias basadas en expectativas, simplemente no se producía interferencia Stroop.

En vista de estos resultados, pensamos que es posible que las diferencias inter-individuales en capacidades ejecutivas y memoria de trabajo pudieran afectar al desarrollo de procesos estratégicos facilitadores, teniendo en cuenta la alta variabilidad entre los participantes en la tarea priming-Stroop. Por ello dividimos a los participantes en base a su rendimiento en la tarea de memoria visual (localización del cambio), como hicieron otros investigadores en estudios previos empleando otras tareas de amplitud de

memoria para evaluar las capacidades ejecutivas de los participantes (v.g., Ahmed y De Fockert, 2012). Los participantes que mostraron un mayor rendimiento en esta tarea (21) fueron asignados al grupo “alta capacidad” y el resto de participantes (21), cuya puntuación fue menor, fueron asignados al grupo “baja capacidad”.

Los resultados de la tarea priming-Stroop mostraron una interacción significativa entre Grupo, Carga y Congruencia, lo que se traduce en diferencias significativas en los tiempos de respuesta entre el grupo de mayor capacidad y el de menor capacidad. Los participantes con mayor capacidad de memoria de trabajo fueron más rápidos y cometieron menor número de errores en los ensayos incongruentes que en los congruentes bajo condiciones de baja carga. Por el contrario, bajo condiciones de alta carga, este patrón se invirtió, siendo más rápidos en los ensayos congruentes que en los incongruentes. Así, el grupo con alta capacidad de memoria de trabajo mostró interferencia Stroop en la condición de alta carga de memoria de trabajo, y un efecto estratégico opuesto en la condición de baja carga. En lo que respecta al grupo de baja capacidad de memoria, los participantes fueron más lentos en los ensayos incongruentes que en los ensayos congruentes, tanto en la situación de alta carga de memoria de trabajo como también en la situación de baja carga. Es decir, en ambas condiciones de carga de memoria mostraron un efecto de interferencia Stroop, aunque este fue menor bajo condiciones de baja carga de memoria de trabajo.

Por tanto, se podría concluir que las diferencias inter-individuales en capacidades ejecutivas y memoria de trabajo influyen en el desarrollo de procesos estratégicos, ya que sólo el grupo de alta capacidad de memoria de trabajo consiguió desarrollar estrategias basadas en expectativas en la situación de baja carga de memoria de trabajo, mientras que el grupo de baja capacidad únicamente conseguía reducir la interferencia Stroop. Estos resultados pudieron ser debidos a que la prueba de memoria de la condición de baja carga (4 flechas iguales) agotaba los recursos de memoria de trabajo de los participantes con menor capacidad de memoria de trabajo y, por tanto, no fueran capaces de desarrollar estrategias basadas en expectativas.

En definitiva, esta investigación ha conseguido aportar más pruebas de la relación entre memoria de trabajo y procesos atencionales estratégicos, demostrando que una menor disponibilidad de recursos de memoria de trabajo interfiere de forma general en el desarrollo de estrategias basadas en expectativas, incluso cuando ambas tareas implican diferentes tipos de información (verbal vs. espacial).

## 5. Referencias

- Ahmed, L., y De Fockert, J.W. (2012). Focusing on attention: the effects of working memory capacity and load on selective attention. *PLoS ONE* 7, 1-11.
- Cowan, N. (2005). Working memory capacity. Hove, East Sussex, VK: Psychology Press
- Conway, A.R., Tuholski, S.W., Shisler, R. J., y Engle, R. W. (1999). The effect of memory load on negative priming: an individual differences investigation. *Mem. Cognit.* 27, 1042-1050.
- Daza, M. T., Ortells, J. J., y Fox, E. (2002). Perception without awareness: Further evidence from a Stroop priming task. *Perception and Psychophysics*, 64, 1316-1324.
- De Fockert, J.W. (2013). Beyond perceptual load and dilution: a review of the role of working memory in selective attention. *Front. Hum Neurosci. Vol 4*.
- De Fockert, J. W., Rees, G., Frith, C. D., y Lavie, N. (2001). The role of working memory in visual selective attention. *Science* 291, 1803-1806.
- Engle, R. W., y Kane, M. J. (2004). "Executive attention, working memory capacity, and a two-factor theory of cognitive control" in *The Psychology of Learning and Motivation*, ed. B. Ross (Nueva York), 145-199.
- Froufe, M., Cruz, I., y Sierra, B. (2009). (dis)Función ejecutiva en personas mayores con y sin Alzheimer: Actuación estratégica basada en expectativas. *Psicológica* 30, 119-135.
- Heyman, T., Van Rensbergen, B., Storms, G., Hutchison, K.A., y De Deyne, S. (2014). The influence of working memory load on semantic priming. *J. Exp. Psychol. Learn.* 41, 911-920.
- Hutchison, K. A., Heap, S. J., Neely, J. H., y Thomas, M. A. (2014). Attentional control and asymmetric associative priming. *J. Exp. Psychol. Learn.* 40, 844-856.
- Johnson, M. K., McMahan, R. P., Robinson, B. M., Harvey, A. N., Hahn, B., Leonard, C. J., Luck, S. J., y Gold, J. M. (2013). The relationship between working memory capacity and broad measures of cognitive ability in healthy adults and people with schizophrenia. *Neuropsychology*, 27(2), 220-229.
- Kane, M.J., Bleckley, M.K., Conway, A.R.A., & Engle, R.W. (2001). A controlled-attention view of working memory capacity. *J. Exp. Psychol. Gen.* 130, 169-183.

- Kane, M. J., Conway, A. R. A., Hambrick, D. Z., y Engle, R. W. (2007). "Variation in working memory capacity as variation in executive attention and control", in *Variation in Working Memory*, eds A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake, y J. N. Towse (Nueva York) 21-48.
- Kane, M. J., y Engle, R. W. (2003). Working-memory capacity and the control of attention: the contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *J. Exp. Psychol. Gen.* 132, 47-70.
- Lavie, N., Hirst, A., de Fockert, J. W., y Viding, E. (2004). Load theory of selective attention and cognitive control. *J. Exp. Psychol. Gen.* 133, 339-354.
- Merikle, P. M., y Joordens, S. (1997). Parallels between perception without attention and perception without awareness. *Conscious. Cogn.* 6, 219-236.
- Ortells, J.J, Noguera, C., Álvarez, D., Carmona, E., y Houghton, G. (2016). Individual differences in working memory capacity modulates semantic negative priming from single prime words. *Frontiers in Psychology*, 7:1286
- Ortells, J.J, Álvarez, D., Noguera, C., Carmona, E., y de Fockert J. W. (2017) The influence of working memory load on expectancy-based strategic processes in the Stroop-Priming task. *Frontiers in Psychology*, 8, 1-8.
- Pashler, H. (1988). Familiarity and the detection of change in visual displays. *Perception & Psychophysics*, 44, 369-378
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annu. Rev. Neurosci.* 35, 73–89.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643–662.
- Unsworth, N., Schrock, J. C., y Engle, R. W. (2004). Working memory capacity and the antisaccade task: Individual differences in voluntary saccade control. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 30(6), 1302-1321.