



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

**EFFECTOS DE LA MODULACIÓN
ATENCIONAL SOBRE LA MEMORIA
VISUAL A CORTO PLAZO: ESTUDIO
DE COSTES Y BENEFICIOS**

MANUEL GARCÍA CAÑABATE

GRADO EN PSICOLOGÍA

TUTORES: JUAN LUPIÁÑEZ CASTILLO

FABIANO BOTTA

GRANADA, 2017-2018

ANEXO VI

UNIVERSIDAD
DE GRANADAFacultad
de
Psicología**Declaración de Originalidad del TFG**

(Este documento debe adjuntarse cuando el TFG sea depositado para su evaluación)

D. Manuel García Cañabate, con DNI (o pasaporte) 77137356-W declaro que el presente Trabajo de Investigación es original, no habiéndose utilizado fuentes sin ser citadas debidamente. En caso de TFGs vinculados con las Prácticas Externas, declaro que el TFG es un trabajo con entidad independiente a la memoria de Prácticas presentada.

Para que conste así lo firmo el 5 de diciembre de 2018.

Firma del Alumno/a

Manuel García Cañabate

Los datos personales recogidos serán incorporados y tratados en el fichero **alumnos/as**, cuya finalidad es el almacenamiento de datos personales, académicos y administrativos de los alumnos de la Universidad de Granada para la gestión de sus expedientes, con las cesiones previstas legalmente. El órgano responsable del fichero es la **Secretaría General de la Universidad de Granada**, y la dirección donde la persona interesada podrá ejercer los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición es "Secretaría General de la Universidad de Granada. Avda. del Hospicio s/n, Hospital Real, 18071, Granada". De todo lo cual se informa en cumplimiento del artículo 5 de la ley orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de carácter personal.

Resumen

Cuando observamos una imagen rica en detalles y después cerramos los ojos, se produce un decaimiento en la calidad del recuerdo visual conforme pasa el tiempo, provocando que poco después solo recordemos rasgos generales. Esto es debido al funcionamiento de la memoria visual a corto plazo, la cual se puede dividir en una parte sensorial compuesta por dos almacenes de memoria icónica y memoria frágil, y otra parte donde se encuentra el almacén de memoria de trabajo.

Actualmente hay consenso entre los investigadores respecto a que la memoria de trabajo dependa de la atención, pero existe un debate sobre el papel que cumple la atención respecto a ambos almacenes sensoriales.

El objetivo de este estudio es investigar la relación de dependencia de estos almacenes de memoria respecto a los procesos atencionales. Para ello hemos realizado un análisis comparativo de los costes y beneficios atencionales en cada tipo de memoria utilizando un paradigma de detección de cambio bajo una modulación atencional simultánea exógena y endógena con señales contrapredictivas. De esta forma, medimos la incidencia atencional en cada tipo de memoria y los efectos que causa en el recuerdo de la información cuando se produce un efecto atencional doble, endógeno contra exógeno en la etapa de codificación. Los resultados indicaron beneficios mayores tanto en la memoria de trabajo como en la memoria frágil comparados con la memoria icónica respectivamente. No se encontraron diferencias en los costes, respaldando resultados de estudios previos y demostrando así la importante relación entre modulación atencional y rendimiento en función del tipo de memoria.

Palabras clave: Memoria Visual a Corto Plazo, Memoria Icónica, Memoria Frágil, Memoria de Trabajo, Modulación Atencional, Atención Exógena, Atención Endógena, Señal Contrapredictiva.

Introducción

Imagine encontrarse en un mirador en altura donde puede contemplar un paisaje muy atractivo del lugar, por ejemplo frente a la Alhambra de Granada. Puede ver edificios emblemáticos, torres, árboles, montañas, un río... Pero cuando cierra los ojos esa percepción tan detallada del paisaje comienza a desvanecerse de su mente y unos momentos más tarde solo puede recordar algunos elementos generales de la imagen. Esta situación ejemplifica un aspecto fundamental de la memoria visual humana a corto plazo (MVCP) según Pinto, Sligte, Shapiro, & Lamme (2013): ésta es inicialmente muy completa y rica pero también muy breve en su duración y, más tarde, se vuelve más pobre en detalles pero más sostenida en el tiempo. Generalmente, esta forma inicial de memoria de alta capacidad pero muy breve se conoce como memoria icónica (MI; Neisser, 1967; Sperling, 1960); en cambio, la forma más dispersa y pobre en información pero de mayor durabilidad, como memoria de trabajo visual (MT; Luck & Vogel, 1997; Vogel, Woodman, & Luck, 2001).

Memoria Icónica (MI)

Una de las dos entidades en las que tradicionalmente se ha dividido la MVCP. Según teorías clásicas, esta primera etapa se caracteriza por ser un almacén sensorial capaz de albergar gran capacidad de información visual durante breves períodos de tiempo (Pinto et al, 2013; Vandembroucke, Sligte & Lamme, 2011) y que puede borrarse al pasar medio segundo (Averbach & Coriell, 1961; Sperling, 1960) después de la finalización de un estímulo o sobrescribirse fácilmente por nueva estimulación visual (Sligte, Scholte & Lamme, 2008).

Actualmente, estudios sobre este tipo de almacén plantean si el decaimiento de la información con el tiempo se produce de una forma gradual o siguiendo un modelo categórico todo-nada (Pratte, 2018). Algunos resultados sugieren que el recuerdo de información sobre características visuales simples como el color o la orientación de los ítems decae gradualmente; no obstante, el borrado repentino de la MI es plausible ya que otros estudios indican que los movimientos oculares (Irwin, 1992) y los parpadeos (Thomas & Irwin, 2006) pueden borrar el almacén icónico.

Memoria de Trabajo Visual (MT)

Es comúnmente conocida como la segunda etapa en el procesamiento de la MVCP. Se caracteriza tradicionalmente por ser un almacén capaz de retener poca capacidad de información visual (Pinto et al., 2013; Cowan, 2001; Luck & Vogel, 1997; Rouder, Morey, Cowan, Zwillig, Morey & Pratte, 2008; Zhang & Luck, 2008) durante periodos más duraderos que la MI (Vandenbroucke et al., 2011). Muchas teorías postulan que parte de la información de la MI se transfiere a este segundo almacén más resistente y relacionado con la atención, donde puede mantenerse y manipularse cognitivamente de manera más fiable (Atkinson & Shiffrin, 1968; Vandenbroucke et al., 2011). Concretamente, este tipo de almacén puede contener información precisa sobre un máximo de 4 ítems aproximadamente, aunque la capacidad exacta parece depender de la complejidad del estímulo y la organización visual de estos ítems en el conjunto de la imagen (Sligte et al., 2008). La información en la MT no decae enseguida (Zhang & Luck, 2009), sino que se mantiene desde segundos hasta varios minutos y es resistente al enmascaramiento visual (Pinto et al., 2013; Luck & Vogel, 1997; Philips, 1974).

Recientemente se han producido hallazgos que tratan de rebatir este punto de vista de dos etapas dentro del almacenamiento de la información visual con el descubrimiento de una nueva forma intermedia de MVCP denominada memoria frágil (Sligte et al., 2008). Este tipo de memoria es un almacén separado de la MT y de la MI. Así, parece existir una división tripartita de la MVCP, que comprende memoria icónica, memoria frágil y memoria de trabajo (Vandenbroucke et al., 2011).

Memoria Frágil (MF)

Este nuevo tipo de almacén de información visual ha sido encuadrado como una etapa intermedia dentro de la MVCP por investigaciones recientes. Esta etapa intermedia tiene capacidad para albergar información de hasta 15 ítems y una duración de 4 segundos aproximadamente (Lepsien, Griffin, Devlin & Nobre, 2005; Sligte et al., 2008; Sligte, Scholte & Lamme, 2009). Este almacén frágil registra características específicas de los ítems como la forma y su ubicación dentro del conjunto visual, pero también se borra fácilmente bajo una estimulación del mismo tipo muy similar a la exposición anterior (Pinto et al., 2013).

Generalmente, estos tres tipos de almacenes existentes de la MVCP se han evaluado mediante el uso del paradigma de detección de cambio en combinación con una señal anterior “retrocue” o una señal posterior “postcue” (Botta & Lupiáñez, 2014; Jans, B., Peters, J. C., & DeWeerd, P., 2010; Pinto et al., 2013; Sligte et al., 2008; Vandembroucke et al., 2011). En este paradigma, los participantes deben decidir si las letras contenidas en la matriz de memoria son idénticas o no a las presentadas en la matriz de respuesta posterior (ver Fig. 3). Una señal presentada después de la matriz de memoria indica entonces por cual ubicación se preguntará y se informa a los participantes que sólo la letra indicada por la señal puede cambiar de una matriz a otra. El cambio entre ambas ocurre en el 50% de los casos. Es importante destacar que la señal se puede presentar durante el espacio en blanco entre la matriz de memoria y la de respuesta (condición “retro-cue”), o justo después de la matriz de respuesta (condición “postcue”).

En la condición “retrocue”, los participantes pueden acceder a la información relevante en la ubicación de la señal antes de que se presente la información interferente producida por la matriz de respuesta. Por otro lado, en la condición “postcue”, se puede acceder a la información relevante solamente después de que se haya presentado la información visual interferente. Dependiendo de la demora entre la señal “retrocue” y la matriz de respuesta, este tipo de señal se utiliza para medir la MI (demora corta) o MF (demora larga). Las señales “postcue” se utilizan para evaluar la MT. El procedimiento se lleva a cabo así debido a que ambos tipos de memoria sensorial son fácilmente enmascarables por la matriz de respuesta, como ya se ha mencionado anteriormente, mientras que la memoria de trabajo no lo es. En la condición “retrocue” no hay enmascaramiento por parte de la matriz de respuesta, el sujeto atiende al sitio donde tiene que responder antes que se presente la matriz de respuesta que es la que enmascara la matriz de memoria. En caso contrario, en la condición de “postcue” el sujeto atiende al sitio donde tiene que responder después que se presente la matriz de respuesta, por esta razón la matriz de memoria en esta condición sufre de interferencia visual o enmascaramiento.

Estudios preliminares postulan que la atención no es necesaria para el mantenimiento de la MF porque ésta excede la capacidad de la atención selectiva (Sligte et al., 2008) pero este es un debate abierto actualmente. Según Landman, Spekreijse & Lamme (2003), las representaciones en este almacén no dependen de la atención ya que

incluso después de atender a un ítem específico voluntariamente durante la etapa de codificación en la MVCP, los demás ítems “no atendidos” conscientemente aún pueden ser recuperados. Es decir, los ítems permanecen disponibles en la MF incluso si no hay una selección atencional intencionalmente directa hacia ellos, por lo que podría pensarse que la MF no depende de la atención selectiva (Vandenbroucke et al. 2011) y puede ser catalogada como un proceso no consciente. Opuestamente, otros estudios como el de Mack, Erol & Clarke (2015) o el de Persuh, Genzer & Melara (2012) pretenden demostrar no solo que la MF es dependiente de los recursos atencionales, sino que incluso la MI lo es. No en vano, existen ciertas similitudes entre estos dos tipos de memoria por su naturaleza sensorial que las diferencia de la MT, aunque haya claras distinciones entre sus características. Por tanto, existe un debate entre diversos autores y sus distintas perspectivas e interpretaciones: algunos sostienen que existe una dicotomización en la que las memorias sensoriales no dependen de la atención y la MT sí y, por otra parte, hay otros que proponen que las memorias sensoriales sí dependen de la atención, aunque en menor medida que la MT. A falta de datos empíricos que aporten evidencias claras para resolver el debate, este estudio trata de aportar un poco de claridad desde una perspectiva diferente.

Según Souza y Oberauer (2016), la MVCP parece moverse en un gradiente de robustez relacionado con la cantidad de atención asignada como propusieron en una teoría parsimoniosa, en la que especifican que esto ocurre plausiblemente en un solo almacén de memoria de trabajo, el cual depende de la distribución de la atención durante la fase de codificación. Por este motivo, resulta interesante seguir estudiando más detalladamente los efectos de la modulación atencional respecto a este continuo que forma la MVCP.

Atención espacial: disociación en endógena y exógena

La atención espacial es crucial para elegir los estímulos más relevantes del entorno y procesarlos con mayor rapidez y precisión que los irrelevantes. Este control de recursos atencionales puede ser ejercido al menos de dos formas diferentes (Klein & Shore, 2000): endógena y exógenamente.

Se define como atención endógena aquel proceso originado dentro del observador mediante el cual nos fijamos o atendemos de manera consciente e intencionada a un estímulo. Por otra parte, se conoce como atención exógena aquel

proceso rápido y breve mediante el cual nos fijamos o atendemos a un objeto o estímulo saliente y externo de manera automática, ya que capta nuestro interés impulsado por sus características físicas inmediatas (Botta & Lupiáñez, 2014).

Los estudios sobre orientación endógena y exógena basados en el paradigma de costes y beneficios de Posner (1980), destacan el fenómeno de "facilitación" o "efecto cueing", por el cual los estímulos presentados en ubicaciones con indicadores previos exógenos o endógenos ocasionan respuestas más rápidas y/o precisas que aquellos estímulos presentados en lugares no atendidos (Posner, 1980; Prinzmetal, Presti & Posner, 1986) debido a la mejora que se produce a nivel perceptual y en la codificación de la información en la MT espacial. No obstante, la distribución espacial de la atención, sus efectos en la percepción y los consecuentes cambios sobre la MT visoespacial dependen del modo, endógeno o exógeno, mediante el cual se asignan recursos atencionales a los estímulos (Botta & Lupiáñez, 2014).

Teniendo en cuenta estos estudios previos y otros como los de Atkinson & Shiffrin (1968), Awh & Jonides (2001), Awh, Vogel & Oh (2006) y Bundesen (1990) en los cuales se muestra la estrecha relación existente entre los mecanismos atencionales y los cambios producidos en distintos procesos perceptivos y en diferentes etapas de la MT debido a sus efectos moduladores y de control, tiene sentido preguntarse si éstos afectan de manera diferente a los otros dos sistemas de almacenamiento a corto plazo (icónico y frágil). En esta línea, un trabajo muy reciente de Botta (2017) usando solamente señales predictivas endógenas, mostró que si por un lado los costes observados eran iguales en los tres tipos de memoria, por otro lado los beneficios eran significativamente mayores en la MT que en la MI (ver Fig. 1). Por otra parte, al utilizar indicadores exógenos, costes y beneficios eran iguales independientemente de la condición de memoria (ver Fig. 2).

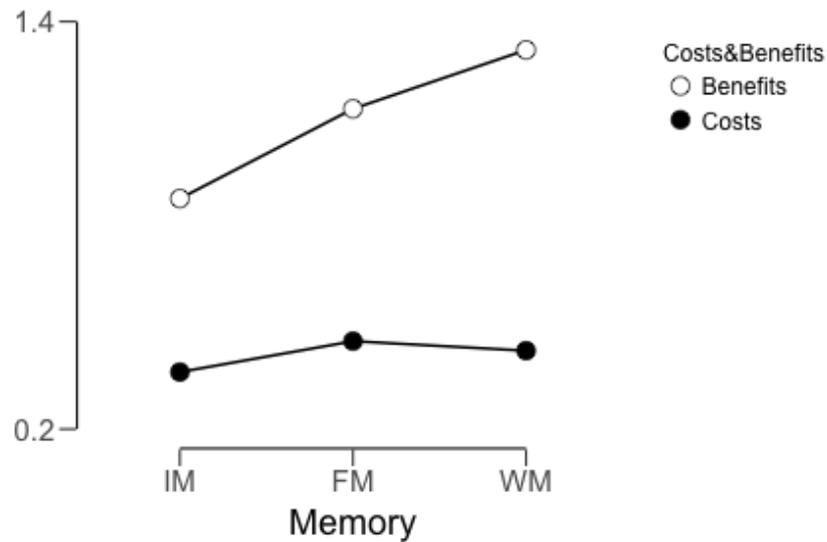


Figura 1. Diferencias entre las medias en beneficios y costes en función del tipo de memoria bajo modulación atencional con señales endógenas. Se observan grandes diferencias en beneficios entre la memoria icónica y la memoria de trabajo, mientras que en costes no se observan diferencias en función del tipo de memoria (Botta, 2017).

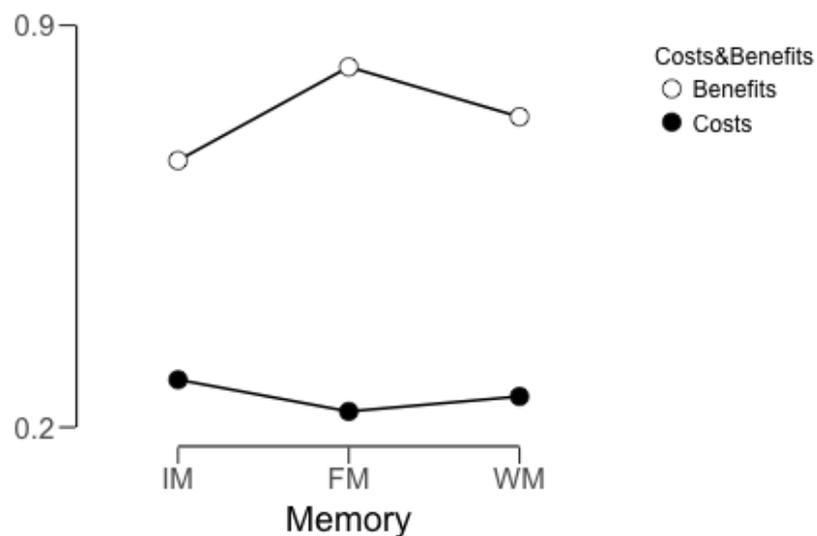


Figura 2. Diferencias entre las medias en beneficios y costes en función del tipo de memoria bajo modulación atencional con indicadores exógenos. No se observan diferencias en beneficios ni en costes en función del tipo de memoria (Botta, 2017).

En el presente estudio se hace un análisis comparativo del rendimiento según costes y beneficios de la memoria icónica, frágil y de trabajo utilizando un paradigma de detección de cambio bajo una modulación atencional simultánea exógena y endógena con señales contrapredictivas. De esta forma, se mide la incidencia atencional en cada tipo de memoria y los efectos que causa en el recuerdo de la información cuando se produce un efecto atencional doble, endógeno contra exógeno en la etapa de codificación. Este tipo de señales contrapredictivas pueden disociar de manera más fiable los procesos atencionales exógenos de los endógenos, por ello son usadas para comprobar si los efectos hallados dependen del tipo de claves que utilizamos. El uso de las claves periféricas contrapredictivas permite estudiar ambos procesos (atención exógena y endógena) bajo la misma estimulación, evitando así que las diferencias encontradas entre efectos puedan explicarse simplemente por las características físicas de los estímulos (señales centrales –como números- y señales periféricas –como el engrosamiento del contorno de un recuadro de posición-).

A la vista de estudios previos, el objetivo general es determinar si la atención afecta de igual manera a los tres sistemas de memoria y cómo lo hace. Como objetivo específico, determinar si la orientación endógena dirigida de manera voluntaria modula la codificación en cada uno de los tres tipos de memoria de forma distinta independientemente o no de los efectos exógenos de captura atencional. Esperamos observar efectos de atención significativos tanto en las memorias sensoriales como en la memoria de trabajo, encontrando por un lado beneficios atencionales endógenos significativos en todos los tipos de memoria, y por otro, que sean mayores tanto en la MT como en la MF respecto a la MI, de acuerdo con la teoría de Souza y Oberauer (2016); y que no se encuentren diferencias en los costes, replicando los resultados obtenidos en el estudio de Botta (2017). Sin embargo, creemos que los tres almacenes de memoria serán modulados de manera diferente dependiendo de la forma (exógena o endógena) por la cual la atención es asignada espacialmente, por lo que también esperamos replicar los datos de atención exógena, encontrando mismos beneficios y costes para los tres tipos de memoria, de manera diferente a lo esperado por orientación endógena.

Método

Participantes

Participaron 48 estudiantes de psicología pertenecientes a la Universidad de Granada en la primera fase de entrenamiento del estudio. Todos los participantes tenían una visión normal o corregida, sin antecedentes de problemas neurológicos e ignoraban el objetivo del estudio. Al final de su participación fueron recompensados con papeletas experimentales según la duración del experimento (una papeleta por cada 45 minutos), que fue de 45 minutos de duración para la primera fase de entrenamiento y 90 minutos para la segunda fase experimental. Todos los experimentos se realizaron de acuerdo con las pautas éticas establecidas por el Departamento de Psicología Experimental de la Universidad de Granada y los participantes dieron su consentimiento informado por escrito antes del inicio del experimento.

Posteriormente, participaron en el experimento principal un total de 23 estudiantes de psicología de la Universidad de Granada de entre todos los participantes en la primera fase. Todos ellos (con una media de 19.35 años de edad, comprendidos entre 18-22 años) pasaron por todas las condiciones experimentales.

Materiales y estímulos

Los estímulos fueron presentados en un monitor de video LCD de 17 pulgadas (tasa de refresco = 60 Hz) con una resolución de pantalla de 1024x768 puntos sobre un fondo gris claro ubicado en una habitación oscura y silenciosa. La tarea experimental fue presentada mediante el programa E-prime 2.0. La distancia entre la cabeza del participante y el monitor era de 80 cm aproximadamente. Se registraron los movimientos oculares utilizando un SMI iViewRED 250, rastreando binocularmente a 250 Hz con una resolución espacial de 0.1°, y un error promedio máximo sobre la posición de la mirada de 1°. Durante todo el experimento se mostraba una cruz de fijación negra en el centro de la pantalla por lo que inicialmente se ajustaba la altura de la silla a cada sujeto para que sus ojos estuvieran a la misma altura que la cruz de fijación. Los estímulos se presentaron en seis marcadores de posición que consistían en cuadrados negros de 2°x2° de ángulo visual y que estaban espaciados uniformemente alrededor de un círculo imaginario con un radio de 5° de ángulo visual, centrado en la cruz de fijación. La matriz de memoria y la matriz de respuesta estaban constituidas por 6 letras (0.95°x1.43°) presentadas dentro de los seis marcadores de posición. Las letras eran mayúsculas, elegidas al azar del conjunto BCDFGHJKLNPQRSTVZ (es decir,

todas las consonantes en el alfabeto español excepto M, Ñ y W, que no se usaron para evitar demasiada confusión entre letras). Como señales atencionales exógenas, se aumentaba el espesor del borde de uno de los cuadrados negros, el cuál podía aparecer previamente en cualquiera de las seis posibles localizaciones. Éstos tenían el borde más grueso que los otros, de manera que alcanzaban un tamaño de $2.1^\circ \times 2.1^\circ$. En el caso de la condición neutral, el aumento del espesor del borde se producía en los cuadrados de todos los marcadores de posición simultáneamente. La señal “retrocue” y la señal “postcue” consistieron en líneas negras ($3^\circ \times 0.06^\circ$) que apuntaban desde la cruz de fijación a uno de los seis posibles marcadores de posición. Las matrices de respuesta eran iguales a las anteriores en su estructura, modificándose en el 50% de los ensayos solamente la letra del cuadrado señalado por la señal “retrocue” o la señal “postcue” respecto a la matriz de memorización. Para indicar su respuesta, los sujetos debían pulsar la tecla D con el dedo corazón o la tecla C con el dedo índice de la mano izquierda en el teclado del ordenador.

Diseño y Procedimiento

En primer lugar, se animaba a los participantes a ponerse cómodos en la silla enfrente del monitor en el que se presentarían los estímulos y se ajustaba la distancia y altura adecuadamente a cada sujeto. Después, tras aclarar posibles dudas de cada participante, se les hacía hincapié en la importancia de mantener la mirada fija en la cruz de fijación durante todos los ensayos, percibiendo los estímulos periféricamente y además, en la importancia de atender voluntariamente siempre a la posición contraria a la localización de la clave atencional exógena (instruyéndoles así para manipular la atención endógena), ya que esto era importante para el estudio y porque en la mayoría de ocasiones la clave de respuesta marcaría la misma ubicación que la clave atencional endógena, facilitando su respuesta gracias a esa clave predictiva.

Estructura de la tarea

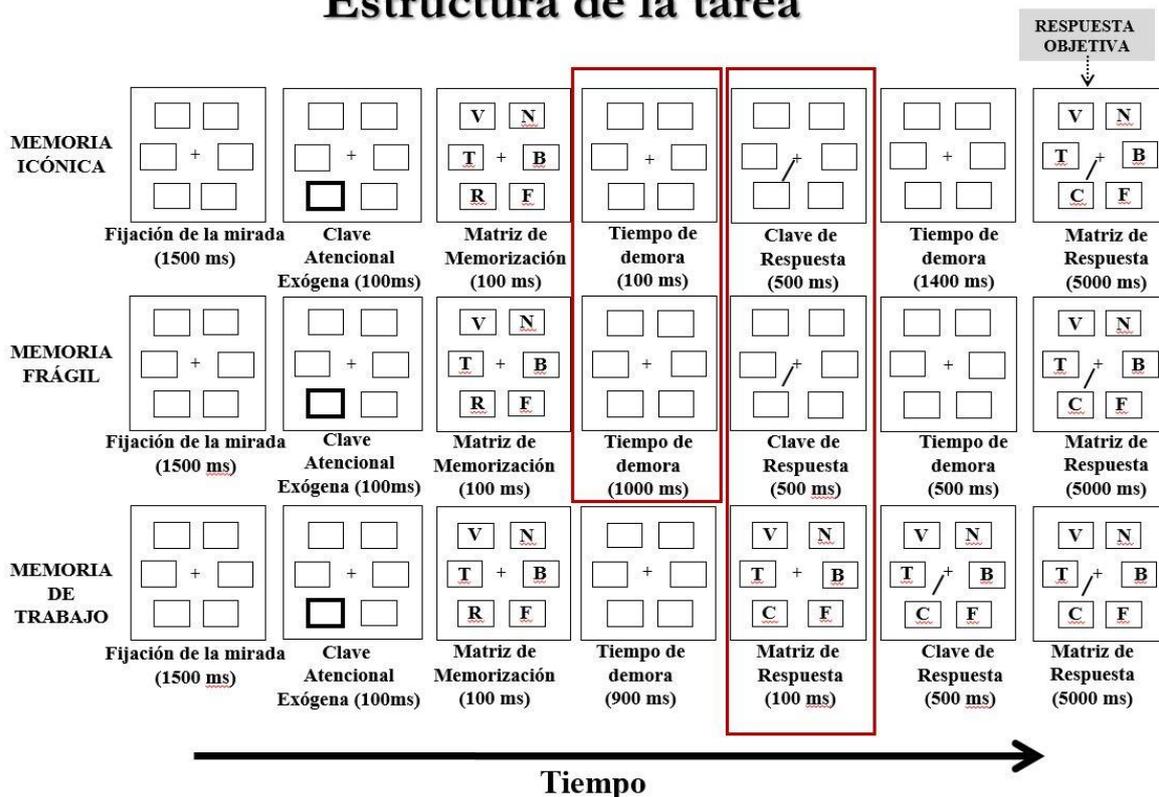


Figura 3. Representación de la estructura de la tarea experimental en la que se detallan los diferentes eventos que van apareciendo en pantalla consecutivamente según el tipo de ensayo.

Hay tres tipos de ensayo distintos según el tipo de memoria que se pretende medir, diferenciados en el tiempo de demora entre un evento y otro (señalado en el primer recuadro rojo) y según el orden de aparición de los eventos (segundo recuadro rojo).

Manipulación atencional con señal exógena contrapredictiva

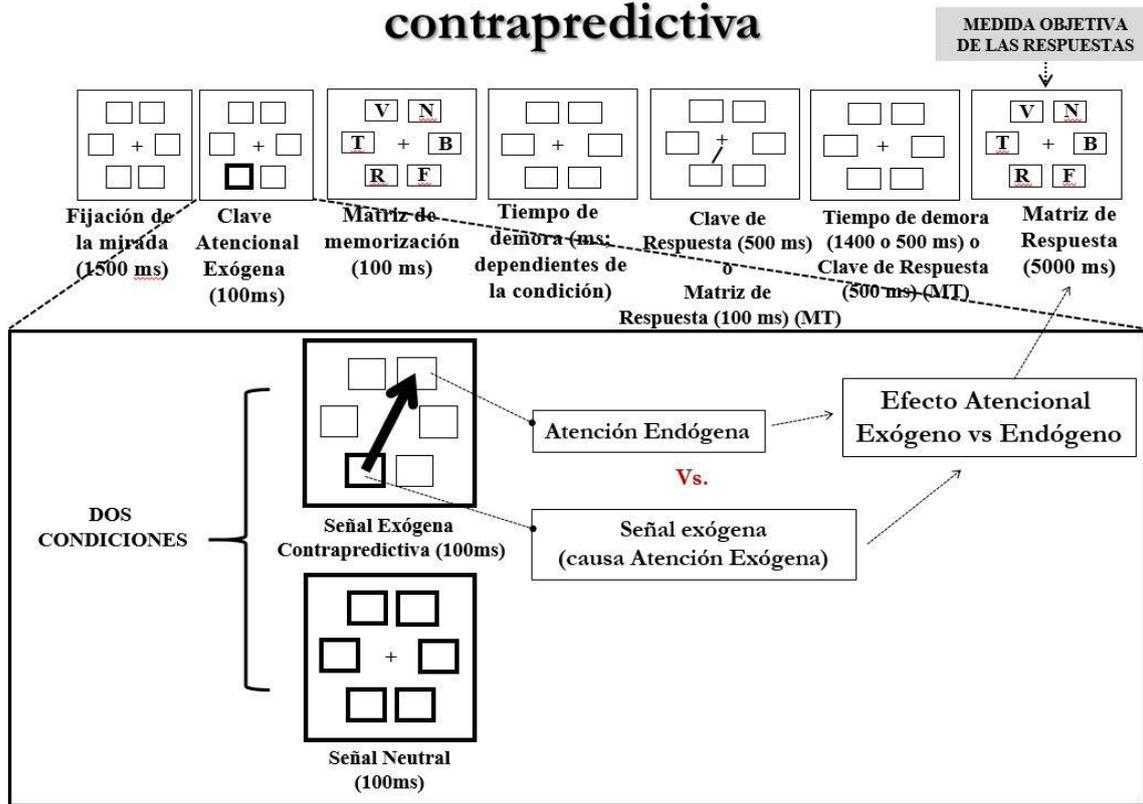


Figura 4. Representación explicativa en detalle del evento en que se realiza la manipulación atencional por medio de la presentación de la clave atencional exógena, diferenciando entre los dos tipos de eventos posibles según condición experimental (señal exógena contrapredictiva) y condición neutra (señal neutral).

El experimento en sí tenía 6 bloques en total con 102 ensayos en cada bloque, al final del cual los participantes podían tomarse un pequeño descanso sin salir de la sala. Como se puede observar en la Fig. 3, al inicio de cada ensayo se presentaba la cruz de fijación junto a todos los contornos cuadrados de la matriz de memorización sin letras en su interior y tras 1500 ms aparecía la clave exógena durante 100 ms. Se indicó a los participantes que en ese momento debían atender endógenamente/voluntariamente a la posición contraria a esta clave exógena (contrapredictiva). No obstante, cuando se presentaba la clave neutral, entonces debían atender a las letras de todas las ubicaciones por igual, tal como ilustra la Fig. 4. A continuación, ésta desaparecía y tras 100 ms aparecía la matriz de memorización. Se explicó a los participantes que debían memorizar las letras lo mejor posible dentro de cada cuadrado de la matriz mientras permanecían atentos a la posición atendida (indicada por la clave endógena), o

atendiendo a todas las ubicaciones de la matriz en el caso de la condición neutral. Justo después ésta desaparecía y, en la condición de memoria icónica, tras 100 ms aparecía la clave de respuesta 500 ms indicando en cuál de las seis posiciones podría cambiar la letra dentro del cuadrado y después desaparecía. Pasados 1400 ms aparecía la matriz de respuesta junto con la clave de respuesta otra vez y se mantenían en la pantalla durante 5 segundos. Entonces los sujetos debían identificar si la letra en la posición indicada por la clave en la matriz de respuesta había cambiado o no respecto a la letra que se encontraba anteriormente en la misma ubicación en la matriz de memorización. El sujeto disponía de esos 5 segundos para decidir y responder pulsando la tecla D (indicar cambio) o la tecla C (indicar no cambio). De manera similar, en la condición de memoria frágil, 1000 ms después de desaparecer la matriz de memorización, aparecía la clave de respuesta durante 500 ms para desaparecer después. Pasados 500 ms aparecía la matriz de respuesta junto con la clave de respuesta de nuevo y se mantenía en la pantalla durante 5 segundos, tiempo disponible para responder. Por último, en la condición de memoria de trabajo, 900 ms después de desaparecer la matriz de memorización, aparecía la matriz de respuesta y 100 ms después la clave de respuesta, que se mantenía fija en pantalla durante 5 segundos, tiempo disponible para responder antes del final del ensayo.

Sin embargo, antes de comenzar la fase experimental cada sujeto debía pasar por dos bloques de práctica para familiarizarse con la tarea. Este primer bloque de práctica, de 30 ensayos, era igual a los bloques de la fase experimental en su estructura, sin embargo la diferencia consistía en que la matriz de memoria se presentaba durante 1000 ms y al final de cada ensayo se daba al participante un feedback visual informando de su rendimiento y acierto. En el segundo bloque de práctica de 30 ensayos la secuencia temporal y los tiempos de presentación de los estímulos eran como en el experimento principal y no se daba feedback.

Entrenamiento

Antes de participar en el experimento, los participantes recibían una sesión de entrenamiento con una tarea similar a la experimental. Antes del comienzo de la sesión de entrenamiento, los participantes realizaron 2 bloques de 36 pruebas de práctica para habituarse al funcionamiento de la tarea. En el primer bloque, la matriz de memoria se presentó durante 1000 ms y los sujetos recibieron feedback visual sobre su rendimiento y acierto. De ser necesario, el primer bloque de práctica se repetía hasta que los

participantes entendían completamente cómo realizar la tarea. En el segundo bloque de práctica, se presentaron a los participantes ensayos idénticos a los ensayos del primer bloque de práctica. Los tiempos y estructura de este segundo bloque de práctica eran los mismos que los del experimento principal, pero sin claves exógenas. Después de esto, comenzaba la sesión principal de entrenamiento que consistía en 6 bloques de 54 ensayos. Los participantes que no alcanzaron un puntaje promedio de 70% de acierto durante la sesión de entrenamiento no pudieron participar en el experimento principal posteriormente. Aquellos que si superaban el valor criterio eran citados para la segunda sesión otro día diferente. De 44 participantes, 21 sujetos no alcanzaron este criterio.

Resultados

En primer lugar se hizo un filtraje de los datos mediante el registro de los movimientos oculares. Aquellos ensayos en los que la mirada se desvió más de 2° de la cruz de fijación durante la matriz de memorización se descartaron del análisis. Por este motivo siete participantes fueron excluidos del análisis, cinco de ellos debido a problemas técnicos en la calibración del aparato de registro de movimientos oculares “eye-tracker” y dos de ellos por desviar la mirada del punto de fijación en más del 40% de los ensayos. Por lo tanto, la muestra final para analizar fue de 16 participantes.

Se analizó el rendimiento objetivo calculando el índice de sensibilidad d' ($d' = z(\text{aciertos}) - z(\text{falsas alarmas})$; Green & Swets, 1966). Para calcular este índice, las respuestas de cambio correctas e incorrectas en la ubicación señalada por la clave de respuesta se clasificaron respectivamente como aciertos y falsas alarmas. Para controlar los extremos del rango de puntuaciones de aciertos y falsas alarmas (0 o 1), se aplicó el enfoque logarítmico sumando el valor 0,5 tanto a la cantidad de aciertos como a la de falsas alarmas y sumando el valor 1 tanto a la cantidad de ensayos en los que había cambio como a los que no había cambio antes de calcular las tasas de aciertos y falsas alarmas (Hautus, 1995).

Para determinar los efectos de interacción entre atención y memoria, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) sobre los datos de d' con los factores intrasujetos condición de memoria (icónica, frágil y de trabajo) y condición de atención (posición de la señal exógena, posiciones no atendidas a corta distancia, posiciones no atendidas a larga distancia, posición atendida endógenamente y condición neutral) como se observa en la Fig. 5. Las localizaciones adyacentes a la posición de la señal exógena constituyen

las posiciones no atendidas a corta distancia, mientras que las otras dos localizaciones no atendidas ni exógenamente ni endógenamente, constituyen las posiciones no atendidas a larga distancia. El análisis reveló un efecto principal de la condición de memoria ($F(2,30) = 45.8, p < .0001, \eta_p^2 = .75$) con mayor sensibilidad en la condición icónica que en la memoria frágil, $p = .0004$ y en la condición frágil que en la memoria de trabajo, $p = .0005$ (Fig. 5). Por su parte, la modulación atencional influyó significativamente en la sensibilidad ($F(4,60) = 102.3, p < .0001, \eta_p^2 = .87$), aunque de manera diferente dependiendo de la condición de memoria, tal como indica la interacción significativa entre memoria y atención, $F(8,120) = 6.12, p < .0001, \eta_p^2 = .29$.

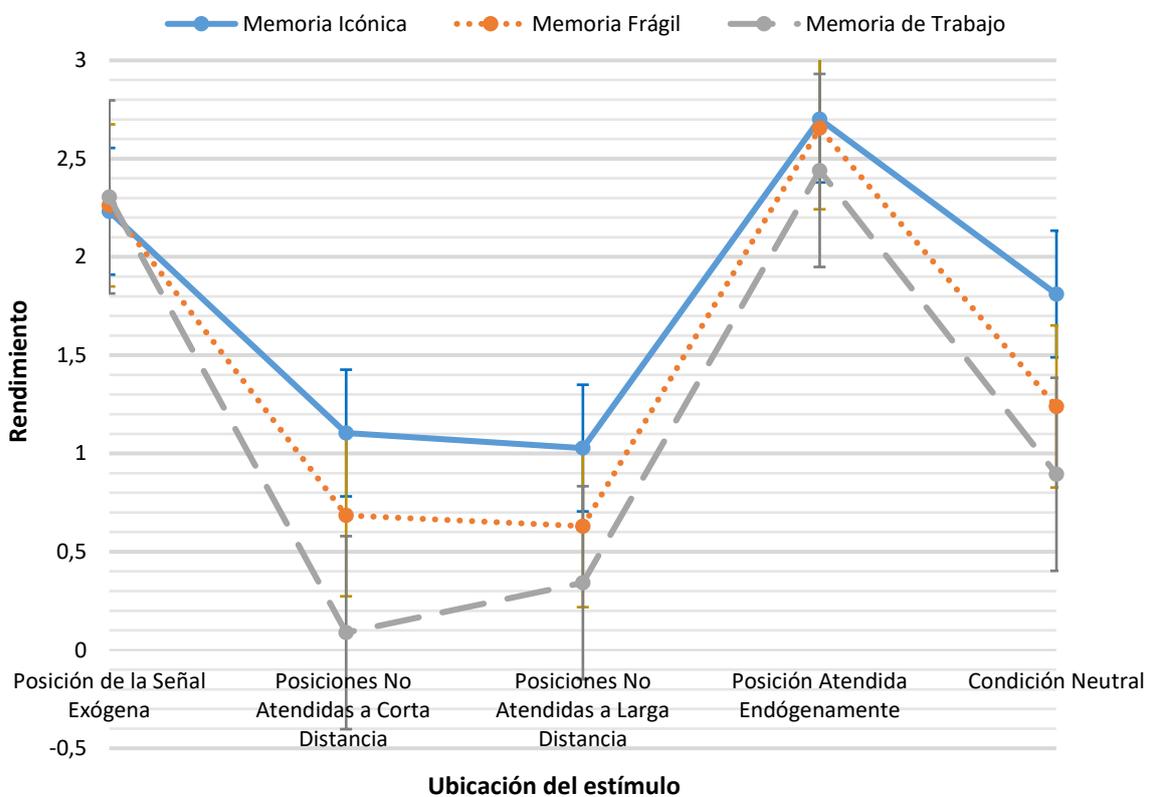


Figura 5. Representación del rendimiento en sensibilidad d' en cada tipo de memoria en función de la modulación de los efectos atencionales en cada una de las ubicaciones posibles de aparición de los estímulos.

Posteriormente, para entender el sentido de la interacción entre condición de memoria y atención en términos de beneficios y costes atencionales, se realizaron tres análisis de varianza (ANOVA) separados sobre los datos medios obtenidos de beneficios endógenos (d' promedio de las ubicaciones atendidas endógenamente – d' en la condición neutral), beneficios exógenos (d' promedio de las ubicaciones atendidas

exógenamente – d' en la condición neutral) y costes (d' en la condición neutral – d' promedio de las localizaciones no atendidas) para cada tipo de memoria.

El análisis reveló significación estadística para todos los tipos de memoria en beneficios endógenos (d' en la ubicación atendida endógenamente – d' en la condición neutral), todos $p < .008$. Además, las comparaciones por pares corregidas por Bonferroni indicaron que el tamaño de las diferencias fue diferente según el tipo de memoria ($F(2,30) = 5.34$, $p = .01$, $\eta_p^2 = .26$) siendo mayores en la MT que en la MI, $p = .008$, y marginalmente superiores en la MF que en la MI, $p = .053$ (Fig. 6).

Se realizó el mismo análisis sobre los beneficios exógenos (d' en la ubicación atendida exógenamente – d' en la condición neutral), el cual produjo, inesperadamente, un patrón similar de resultados, con mayores beneficios en la MT que en la MF, $p = .01$, y en la MF que en la MI, $p = .0006$. En definitiva, se extrae que tanto los beneficios endógenos como exógenos varían dependiendo del tipo de memoria.

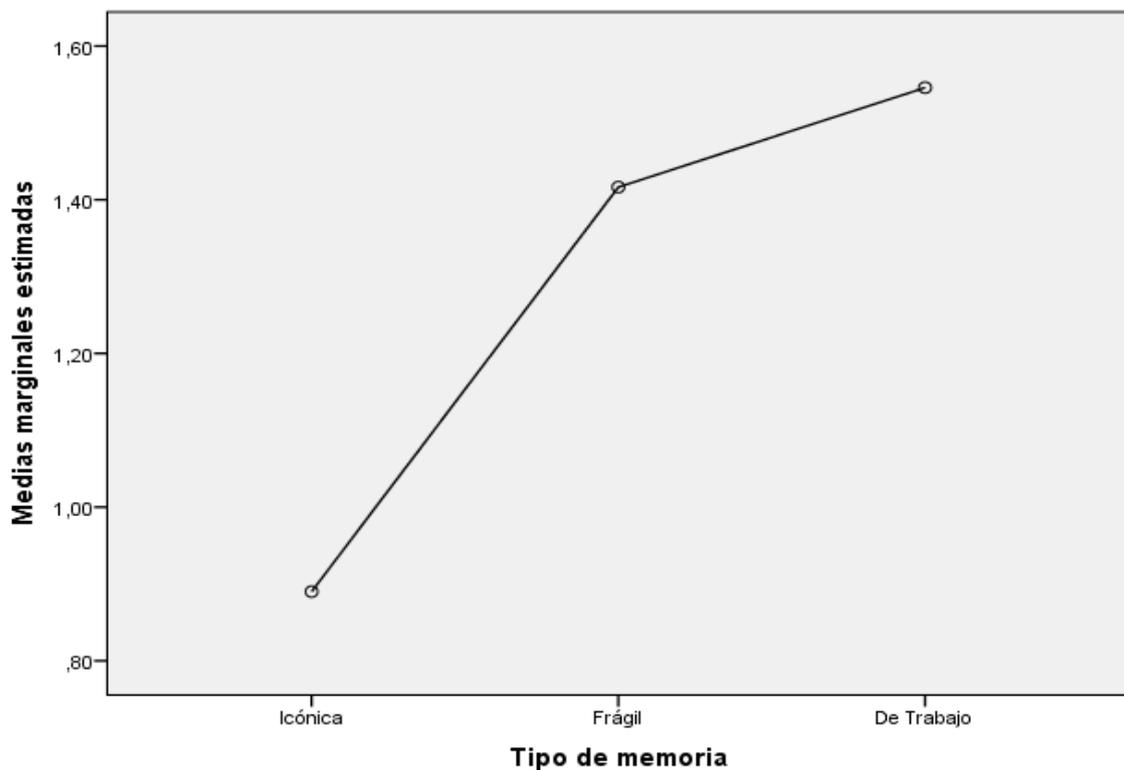


Figura 6. Diferencias entre las medias en beneficios globales de cada tipo de memoria. Se observan claras diferencias entre memoria icónica y los otros dos tipos de memoria, con distinto tamaño según el tipo de memoria tal y como confirman las pruebas de significación estadística.

Por otra parte, el análisis sobre los costes indicó que fueron significativos en todas las condiciones de memoria, todos $p = .002$, pero sin diferencias entre ellos, $F(2,30) < 1$, $p = .58$, $\eta_p^2 = .03$ (Fig. 7).

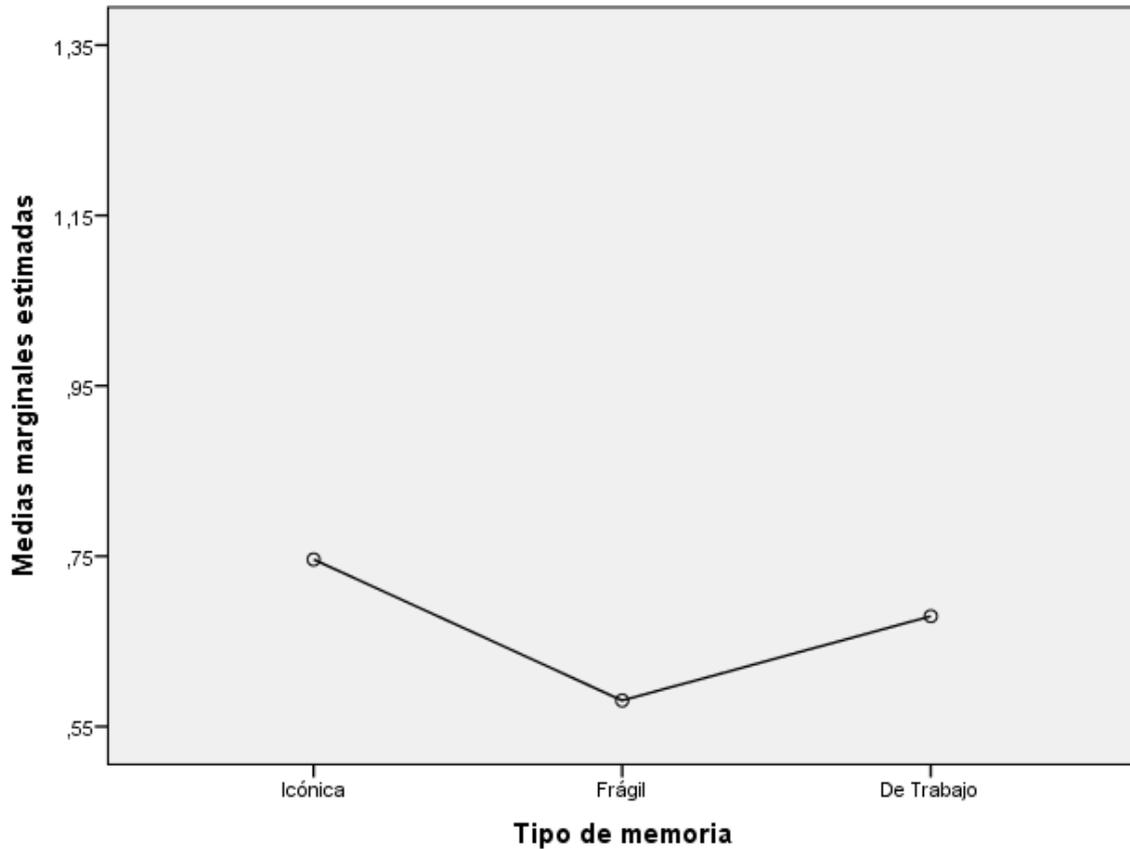


Figura 7. Diferencias entre las medias en costes de cada tipo de memoria. No se encontraron diferencias de tamaño según las pruebas de significación estadística.

Discusión

En este estudio, se pretendía averiguar si la modulación atencional afecta en la misma medida a los tres sistemas de memoria pertenecientes a la MVCP. Para ello se planteó como objetivo averiguar si los efectos atencionales afectan del mismo modo a cada uno de los tipos de memoria cuando la atención se orienta de manera voluntaria (endógena) y al mismo tiempo es capturada por señales exógenas. Con este propósito se utilizaron claves periféricas contrapredictivas, que hacen competir a los efectos atencionales endógenos contra los exógenos con el objetivo de disociarlos dentro de un paradigma de detección de cambio. En este contexto, se esperaba encontrar diferencias entre los beneficios atencionales endógenos observados en las condiciones de memoria

frágil y de trabajo respecto a la memoria icónica, debido a la vinculación que se ha hecho de MT y MF con los procesos atencionales (Atkinson & Shiffrin, 1968; Awh & Jonides, 2001; Awh, Vogel & Oh, 2006; Botta & Lupiáñez, 2014; Bundesen, 1990; Posner, 1980; Prinzmetal, Presti & Posner, 1986) y no encontrar diferencias en los costes entre las diferentes condiciones de memoria.

Los resultados obtenidos respaldan los datos de estudios anteriores en los que ya se habían encontrado beneficios atencionales endógenos significativos en las tres condiciones de memoria, lo cual nos quiere decir que la atención actúa como modulador en los tres tipos de memoria. Por lo tanto, podemos afirmar que el almacén sensorial (MF y MI) no es independiente de la atención como se pensaba. Los efectos de interacción también muestran beneficios atencionales endógenos mayores en MT respecto a MI y ausencia de diferencias en costes independientemente del tipo de memoria (Botta, 2017). Además, se encontraron beneficios atencionales endógenos mayores en la condición de MF respecto a la MI, lo cual demuestra la innegable relación de este almacén con los procesos atencionales (Mack, Erol & Clarke, 2015; Persuh, Genzer & Melara, 2012) y aporta evidencias a favor de la importancia de la atención sobre la MF al debate existente actualmente. En la misma línea, el tamaño de los beneficios en MT fue mayor que aquellos en MF, lo cual concuerda con el modelo de gradiente atencional en el que aumentarían los beneficios atencionales desde la MI hasta la MT a través del continuo que forma la MVCP (Sligte et al., 2008) y que confirman los efectos principales encontrados, en los que se observan diferencias de sensibilidad en d' dependiendo del tipo de memoria.

Observando las puntuaciones de la Fig. 5 se aprecian dos picos en las posiciones atendidas endógenamente y exógenamente, mientras que se advierten puntuaciones más bajas en las posiciones no atendidas. Esto quiere decir que ambas localizaciones atendidas endógena y exógenamente fueron relevantes atencionalmente, produciendo el típico “efecto cueing” en las tareas de detección de cambio (Posner, 1980; Prinzmetal, Presti & Posner, 1986). Sin embargo, en la localización atendida endógenamente no se da una señal sino que son los propios sujetos los que atienden en esa posición. A pesar de esto, la señal exógena producía más efectos atencionales de lo que se esperaba teniendo en cuenta los experimentos previos (Botta, 2017), ya que se observó una modulación de los beneficios atencionales exógenos dependiendo del tipo de memoria. Este fenómeno probablemente pueda deberse al hecho de que durante el experimento la

señal periférica exógena se vuelve relevante para la tarea ya que el sujeto debía atender a esa localización para saber dónde era más probable que se presentase la clave de respuesta. Contrariamente, en Botta (2017) a los participantes se les decía que la señal exógena era irrelevante para la tarea. De esta forma, realmente en este estudio es como si existiesen dos localizaciones atendidas endógenamente a efectos prácticos. Así, el sujeto divide sus recursos atencionales entre las dos posiciones relevantes que espacialmente son opuestas, enmascarando de esta forma una posible visualización del gradiente atencional espacial que se manifestaría a través de un efecto de distancia (i.e. una reducción gradual de la ejecución, al aumentar la distancia entre localización señalizada y localizaciones no señalizadas; Botta & Lupiáñez, 2014; Botta, Santangelo, Raffone, Lupianez, and Olivetti Belardinelli, 2010).

Como hemos visto, el rendimiento alcanzado en posiciones previamente ocupadas por claves atencionales fue muy superior al resto (ver Fig. 5), alcanzando el máximo acierto en numerosas ocasiones, por lo que no era posible que la ejecución mejorase. Estas puntuaciones podrían indicar un efecto techo, el cual puede ser una limitación del estudio a tener en cuenta para futuras investigaciones. Una posible explicación podría ser que los sujetos recibían un considerable entrenamiento previo a la tarea y solo aquellos que la desempeñaban suficientemente bien fueron seleccionados para participar en los experimentos. Por lo tanto, la muestra escogida tenía una capacidad de memoria de trabajo visual promedio alta y/o una experiencia adquirida sobre la tarea. Este sesgo quizás podría afrontarse usando estímulos más complejos (Sligte et al., 2008), como símbolos o caracteres idiográficos sin ningún valor semántico o cultural para los participantes, de manera que no existan sesgos por familiaridad o, de otro modo, modificando los estímulos de la tarea experimental respecto al entrenamiento. A pesar de esto, podrían surgir problemas derivados al aplicar estas correcciones: aumentando la dificultad de la tarea se conseguiría evitar el efecto techo en las localizaciones atendidas, pero también causaría una peor ejecución en las otras condiciones, hecho que podría causar un efecto suelo opuesto en la ejecución en las posiciones no atendidas. La solución sería encontrar un punto medio en el que no se produzcan efecto techo ni suelo, contando con buenas ejecuciones por parte de los participantes. De este modo conseguiríamos observar mejor las modulaciones atencionales según las distintas condiciones.

Por otra parte, valorando la diferente naturaleza y características de ambas formas de control de recursos atencionales endógena y exógena (Klein & Shore, 2000),

se advierte que pueden producirse diferencias en el rendimiento que podrían ser explicadas debido al distinto funcionamiento de cada una. Según Botta & Lupiáñez (2014) la atención endógena tiende a un funcionamiento espacial más unimodal/unitario (cuando se divide en varias ubicaciones sufre mayores costes), y la exógena, opuestamente, tiende más a dividirse en varias ubicaciones de un modo multimodal, por lo que puede ser interesante estudiarlas con distinto tipo de mediciones.

En general, los resultados de este estudio contradicen claramente a los reflejados en estudios como los de Pratte (2018); Landman, Spekreijse & Lamme (2003), en los que argumentan que las representaciones en el almacén frágil y/o icónico no dependen de la atención ya que incluso después de atender a un ítem específico voluntariamente durante la etapa de codificación en la MVCP, los demás ítems “no atendidos” conscientemente aún pueden ser recuperados. Si esto fuera cierto y efectivamente los almacenes de memoria sensorial, en particular la MF, fuesen independientes de la atención, entonces no se verían afectados por modulaciones atencionales de ningún tipo, propuesta que se ve descartada por los resultados de este estudio. Opuestamente, según los resultados obtenidos, esto se explica de manera que esos ítems no atendidos, no son realmente no atendidos, sino que se les asigna siempre un cierto nivel de recursos atencionales que les permite mantenerse activos y ser recuperados a través de la señal “retrocue”, antes de que sus trazas en memoria decaigan por efecto de la interferencia visual.

Como observación final, queda para futuras investigaciones la labor de seguir desentrañando en profundidad el funcionamiento de la atención respecto a otros procesos cognitivos, como la memoria en nuestro caso, desde distintas perspectivas y con diversas manipulaciones. Sobresale también la necesidad de desvelar los mecanismos neuronales subyacentes a estos procesos atencionales mediante herramientas como EEG, NMRI o TMS, que quizás propicien una conexión con las teorías de la conciencia y nos permitan conocer cada vez mejor el funcionamiento de la mente humana y su relación con el entorno.

Referencias

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *Psychology of Learning and Motivation*, 2, 89–195.
- Averbach, E., & Coriell, A. S. (1961). Short-term memory in vision. *Bell Labs Technical Journal*, 40, 309–328.
- Awh, E., & Jonides, J. (2001). Overlapping mechanism of attention and spatial working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 119–126.
- Awh, E., Vogel, E., & Oh, S. H. (2006). Interactions between attention and working memory. *Neuroscience*, 139, 201–208.
- Bichot, N., Cave, K., & Pashler, H. (1999). Visual selection mediated by location: Feature based selection of noncontiguous locations. *Perception & Psychophysics*, 61, 403–423.
- Block, N. (2005). Two neural correlates of consciousness. *Trends in Cognitive Sciences*, 9 (2), 46–52.
- Block, N. (2007). Consciousness, accessibility, and the mesh between psychology and neuroscience. *Behavioral and Brain Sciences*, 30 (5–6), 481–499, discussion 499–548.
- Botta, F. & Lupiáñez, J. (2014). Spatial distribution of attentional bias in visuo-spatial working memory following multiple cues. *Acta Psychologica*, 150, 1–13.
- Botta, F. (2017). *Attention modulates the evolution of visual consciousness*. Trabajo presentado en la Undécima Reunión Científica sobre Atención, Septiembre, Baeza (Jaén).
- Botta, F., Santangelo, V., Raffone, A., Lupianez, J., & Olivetti Belardinelli, M. (2010). Exogenous and endogenous spatial attention effects on visuo-spatial working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 27, 1–13.
- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review*, 97, 523–547.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of storage capacity. *Behavioral & Brain Sciences*, 24, 87–114.
- Funes, M. J., Lupiáñez, J., & Milliken, B. (2007). Separate mechanisms recruited by exogenous and endogenous spatial cues: Evidence from a spatial Stroop paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33, 348–362.
- Green, D. M., & Swets, J. A. (1966). Signal detection Theory and Psychophysics.

- Hautus, M. J. (1995). Corrections for extreme proportions and their biasing effects on estimated values of d' . *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 27(1), 46-51.
- Irwin, D. E. (1992). Memory for position and identity across eye movements. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 307–317. *J. Wiley New York*.
- Jans, B., Peters, J. C., & DeWeerd, P. (2010). Visual spatial attention to multiple locations at once: The jury is still out. *Psychological Review*, 117, 637–684.
- Klein, R. M., & Shore, D. (2000). Relations among modes of visual orienting. In S. Monsell, & J. Driver (Eds.), *Attention & performance XVIII: Control of cognitive processes*, 195–208.
- Lamme, V. A. F. (2006). Towards a true neural stance on consciousness. *Trends in Cognitive Sciences*, 10 (11), 494–501.
- Lamme, V. A. F. (2010). How neuroscience will change our view on consciousness. *Cognitive Neuroscience, iFirst*, 1–21.
- Landman, R., Spekreijse, H., & Lamme, V. A. (2003). Large capacity storage of integrated objects before change blindness. *Vision Research*, 43(2), 149–164.
- Lepsien, J., Griffin, I. C., Devlin, J. T., & Nobre, A. C. (2005). Directing spatial attention in mental representations: Interactions between attentional orienting and working-memory load. *Neuroimage*, 26(3), 733–743.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279–281.
- Mack, A., Erol, M., Clarke, J. (2015). Iconic memory is not a case of attention-free awareness. *Consciousness and Cognition*, 33, 291-299.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York, NY: Appleton-Century-Crofts.
- Persuh, M., Genzer, B., Melara, R. (2012). Iconic memory requires attention. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 1-8.
- Philips, W. A. (1974). On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception & Psychophysics*, 16 (2), 8.
- Pinto, Y., Slight, I. G., Shapiro, K. L., & Lamme, V. A. F. (2013). Fragile visual short term memory is an object-based and location-specific store. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20, 732–739.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3–25.

- Pratte, M. S. (2018). Iconic Memories Die a Sudden Death. *Psychological Science*, *29*, 877–887.
- Prinzmetal, W., Presti, D. E., & Posner, M. I. (1986). Does attention affect visual feature integration? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *12*, 361–369.
- Psychological Monographs*, *74*(11, Whole No. 498), 1–29.
- Rouder, J. N., Morey, R. D., Cowan, N., Zwilling, C. E., Morey, C. C., & Pratte, M. S. (2008). An assessment of fixed-capacity models of visual working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, *105*, 5975–5979.
- Sligte, I. G., Scholte, H. S., & Lamme, V. A. F. (2008). Are there multiple visual short-term memory stores? *PLoS One*, *3*(e1699), 1–9.
- Sligte, I. G., Scholte, H. S., & Lamme, V. A. F. (2009). V4 activity predicts the strength of visual short-term memory representations. *Journal of Neuroscience*, *29*(23), 7432–7438.
- Souza, A. S., & Oberauer, K. (2016). In search of the focus of attention in working memory: 13 years of the retro-cue effect. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *78*(7), 1839–1860.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations.
- Thomas, L. E., & Irwin, D. E. (2006). Voluntary eyeblinks disrupt iconic memory. *Perception & Psychophysics*, *68*, 475–488.
- Vandenbroucke, A. R. E., Sligte, I. G., & Lamme, V. A. F. (2011). Manipulations of attention dissociate fragile visual short-term memory from visual working memory. *Neuropsychologia* *49*, 1559–1568.
- Vogel, E. K., Woodman, G. F., & Luck, S. J. (2001). Storage of features, conjunctions, and objects in visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *27*, 92–114.
- Zhang, W., & Luck, S. J. (2008). Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. *Nature*, *453*, 233–235.
- Zhang, W., & Luck, S. J. (2009). Sudden death and gradual decay in visual working memory. *Psychological Science*, *20*, 423–428.