



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA
Facultad de Psicología

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



FACULTAD DE PSICOLOGÍA



Trabajo Fin de Grado en Psicología

Convocatoria junio 2021

Evaluación de memoria espacial y percepción temporal en jóvenes y mayores, y la relación de estas capacidades cognitivas para la memoria episódica

Assessment of spatial memory and time perception in young people and elders, and the relationship of these cognitive abilities in episodic memory

José Rodríguez Molina

Tutor: José Manuel Cimadevilla Redondo; Cotutor: Joaquín Castillo Escamilla

Índice

Resumen	3
Abstract.....	4
Introducción.....	5
Método.....	14
Participantes.....	14
Materiales.....	14
Procedimiento	15
Análisis de datos	16
Resultados.....	17
Conclusiones.....	19
Bibliografía.....	22
Anexo.....	26

Resumen

Con las recientes investigaciones acerca de las células de lugar y de tiempo localizadas en el hipocampo, y de su involucración en la memoria espacial y la percepción temporal, se ha propuesto una relación entre ambas capacidades cognitivas para la construcción del contexto espacio-temporal de la memoria episódica. Asimismo, con los conocimientos acerca de los efectos del envejecimiento sobre el hipocampo, se puede hipotetizar que en las personas mayores las habilidades cognitivas mencionadas pueden verse alteradas. Para analizar esta supuesta relación entre capacidades, además de observar posibles diferencias en el rendimiento entre jóvenes y mayores, en este estudio se ha utilizado una batería online con una tarea de memoria espacial (Almeria Spatial Memory Recognition Test, o ASMRT) y una de percepción temporal (tarea de estimación de velocidad) en una muestra de 20 jóvenes y 20 personas mayores. Tras el análisis de los resultados obtenidos, se puede observar un mayor rendimiento por parte de los jóvenes en ambas pruebas, además de presentar estos una mayor adaptabilidad a las diferentes condiciones de la tarea de estimación de velocidad. Adicionalmente, de las correlaciones halladas se puede inferir cierta relación entre el rendimiento en las tareas de ambos grupos, donde una mejor ejecución en una prueba aumenta la probabilidad de un buen rendimiento en la otra. Esta investigación ha permitido seguir corroborando la diferencia predicha entre el rendimiento de jóvenes y personas mayores en tareas que implican memoria espacial y percepción temporal, además de colaborar en el asentamiento de bases para que futuras investigaciones continúen explorando esta conexión entre capacidades cognitivas.

Abstract

Recent investigations concerning place cells and time cells, located in the hippocampus, and their involvement in spatial memory and time perception, allow a proposal for a connection between both cognitive abilities with the purpose of constructing the episodic memory's spatio-temporal context. Additionally, with the knowledge about ageing's effects on the hippocampus, it can be hypothesised that these cognitive abilities may be altered among the elderly. To analyse this connection between capacities and look for possible differences in performance between young and elder people, this study made use of an online battery which contained a spatial memory task (Almeria Spatial Memory Recognition Test, or ASMRT) and a time perception task (speed estimation task) applied to a sample consisting of 20 young people and 20 elders. Results' analysis showed a better performance of the younger group in both tasks, and a higher adaptability towards speed estimation task's various conditions. Furthermore, from the correlations found, a relationship between both groups' performances in the tasks can be implied, suggesting a greater probability of obtaining a high score in one task when a good performance was shown in the other. This investigation continues confirming the anticipated difference between elderly and young people's performance in tasks that imply spatial memory and time perception. It also expands the fundamentals for new investigations to keep exploring the relationship between these cognitive abilities.

Introducción

La memoria es de las funciones cerebrales más importantes para el ser humano. Nos da la capacidad de codificar y retener la información proveniente de eventos y situaciones que experimentamos a lo largo de nuestra vida, así como de recuperarla a voluntad con relativa fiabilidad. Además, es indispensable para funciones con componentes mnésicos como el aprendizaje, la orientación, el habla y acciones motoras complejas, entre muchas otras. Citando a Tulving (1987), “la memoria es la capacidad de los organismos de adquirir, retener y utilizar conocimiento o información”.

Las evidencias obtenidas en el progreso del área de estudio permitieron establecer una división de la memoria en subtipos según las características del material a retener y del contexto en el que se almacena. William James, a finales del siglo XIX, realizó una distinción en la memoria según el alcance temporal (el alcance temporal comprende el periodo de tiempo que ha pasado desde el almacenamiento de la información hasta su recuperación) del material almacenado, dividiéndola en memoria primaria o inmediata y memoria secundaria, sentando las bases de lo que sería su más reconocida división posterior en memoria a corto plazo y memoria a largo plazo, MCP y MLP, respectivamente (Vianna et. al., 2000).

El modelo de almacenamiento múltiple de Atkinson y Shiffrin (1968), propone una separación teórica de la memoria en tres tipos: MCP, MLP y memoria sensorial. Mientras que el factor diferencial entre la MCP y MLP es el mismo que para William James (1890) (el alcance temporal), la memoria sensorial consiste en el almacenamiento de la información estrictamente sensorial proveniente de los estímulos del entorno.

Se planteó la división de la MLP en memoria procedimental o no declarativa y memoria declarativa (Squire, 1992). Según este autor, la memoria procedimental es aquella cuyo almacenamiento no es deliberado, y su recuperación es automática. Está estrechamente relacionada con las acciones. La memoria declarativa, por el otro lado, es la que almacena la información de forma deliberada y somos conscientes de su recuperación. La información en este tipo de memoria está relacionada con los eventos, conocimientos y experiencias que adquirimos del entorno.

A su vez, Tulving (1972) conjeturó la disgregación de la memoria declarativa en memoria semántica y memoria episódica. La memoria semántica es aquella que almacena información acerca del mundo, sus objetos, conceptos y el lenguaje, entre otros. Este tipo de memoria no requiere de una experiencia o vivencia concreta para su codificación o almacenamiento. La memoria episódica, por su parte, contiene la información perteneciente a las experiencias y vivencias de una persona. Esta información, al ser de carácter autobiográfico, requiere de un contexto temporal y de lugar concretos.

Profundizando en la memoria episódica, ya que va a ser el objetivo principal de esta investigación, esta cuenta con las siguientes características principales: almacena experiencias y recuerdos de manera subjetiva, es decir, nuestra percepción influye en la codificación de los eventos para formar recuerdos (Tulving, 1985); normalmente van acompañados de registros sensoriales almacenados en el momento de la experiencia original (Waldhauser, Braun, & Hanslmayr, 2016); y su accesibilidad y alcance temporal son influidos por el impacto emocional o valor personal de la vivencia (Allen, Kaut, & Lord, 2008).

Para ser considerado memoria episódica, según la investigación llevada a cabo por Carrillo-Mora (2010), un recuerdo debe cumplir una serie de requisitos relacionados con las características de la información que retiene y de la huella de memoria de la que somos conscientes. Principalmente, debe existir una autoconciencia, es decir, debemos ser conscientes de que ese recuerdo es de una experiencia que nos ha ocurrido a nosotros mismos; y una conciencia temporal subjetiva, que consiste en enmarcar temporalmente los recuerdos y secuenciarlos cronológicamente. Los sucesos que nos ocurren deben estar sujetos a un marco temporal y espacial de exactitud variable para que esta función nos sea de utilidad. Si no se consiguen asociar correctamente las variables de tiempo y lugar, los recuerdos de estos sucesos serán confusos y su retención y recuperación será más costosa. En su codificación participan principalmente la corteza prefrontal izquierda (Gabrieli, Poldrack & Desmond, 1998) y el lóbulo temporal medial (LTM). Dentro del LTM, la estructura cerebral más importante para este proceso es el hipocampo. El hipocampo se encarga de codificar la información entrante proveniente de nuestras experiencias y de su posterior almacenamiento (Tulving & Markowitsch, 1998).

Para que los recuerdos posean las propiedades de tiempo y lugar, es necesario que seamos capaces de percibir y recordar a su vez el tiempo y el espacio, es decir, requerimos habilidades que nos permitan realizar cálculos temporales y secuenciar los eventos y

experiencias, y que nos permitan memorizar zonas, rutas y perspectivas de nuestro entorno para crear representaciones mentales o mapas cognitivos de este (Burgess, Maguire & O'Keefe, 2002). Las funciones encargadas mayoritariamente de estos procesos son la percepción temporal y la memoria espacial.

La memoria espacial es un tipo de memoria que nos proporciona la capacidad de recordar información visual de nuestros alrededores, posición de sitios y objetos, tamaños, distancias, etc. Además, nos proporciona orientación espacial, es decir, saber nuestra localización tomando como referencia nuestro entorno y lo que vemos. Estas habilidades provenientes de este tipo de memoria ocurren tanto a gran escala (saber dónde estamos en una ciudad o incluso país), como a pequeña escala (saber localizar nuestro coche en un parking subterráneo. Citando a Burgess (2021) “la memoria espacial es el almacenamiento y recuperación de información necesaria para planear una ruta hacia un destino deseado y recordar dónde se encuentran los objetos y lugares”).

Este tipo de memoria está relacionado con la agenda visoespacial del modelo multicomponente de Baddeley y Hitch (1974). En este modelo, la agenda visoespacial lleva a cabo funciones como retención temporal de información visual del entorno, elaboración de rutas hacia nuestro destino, representación mental de entornos en los que no estamos presentes en ese momento y nos resalta cambios recientes de los lugares haciendo que nos fijemos en estos, entre otros.

Las estructuras cerebrales más importantes para esta función son el hipocampo y la corteza entorrinal medial. Se ha observado que una lesión en el hipocampo o en la corteza entorrinal tiene una alta probabilidad de provocar la incapacidad para moverse por el entorno y recordarlo, demostrando su importancia para este tipo de memoria (Pilly & Grossberg, 2012). La corteza prefrontal también participa en la memoria espacial, concretamente en la toma de decisiones respecto a la ruta óptima para llegar a nuestro destino y la flexibilidad y adaptación necesarias para movernos ágilmente por el entorno. Se ha observado que, tanto en humanos como en roedores, daños en la corteza prefrontal producen una alteración en esta función desembocando en la incapacidad de los sujetos para seleccionar rutas eficaces para llegar a su destino (Negrón-Oyarzo et al., 2018).

La memoria espacial puede ser medida e investigada mediante diferentes pruebas, cuyo interés y elaboración incrementaron considerablemente a partir de los años 70 con el descubrimiento de nuevos tipos de células en el hipocampo, las células de lugar, las cuales

trataremos más adelante. En ratas, se ha estudiado el límite de la capacidad de memoria espacial mediante el uso de laberintos (Cole y Chappell-Stephenson, 2003). Además, se han analizado los efectos que producían en el rendimiento en tareas de memoria espacial la lesión de estas áreas previamente identificadas, como en la investigación de Parron y Save (2004) sobre el efecto de las lesiones en la corteza entorrinal. En humanos, se han diseñado numerosos instrumentos para medir esta capacidad, siendo quizá el más conocido el de los cubos de Corsi (Corsi, 1972). También se han llevado a cabo estudios en los cuales se registraba la actividad neuronal tanto de ratas como de humanos mientras se realizaban tareas de memoria espacial, identificando así las estructuras cerebrales más importantes para esta función.

Centrándonos ahora en la otra función indispensable para la memoria episódica, siendo esta el procesamiento y la percepción temporal, su localización cerebral no está tan clara. La percepción temporal es la interpretación subjetiva del cerebro del paso del tiempo, lo que nos permite ser conscientes de este y de poder trabajar con él, haciendo cálculos y comparaciones para todo tipo de funciones.

Según el modelo de la teoría de expectativa escalar de Gibbon (1977), el cerebro contiene un marcapasos o reloj interno que nos permite almacenar duraciones temporales, que luego serán comparadas con otras para hacer cálculos temporales y darnos consciencia del paso del tiempo. Estructuras cerebrales involucradas en este procesamiento son el cerebelo, el córtex prefrontal derecho, los ganglios basales y el hipocampo (Poryazova et al., 2013).

Para la investigación de la percepción temporal se han desarrollado numerosas pruebas e instrumentos, como son la tarea de producción temporal, la tarea verbal de estimación temporal, la tarea de comparación temporal y la tarea auditiva de percepción temporal, entre otras. Estas tareas nos permiten evaluar la capacidad de los sujetos para realizar cálculos, distinciones y estimaciones de intervalos temporales. Esto a su vez nos permite identificar las diferentes regiones cerebrales que participan en estas habilidades cognitivas y observar posibles diferencias intersujeto en cuanto a rendimiento (Vez et al., 2018; Poryazova et al., 2013; Koch, Oliveri, Carlesino, & Caltagirone, 2002; Vicario et al., 2010).

Si la memoria episódica debe estar enmarcada en un contexto temporal y de lugar relativamente concretos, logrado gracias a la percepción temporal y a la memoria

espacial, respectivamente, y el hipocampo es el principal encargado de este tipo de memoria, es lógico pensar en una conexión entre este y las funciones anteriormente mencionadas. La participación del hipocampo proviene de las células de tiempo y de espacio (“time cells y place cells”) que este contiene, que ayudan a localizar, relacionar y almacenar estímulos mediante la creación de un mapa cognitivo en la memoria. Este mapa cognitivo nos da la capacidad de formar representaciones mentales de los estímulos (especialmente importante para aquellos distantes en el tiempo o espacio) y formar relaciones entre ellos (Pilly & Grossberg, 2012).

La teoría de Sugar y Moser (2019) es una de las más actuales, y explica cómo las células de tiempo y lugar generan un sistema para la memoria episódica dependiente de mapas espacio-temporales, los cuales representan las relaciones temporales y espaciales entre estímulos posibilitando así la secuenciación y organización de los recuerdos episódicos. Aunque a día de hoy todavía se desconoce cómo el hipocampo codifica los recuerdos manteniendo el marco espacio-temporal que los diferencia y permite su organización, sí está demostrado que la información del cuándo y dónde está implícita en los circuitos neuronales del hipocampo y estructuras adyacentes, y son vitales para la memoria episódica.

Profundizando ahora en cada tipo de célula por separado, las células de lugar son grupos de células en el hipocampo y la corteza entorrinal encargadas de construir mapas espaciales de referencia que nos permiten movernos y orientarnos por el entorno (Moser, Rowland, & Moser, 2015). Los primeros experimentos en roedores cuyo objetivo era analizar la función del hipocampo en la orientación espacial concluyeron que las células de lugar en dicha estructura cerebral eran vitales para su memoria espacial (O'Keefe & Dostrovsky, 1971). Sin el mapa espacial generado por las células de lugar, los roedores no eran capaces de conocer su orientación, su posición, de fijarse y memorizar detalles y cambios del entorno, aplicar rutas previamente recorridas, etc.

Para la construcción de dicho mapa cognitivo espacial, las células de lugar emiten impulsos nerviosos según la posición del individuo en el espacio físico que le rodea. A los lugares del entorno en los que la célula de lugar dispara se les conoce como “place fields” (campos de lugar). En las primeras teorías, se propuso que estos “place fields” estaban determinados por la distancia que recorre la persona y la dirección en la que la ha recorrido. Sin embargo, Knierim (2015) descubrió que las claves relevantes del entorno poseen una mayor influencia en el disparo de las células de lugar. Este mismo autor

también observó que hay diferentes tipos de células de lugar, cada uno bajo la influencia de una característica específica del entorno o del propio registro de movimiento del individuo. Por ejemplo, una célula de lugar puede disparar al recorrer 50 metros hacia el oeste, y otra por haber girado dos veces a la izquierda en cruces de una ciudad.

En cuanto a las células de tiempo, funcionan de una manera similar a las de lugar, pero con sus peculiaridades. Si antes habíamos explicado que diferentes células de lugar disparan por diferentes características del entorno, con las de tiempo se ha descubierto que, dependiendo del tipo, disparan bajo la influencia de periodos largos de tiempo, periodos cortos, e incluso duraciones por debajo del segundo. Mediante estos impulsos nerviosos, se van generando “time fields” (campos de tiempo), parecidos a los “place fields” pero mapean la variable tiempo en vez de la variable lugar (Knierim, 2015). Los “time fields” generados contienen información sobre el contexto temporal de los acontecimientos, ayudándonos a enmarcar nuestros recuerdos en el tiempo y a secuenciarlos. Incluso arrojan algo de luz al interrogante de por qué cuanto más tiempo pasa tras un evento nos es más complicado posicionarlo en el tiempo, y es que se ha observado que la precisión de la información acerca del contexto temporal de los sucesos decae en gran medida debido a que los “time fields” comienzan a disgregarse, aumentando la distancia entre ellos considerablemente cuanto más tiempo ha pasado desde el acontecimiento (Howard & Eichenbaum, 2014).

Como vemos, tanto las células de lugar como las de tiempo, encontrándose ambas en el hipocampo (además de en otras estructuras cerebrales en menor cantidad) son indispensables para la memoria espacial y para la percepción temporal, y por ende se puede sintetizar en que el hipocampo es clave para estos contextos específicos de la memoria episódica. Sabemos que existen diferentes variables que afectan a ambas funciones y por ende a nuestra memoria episódica, debido a los efectos que producen sobre estructuras cerebrales claves para esta. Una de las más estudiadas debido a su magnitud y extensión es el envejecimiento. Se conoce que el envejecimiento en el ser humano viene acompañado normalmente de una alteración de la actividad del hipocampo provocada por múltiples factores. La acumulación de radicales libres en las células (estrés oxidativo), la inflamación de los vasos sanguíneos del cerebro, la reducción en plasticidad neuronal y neurogénesis, las enfermedades neurodegenerativas y el incremento de las mutaciones genéticas que aparecen de forma natural con la edad, etc. producen una reducción de las capacidades cognitivas básicas (Bettio, Rajendran, & Gil-Mohapel,

2017), siendo una de las más afectadas la memoria declarativa (Kausler, 1994). Adicionalmente, se ha observado que el hipocampo sufre una disminución de volumen con el envejecimiento, que además ha sido correlacionado con un déficit en tareas dependientes de esta estructura cerebral como son el aprendizaje y la memoria. (Driscoll et al., 2003).

Analizando concretamente el efecto en la memoria espacial, se ha observado que su rendimiento se ve alterado con la edad (Tascón, Castillo, & Cimadevilla, 2019; Techentín, Voyer, & Voyer, 2014), y es de los primeros tipos de memoria en experimentar un déficit cuando se sufre demencia o Alzheimer (Hort et al., 2007). Debido a la alteración que surge en la capacidad de orientación y navegación por el entorno, se recurren a otras estrategias para afrontar los problemas presentados en las pruebas de memoria espacial. Como se muestra en el estudio de Konishi et al. (2013), este cambio de estrategias provoca que la actividad cerebral en el hipocampo en personas de mayor edad se vea reducida en comparación con los individuos jóvenes, y la actividad en otras áreas como el núcleo caudado incrementa significativamente. Esto lo comprobaron con el uso de técnicas de neuroimagen funcional, que muestran cómo durante las pruebas de memoria espacial y orientación, las personas jóvenes poseían una actividad hipocampal significativamente mayor que las personas de más edad. Además, cuanto más se familiarizaban las personas de mayor edad con las pruebas, más actividad se observaba en el núcleo caudado (no viéndose esto en el grupo joven), teorizando que, con el tiempo, las personas mayores desarrollan estrategias alternativas para resolver las situaciones que se les presentan involucrando así otras regiones cerebrales.

En cuanto a la percepción temporal, se ha teorizado que nuestro reloj interno sufre alteraciones con la edad, lo que produce una distorsión de nuestra percepción del tiempo. Esto se observa en cómo a medida que crecemos sentimos que los años pasan más rápido, y que “el tiempo vuela”. Sin embargo, en la actualidad hay debate sobre cómo se produce esta alteración en el procesamiento del tiempo, ya que hay estudios cuyos resultados indican que, en las pruebas de percepción temporal, los grupos de jóvenes y ancianos obtenían resultados similares, sin diferencias significativas (Duncan, McLeod, & Phillips, 2005; Carrasco, Bernal, & Redolat, 2001).

Esta contradicción entre el cambio de nuestra percepción del tiempo y los resultados no concluyentes en pruebas de procesamiento temporal pueden estar causados por una diferenciación aún no realizada en la teoría, de dos funciones temporales de nuestro

cerebro. Por un lado, encontramos la función más secuenciadora, relacionada con la memoria episódica, en la que las “time cells” están más involucradas, otorgando el contexto temporal a los recuerdos y regulando nuestra percepción del paso del tiempo a largo plazo. Por otro lado, encontramos la función de medición o cálculo temporal, donde estructuras como los ganglios basales, el cerebelo y el córtex prefrontal se encargan de realizar operaciones con el tiempo y hacer mediciones a muy corto plazo. Sabiendo que, como se ha explicado anteriormente, el hipocampo (principal poseedor de las time cells) es de las estructuras cerebrales más afectadas por los procesos del envejecimiento (Driscoll et al., 2003), se puede hipotetizar que los resultados no mostraban diferencias significativas debido a que no estaban midiendo correctamente la función temporal más asociada al hipocampo, centrándose en pruebas retrospectivas de intervalos de tiempo demasiado cortos.

En resumen, las células de tiempo y lugar, vitales para la percepción temporal y la memoria espacial, son indispensables para enmarcar los recuerdos de la memoria episódica en estas dimensiones. Así mismo, estas funciones y habilidades cognitivas pueden deteriorarse con la edad debido a que el hipocampo es muy vulnerable a los procesos nocivos del envejecimiento.

Objetivos e hipótesis: Así pues, el objetivo de este trabajo es analizar la relación entre ambas funciones (memoria espacial y percepción temporal), y comprobar las posibles diferencias entre las personas mayores y los jóvenes en el rendimiento en pruebas relacionadas con estas capacidades cognitivas.

Teniendo en cuenta toda la teoría reunida hasta ahora, las dos hipótesis principales de esta investigación son: primero, continuando los datos ofrecidos por los estudios de Pilly y Grossberg (2012) y Sugar y Moser (2019), se propone que existe una relación entre las funciones de memoria espacial y percepción temporal (a través de las células de tiempo y lugar en el hipocampo). Segundo, en base a los datos proporcionados por los estudios de los efectos del envejecimiento en el hipocampo (Driscoll et al., 2003; Hort et al., 2007), se prevé encontrar una ejecución general más baja en el grupo de personas mayores que en el grupo de jóvenes.

Método

Participantes

Se seleccionaron 20 participantes de entre 18 y 30 años para el grupo de jóvenes ($\bar{X} = 22,35 \pm 1,927$), y 20 participantes de más de 55 años para el grupo de personas mayores ($\bar{X} = 60,05 \pm 5,53$), obteniendo así un total de 40 sujetos. El género estaba equilibrado en la muestra, 20 hombres (12 jóvenes y 8 mayores) y 20 mujeres (8 jóvenes y 12 mayores). La selección se realizó mediante un muestreo por conveniencia o errático, en el que se escogieron individuos que estuviesen dentro de los rangos de edad y que no poseyesen características que les impidieran realizar el experimento en su totalidad o que pudiesen interferir en los resultados (dificultades motoras o intelectuales). Además, se utilizó la técnica de bola de nieve para poder llegar a un mayor número de participantes.

Materiales

Se construyó una batería de pruebas con Java, realizable de manera online a través de un enlace. Contiene las siguientes tareas:

- *Tarea de reconocimiento de imágenes ASMRT*: (Tascón, García-Moreno, & Cimadevilla, 2017). Contiene 80 ensayos en total (40 con una caja y 40 con tres cajas) De esta tarea se recogen el número de aciertos del sujeto para cada una de las dificultades, y las variables que se analizarán posteriormente son la Dificultad con sus dos niveles (una caja y tres cajas) y la Edad (joven y mayor).
- *Tarea de estimación de velocidad*: (adaptada de Üstün, Kale, & Cicek, 2017) Contiene 30 ensayos en total, cinco para cada una de las seis condiciones. De esta prueba se recogen el número de aciertos del sujeto para cada una de las condiciones, y las variables que se analizarán posteriormente son el Cambio (si el cuadrado aumenta o disminuye la velocidad al pasar por la zona oculta) con sus dos niveles (menor y mayor), la Velocidad (la velocidad del cuadrado cuando no está tras la zona que lo oculta) con sus tres niveles (baja, media y alta) y la Edad (joven y mayor).

Procedimiento

La realización de las tareas por parte de los participantes se llevó a cabo mediante una batería de pruebas online, a la que se accedía a través de un enlace. Una vez el sujeto pulsa en el link, se abre una pantalla en la que se le explica su participación voluntaria en el experimento. Además, se le pide el consentimiento explícito mediante un menú desplegable que contiene las opciones “Sí” y “No”. Posteriormente, se lleva a cabo un cuestionario sobre los datos demográficos del participante para su posterior clasificación por grupos de edad y con el fin de conocer características de los sujetos que permitan arrojar luz sobre posibles resultados anómalos. Las variables recogidas en este cuestionario eran edad, sexo, lateralidad, años de educación formal, máxima titulación obtenida, profesión, historial de daños cerebrales y trastornos psicológicos/psiquiátricos, tratamiento médico actual, consumo de sustancias adictivas, consumo de alcohol, realización de actividad física actual y en el pasado, y si el sujeto juega a videojuegos.

Tras esto, da comienzo la batería de pruebas, la cual empieza con la tarea ASMRT (ver Figuras 1 y 2). En esta, se presentan en pantalla fotografías de distintas perspectivas de una sala cuadrada que contiene nueve cajas organizadas en tres filas iguales, manteniendo siempre el mismo espacio de separación entre cajas. En las imágenes se aprecian las paredes de la sala, contando cada una de ellas con un elemento distintivo o varios que las diferencia del resto. Esta prueba se inicia con una fotografía en la que una de las cajas está marcada en verde, y los participantes deben reconocer en las diez imágenes presentadas posteriormente si la caja verde que aparece en cada una de ellas se corresponde a la que aparecía en la primera fotografía, pulsando la tecla "Z" para indicar "Sí" o la tecla "M" para indicar "No". Este procedimiento se realiza cuatro veces con una caja verde distinta en cada fotografía inicial. Tras estos cuatro bloques de diez ensayos, comienza la segunda fase de la tarea, en la que el participante deberá memorizar tres cajas verdes en lugar de una. En las imágenes que debe comparar con la original solo se preguntará por una caja, y el participante tiene que responder nuevamente usando las mismas teclas que en la fase anterior si la caja verde es una de las tres que se le enseñaron en la imagen original. Se realizan otros cuatro bloques de diez ensayos en esta fase, haciendo un total para la tarea de 80 ensayos (8 imágenes a memorizar y 80 a reconocer). Al principio de cada fase hay ejemplos en los que se le indica al participante si ha acertado

o no para que se familiarice con la prueba. Todos los ensayos y su orden de aparición se mantienen igual para todos los sujetos.

Al finalizar la tarea, al participante se le comunica que puede tomarse un par de minutos de descanso antes de proseguir con la siguiente. La segunda y última prueba es la de estimación de velocidad (ver figuras 3, 4 y 5). En esta, el sujeto debe indicar si un cuadrado que aparece por el lado izquierdo de la pantalla y se mueve hasta el lado opuesto reduce o aumenta su velocidad al pasar por una franja rectangular que lo oculta. El cambio de velocidad solo ocurre mientras el cuadrado está detrás de la franja rectangular, al salir de esta vuelve a su velocidad original. El participante debe contestar pulsando la tecla “Z” si cree que la velocidad en la franja era mayor o “M” si cree que era menor. En esta tarea existen seis condiciones posibles que surgen de la combinación de dos factores: el cambio de velocidad (aumento o disminución) y la velocidad original del cuadrado (baja, media o alta). Se realizan 30 ensayos en total, cinco para cada condición en un orden aleatorio. El sujeto realiza un ejemplo al principio de la prueba para que se familiarice con esta. Cuando finaliza esta tarea, el experimento ha concluido, agradeciéndole al participante su colaboración e indicándole que ya se han guardado sus respuestas y que puede cerrar el navegador.

Análisis de datos

El análisis de datos se realizó utilizando el programa de análisis estadístico IBM SPSS Statistics 23. Para analizar los resultados de la tarea ASMRT se llevó a cabo un ANOVA (Dificultad x Edad) con medidas repetidas en la variable Dificultad (dos niveles).

El análisis de la tarea de estimación de velocidad se llevó a cabo con un ANOVA (Cambio x Velocidad x Edad) con medidas repetidas en las variables Cambio (dos niveles) y Velocidad (tres niveles). El análisis Post-hoc se realizó mediante el procedimiento de Bonferroni.

Con el fin de analizar la posible relación entre los resultados de ambas tareas, se llevó a cabo una prueba de correlación de Pearson entre estos.

En todos los casos se considera el nivel de significación $p < .05$.

Resultados

Tras el análisis de los resultados obtenidos en la tarea ASMRT mediante el ANOVA con medidas repetidas (Edad x Dificultad), se pueden observar diferencias estadísticamente significativas según el grupo de edad, siendo esta una variable con gran efecto sobre los aciertos [$F(1,36)= 7.8$; $p= 0.008$; $\eta^2= 0.178$], obteniendo el grupo de los jóvenes mejores puntuaciones en ambas dificultades en comparación con el grupo de mayores (media de aciertos con una caja de 36.05 ± 5.15 en jóvenes y de 32.20 ± 5.62 en personas mayores; media de aciertos con tres cajas de 34 ± 6.15 en jóvenes y de 28.10 ± 5.3 en personas mayores) (ver Figura 6). Adicionalmente, la variable dificultad tuvo un efecto significativo sobre los aciertos [$F(1,36)=17$; $p<.001$; $\eta^2=.328$], viéndose un mejor rendimiento general en la dificultad de una caja (media de aciertos con una caja de 34.10 ± 0.89 y con tres cajas de 30.9 ± 0.94). No se encontraron interacciones entre las variables.

El análisis de la tarea de estimación de velocidad también se llevó a cabo mediante un ANOVA con medidas repetidas (Edad x Velocidad x Cambio). Se pueden observar diferencias estadísticamente significativas según el grupo de edad [$F(1,36)= 5.45$; $p= 0.025$; $\eta^2= 0.132$] donde el grupo de jóvenes obtuvo mejores puntuaciones que el de mayores en cuatro de seis condiciones (media de aciertos con velocidad baja y cambio menor de 4.40 ± 0.821 en jóvenes y de 4.50 ± 0.761 en personas mayores; media de aciertos con velocidad media y cambio menor de 4.45 ± 1 en jóvenes y de 4.25 ± 1.25 en personas mayores; media de aciertos con velocidad alta y cambio menor de 3.85 ± 1.09 en jóvenes y de 2.65 ± 1.5 en personas mayores; media de aciertos con velocidad baja y cambio mayor de 4.40 ± 0.94 en jóvenes y de 3.15 ± 1.39 en personas mayores; media de aciertos con velocidad media y cambio mayor de 3.85 ± 1.23 en jóvenes y de 3.55 ± 1.32 en personas mayores; media de aciertos con velocidad alta y cambio mayor de 3.9 ± 1.29 en jóvenes y de 4.25 ± 1.07 en personas mayores) (ver Figura 7). Asimismo, la variable Velocidad ejerce también un efecto significativo sobre los aciertos [$F(2,35)=5$; $p=0.007$; $\eta^2=0.248$] observándose generalmente una mayor dificultad para los sujetos cuando la velocidad es alta (media de aciertos con velocidad baja de 4.14 ± 0.10 ; media de aciertos con velocidad media de 4.07 ± 0.12 ; media de aciertos con velocidad alta de 3.69 ± 0.12). No se encontraron diferencias significativas según el cambio.

Se observó una interacción Cambio x Velocidad [$F(2,35)=9$; $p=.001$; $\eta^2=.346$] (media de aciertos con cambio menor y velocidad baja de 4.47 ± 0.13 ; media de aciertos con cambio menor y velocidad media de 4.38 ± 0.18 ; media de aciertos con cambio menor y velocidad alta de 3.25 ± 0.22 ; media de aciertos con cambio mayor y velocidad baja de 3.81 ± 0.18 ; media de aciertos con cambio mayor y velocidad media de 3.76 ± 0.2 ; media de aciertos con cambio mayor y velocidad alta de 4.13 ± 0.19).

Además, se observó una interacción entre Cambio x Velocidad x Edad [$F(2,35)=4$; $p=0.013$; $\eta^2= 0.219$]. Tras el análisis Post-hoc mediante el procedimiento de Bonferroni se encontraron diferencias significativas para el grupo de jóvenes entre velocidad media y alta en cambio menor [$T(19)=2.565$, $p=.019$] (media de aciertos con velocidad media de 4.45 ± 1 y media de aciertos con velocidad alta de 3.85 ± 1.09); y entre velocidad baja y velocidad media en cambio mayor [$T(19)=2.146$, $p=.045$] (media de aciertos con velocidad baja de 4.4 ± 0.94 y media de aciertos con velocidad media de 3.85 ± 1.22). Además, se encontraron diferencias significativas para el grupo de personas mayores entre velocidad baja y velocidad alta en cambio menor [$T(19)=5.286$, $p<.001$] (media de aciertos con velocidad baja de 4.5 ± 0.76 y media de aciertos con velocidad alta de 2.65 ± 1.5); entre velocidad media y velocidad alta en cambio menor [$T(19)=4.213$, $p<.001$] (media de aciertos en velocidad media de 4.25 ± 1.25 y media de aciertos con velocidad alta de 2.65 ± 1.5); entre velocidad baja y velocidad alta en cambio mayor [$T(19)=3.039$, $p=.007$] (media de aciertos con velocidad baja de 3.15 ± 1.39 y media de aciertos con velocidad alta de 4.25 ± 1.07); y entre velocidad media y alta en cambio mayor [$T(19)=2.570$, $p=.019$] (media de aciertos con velocidad media de 3.55 ± 1.32 y media de aciertos con velocidad alta de 4.25 ± 1.07) (ver Figura 8).

Se realizó una prueba de correlación de Pearson para comprobar si existía relación entre la prueba de ASMRT y la de estimación de velocidad, encontrando una correlación significativa entre los aciertos en los ensayos con tres cajas en la tarea ASMRT y los aciertos en la tarea de estimación de velocidad con velocidad alta y cambio menor [$r= 0.425$, $p= 0.006$], entre los aciertos totales en la tarea ASMRT y los aciertos en la tarea de estimación de velocidad con velocidad alta y cambio menor [$r= 0.386$, $p= 0.014$], y entre los aciertos en los ensayos con tres cajas en la tarea ASMRT y los aciertos totales de la tarea de estimación de velocidad [$r= 0.343$, $p= 0.03$].

Conclusiones

Con esta investigación se pretendía explorar las posibles diferencias de rendimiento entre jóvenes y personas mayores en tareas que involucran memoria espacial y percepción temporal, además de intentar establecer una relación entre ambas capacidades cognitivas. Utilizando como base los estudios de Driscoll et al. (2003) y Hort et al. (2007) acerca del decaimiento del hipocampo provocado por la edad, se esperaba encontrar un rendimiento más bajo en el grupo de personas mayores que en el de jóvenes. Los resultados por parte de ambos grupos en las tareas realizadas apoyan esta primera hipótesis, además de coincidir en el componente de memoria espacial con las investigaciones de Tascón, Castillo & Cimadevilla (2019) y de Voyer & Voyer (2014). En ASMRT, la media del grupo de personas mayores era significativamente más baja en ambas dificultades que la de los jóvenes (ver Figura 6), y en estimación de velocidad la media de aciertos de las personas mayores era menor que la del grupo de jóvenes en cuatro de seis condiciones de ensayo (ver Figura 7).

De la interacción Cambio x Velocidad encontrada en la tarea de estimación de velocidad, se puede concluir que en ambos grupos el rendimiento aumentaba en ensayos de cambio menor cuanto más baja era la velocidad, mientras que en ensayos de cambio mayor sucedía lo contrario, cuanto más alta era la velocidad mejor rendimiento (ver Figura 8). Esto se debe a que la dificultad de estos ensayos es considerablemente mayor, independientemente del grupo, ya que es más costoso detectar una reducción de velocidad en un objeto que se mueve lentamente, al igual que un aumento de la misma en un objeto que avanza rápidamente.

De la interacción Cambio x Velocidad x Edad encontrada en la tarea de estimación de velocidad, se puede inferir que al grupo de personas mayores le influye en mayor medida la condición del ensayo en comparación con el de los jóvenes. Específicamente, el rendimiento de las personas mayores disminuye significativamente cuando la velocidad es alta y el cambio menor, y cuando la velocidad es baja y el cambio mayor. Por otro lado, la ejecución de los jóvenes no se veía alterada por estas condiciones, pero sí por la de velocidad media con cambio mayor, la cual reducía el número de aciertos. Sin embargo, esta reducción en los jóvenes es de una magnitud considerablemente menor al compararla con las observadas en el grupo de personas mayores (ver Figura 9). Esto puede deberse

al desarrollo de diferentes estrategias por parte de las personas mayores para resolver problemas que requieren una mayor activación del hipocampo. Como se demostró en el estudio de Konishi et al. (2013), las personas mayores obtenían resultados que se acercaban a los de los jóvenes cuando se familiarizaban con la tarea, ya que hacían uso de estrategias alternativas que involucraban otras regiones cerebrales. Sin embargo, en la tarea que hemos utilizado en esta investigación, el cambio rápido entre condiciones y el reducido número de ensayos provocaba que este desarrollo de estrategias fuese considerablemente menos eficaz que la aplicación constante de la percepción temporal, llevada a cabo por los jóvenes, ya que no tiene que ser adaptada para cada condición.

En cuanto a las correlaciones directas halladas entre variables de ambas pruebas, de estas se puede inferir cierta conexión entre el rendimiento de las mismas. A medida que el número de aciertos incrementa en la prueba ASMRT, aumenta la posibilidad de una mejor ejecución en la tarea de estimación de velocidad. Esto apoya en cierta medida la hipótesis planteada en esta investigación de una supuesta relación entre la memoria espacial y la percepción temporal, en concordancia con el estudio de Sugar y Moser (2019), el cual propone una conexión de ambas capacidades cognitivas a través de las células de tiempo y lugar en el hipocampo, conformando así el contexto espacio-temporal de la memoria episódica.

Aunque en la actualidad se conoce que existe un dimorfismo sexual para la memoria espacial (Coluccia & Louse, 2004), no se ha analizado la diferencia entre géneros en esta investigación debido a las limitaciones provenientes del reducido tamaño muestral. Adicionalmente, se podría seguir profundizando en la relación entre memoria espacial y estimación temporal en futuras investigaciones mediante la implementación de evaluaciones con electroencefalogramas (EEG), de diferentes pruebas relevantes para estas capacidades cognitivas y de una muestra más amplia. La inclusión de evaluaciones con EEG podría suponer además la posibilidad de continuar explorando la conexión entre las células de tiempo y lugar del hipocampo para la formación de la memoria episódica. Por otro lado, aunque los resultados de esta investigación muestran un mejor rendimiento en las tareas por parte del grupo de los jóvenes, es necesario un segundo estudio con un mayor tamaño muestral y un repertorio de tareas más amplio que confirme estas diferencias.

En definitiva, y teniendo en mente las limitaciones presentadas, este estudio ha permitido apoyar las diferencias en rendimiento entre jóvenes y mayores para las pruebas de memoria espacial y percepción temporal encontradas en otros estudios (Castillo & Cimadevilla, 2019; Konishi et al., 2013), al mismo tiempo que participar en el asentamiento de bases que permitan establecer la supuesta relación entre dichas capacidades cognitivas.

Bibliografía

- Allen, P. A., Kaut, K. P., & Lord, R. R. (2008). Handbook of Behavioral Neuroscience - Chapter 1.8 Emotion and Episodic Memory. *Handbook of Episodic Memory*, 18, 115-132. doi:10.1016/S1569-7339(08)00208-7
- Atkinson, R.C., Shiffrin, R.M. (1968) Human Memory: A proposed System and its Control Processes. *Psychology of Learning and Motivation.*, 2, 89-195. DOI: 10.1016/S0079-7421(08)60422-3
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89.
- Bettio, L. E., Rajendran, L., & Gil-Mohapel, J. (2017). The effects of aging in the hippocampus and cognitive decline. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 79, 66-86. doi:10.1016/j.neubiorev.2017.04.030
- Burgess, N., & James, A. (2021). Spatial Memory. En *Encyclopedia Britannica*.
- Burgess, N., Maguire, E.A., & O'Keefe, J. (2002). The Human Hippocampus and Spatial and Episodic Memory. *Neuron*, 35(4), 625-641. doi: 10.1016/s08696-273(02)00830-9
- Carrasco, M., Bernal, M., & Redolat, R. (2001). Time Estimation and Aging: A Comparison between Young and Elderly Adults. *International journal of aging and human development*, 52(2), 91-101. doi:10.2190/7NFL-CGCP-G9E1-P0H1
- Carrillo-Mora, P. (2010). Sistemas de memoria: reseá histórica, clasificación y conceptos actuales. Segunda parte: Sistemas de memoria de largo plazo: Memoria episódica, sistemas de memoria no declarativa y memoria de trabajo. *Salud Mental*, 10(33), 197-205.
- Cole, M., & Chappell-Stephenson, R. (2003). Exploring the limits of spatial memory in rats, using very large mazes. *Learning & behavior*, 31(4), 349-368.
- Coluccia, E., & Louse, G. (2004). Gender differences in spatial orientation:A review. *Journal of Environmental Psychology*, 24(3), 329-340. doi:10.1016/j.jenvp.2004.08.006

- Corsi, P. (1972). *Human memory and the medial temporal region of the brain* (Tesis doctoral). McGill University, Montreal.
- Driscoll, I., Hamilton, D. A., Petropoulos, H., Yeo, R. A., Brooks, W. M., Baumgartner, R. N., & Sutherland, R. J. (2003). The aging hippocampus: cognitive, biochemical and structural findings. *Cerebral Cortex*, *13*(12), 1344-1351. doi:10.1093/cercor/bhg081
- Duncan, J., McLeod, P., & Phillips, L. (2005). *Measuring the Mind: Speed, Control, and Age*. Inglaterra: OUP Oxford.
- Gabrieli, J., Poldrack, R., & Desmond, J. (1998). The role of left prefrontal cortex in language and memory. *PNAS*, *95*(3), 906-913. doi: 10.1073/pnas.95.3.906
- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. *Psychological Review*, *84*(3), 279–325. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.84.3.279>
- Hort, J., Laczó, J., Vyhnálek, M., Bojar, M., Bureš, J., & Vlček, K. (2007). Spatial navigation deficit in amnesic mild cognitive impairment. *PNAS*, *104*(10), 4042-4047. doi:10.1073/pnas.0611314104
- Howard, M. W., & Eichenbaum, H. (2014). Time and space in the hippocampus. *Brain Research*, *1621*, 345-354. doi:10.1016/j.brainres.2014.10.069
- James, W. (1890) *The Principles of Psychology*. Encontrado en: <http://infomotions.com/sandbox/great-books-redux/corpus/html/principles.html>
- Kausler, D. H. (1994). *Learning and memory in normal aging*. Academic Press
- Knierim, J. J. (2015). The hippocampus. *Current Biology*, *25*(23), 1116-1121. doi:10.1016/j.cub.2015.10.049
- Koch, G., Oliveri, M., Carlesino, G. A., & Caltagirone, C. (2002). Selective deficit of time perception in a patient with right prefrontal cortex lesion. *Neurology*, *59*(10), 1658-1659. doi:10.1212/01.WNL.0000032504.45792.8F
- Konishi, K., Etchamendy, N., Roy, S., Marighetto, A., Rajah, N., & Bohbot, V. D. (2013). Decreased functional magnetic resonance imaging activity in the hippocampus in

- favor of the caudate nucleus in older adults tested in a virtual navigation task. *Hippocampus*, 23(11), 1005-1014. doi:10.1002/hipo.22181
- Moser, M., Rowland, D., & Moser, E. (2015). Place Cells, Grid Cells and Memory. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 7(2). doi:10.1101/cshperspect.a021808
- Negrón-Oyarzo, I., Espinosa, N., Aguilar-Rivera, M., Fuenzalida, M., Aboitiz, F., & Fuentealba, P. (2018). Coordinated prefrontal-hippocampal activity and navigation strategy -related prefrontal firing during spatial memory formation. *PNAS*, 115(36), 7123-7128. doi:10.1073/pnas.1720117115
- O'keefe, J., & Dostrovsky, J. (1971). The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain Research*, 34, 171-175.
- Parron, C., & Save, E. (2004). Comparison of the effects of entorhinal and retrosplenial cortical lesions on habituation, reaction to spatial and non-spatial changes during object exploration in the rat. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82(1), 1–11
- Pilly, P. K., & Grossberg, S. (2012). How Do Spatial Learning and Memory Occur in the Brain? Coordinated Learning of Entorhinal Grid Cells and Hippocampal Place Cells. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(5), 1031-1054.
- Poryazova, R., Mensen, A., Bislimi, F., Huegeli, G., Baumann, C. R., & Khatami, R. (2013). Time perception in narcolepsy in comparison to patients with Parkinson's disease and healthy controls - an exploratory study. *European Sleep Research Society*, 22, 625-633. doi:10.1111/jsr.12069
- Squire, L. (1992). Declarative and Nondeclarative Memory: Multiple Brain Systems Supporting Learning and Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4(3), 232-243. doi:10.1162/jocn.1992.4.3.232
- Sugar, J., & Moser, M.-B. (2019). Episodic memory: Neuronal codes for what, where and when. *Hippocampus*, 29(12), 1-16. doi:10.1002/hipo.23132
- Tascón, L., Castillo, J., & Cimadevilla, J. (2019). Age-related differences in the elderly in a spatial recognition task. *Memory*, 27(10), 1415-1422. doi:10.1080/09658211.2019.1663216

- Techentín, C., Voyer, D., & Voyer, S. D. (2014). Spatial abilities and aging: a meta-analysis. *Experimental aging research*, 40(4), 395-425. doi:10.1080/0361073X.2014.926773
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. *Organization of memory*.
- Tulving, E. (1985). How many memory systems are there? *American Psychologist*, 40(4), 385-398.
- Tulving, E. (1987). Multiple memory systems and consciousness. *Human Neurobiology*, 6, 67-80.
- Tulving, E., & Markowitsch, H. J. (1998). Episodic and declarative memory. *Hippocampus*, 8(3), 198-204. doi:10.1002/(SICI)1098-1063(1998)8:3<198::AID-HIPO2>3.0.CO;2-G
- Veiz, S., Köhli, J., Frey, B., Magezi, D., Annoni, J., & Burgunder, J. (2018). Auditory time perception in Huntington's disease. *Neuropsychologia*, 119, 247-252.
- Vianna, M. R., Izquierdo, L. A., Barros, D. M., Walz, Medina, J. H., Izquierdo, I. (2000) Short -and long- term memory: differential involvement of neurotransmitter systems and signal transduction cascades. *An Acad Bras Cienc.*, 72(3), 353-364. DOI: 10.1590/s0001-37652000000300009
- Vicario, C., Martino, D., Spata, F., Defazio, G., Giacché, R., Martino, V., . . . Cardona, F. (2010). Time processing in children with Tourette's Syndrome. *Brain and Cognition*, 73, 28-34. doi:10.1016/j.bandc.2010.01.008
- Waldhauser, G. T., Braun, V., & Hanslmayr, S. (2016). Episodic Memory Retrieval Functionally Relies on Very Rapid Reactivation Of Sensory Information. *Journal of Neuroscience*, 36(1), 251-260. doi:10.1523/JNEUROSCI.2101-15.2016.
- Üstün, S., Kale, E., & Cicek, M. (2017). Neural networks for time perception and working memory. *Frontiers in human neuroscience*, 11:83. doi: 10.3389/fnhum.2017.00083

Anexo

Figura 1: Ejemplo de la condición de una caja de la tarea ASMRT.

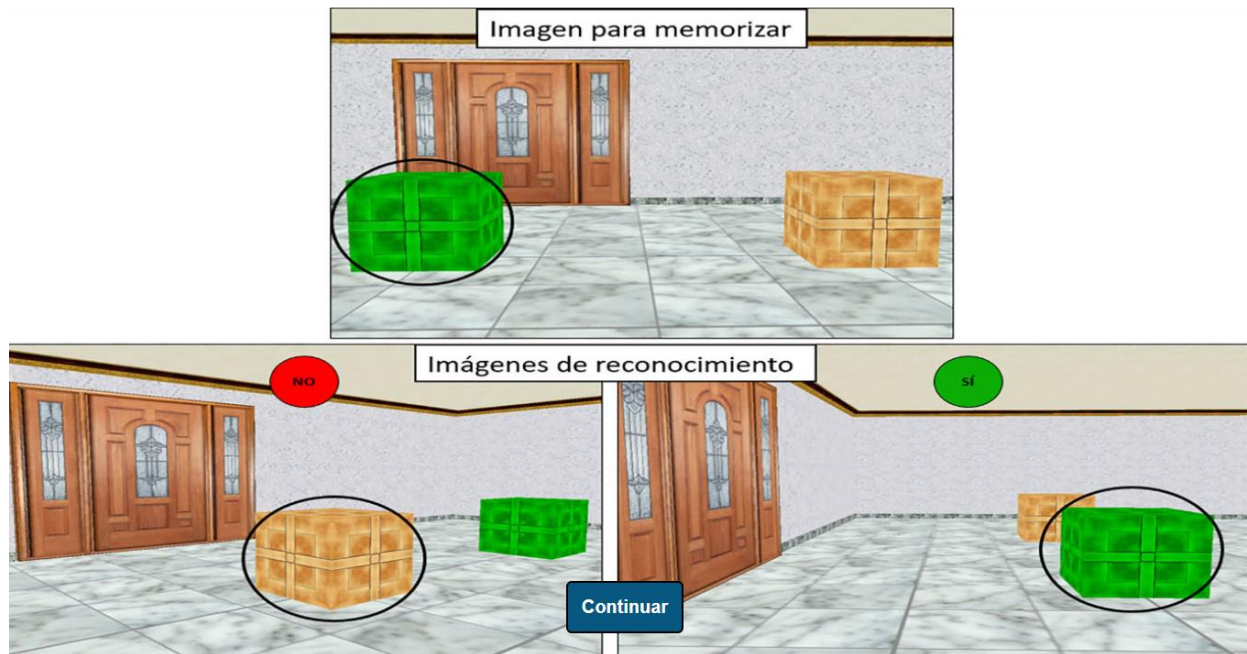


Figura 2: Ejemplo de la condición de tres cajas de la tarea ASMRT.

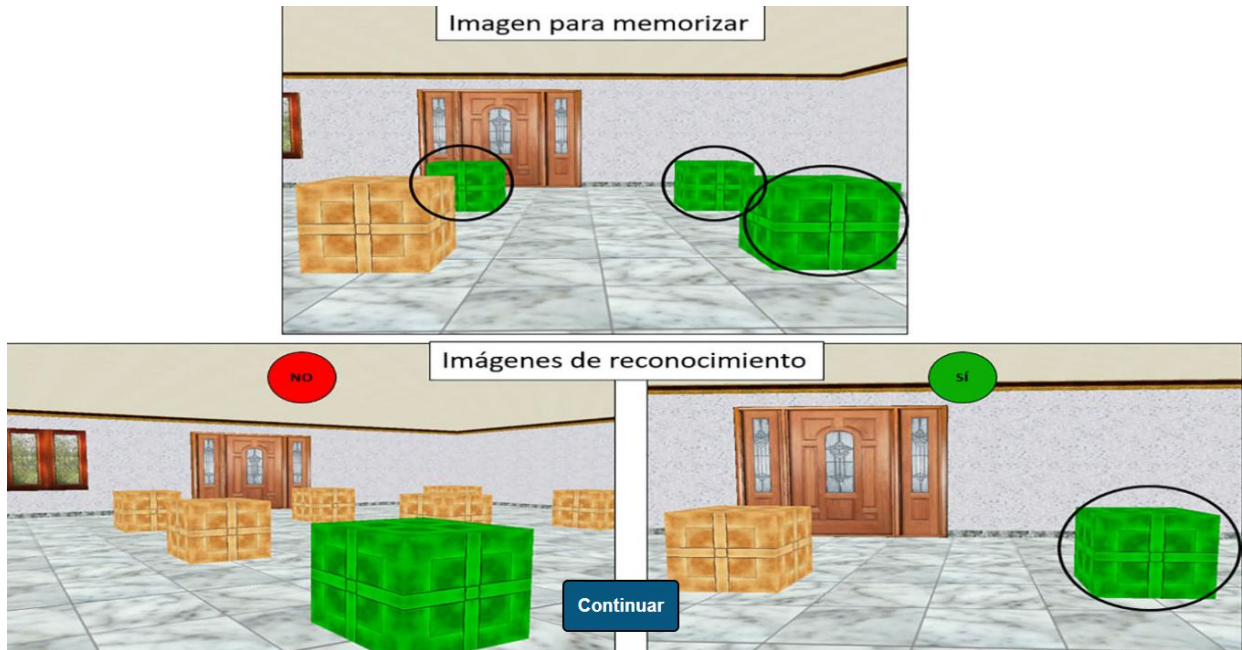


Figura 3: Ejemplo de la tarea de estimación de velocidad cuando el cuadrado aún no ha pasado por la zona que lo oculta.



Figura 4: Ejemplo de la tarea de estimación de velocidad cuando el cuadrado se encuentra en la zona que lo oculta.

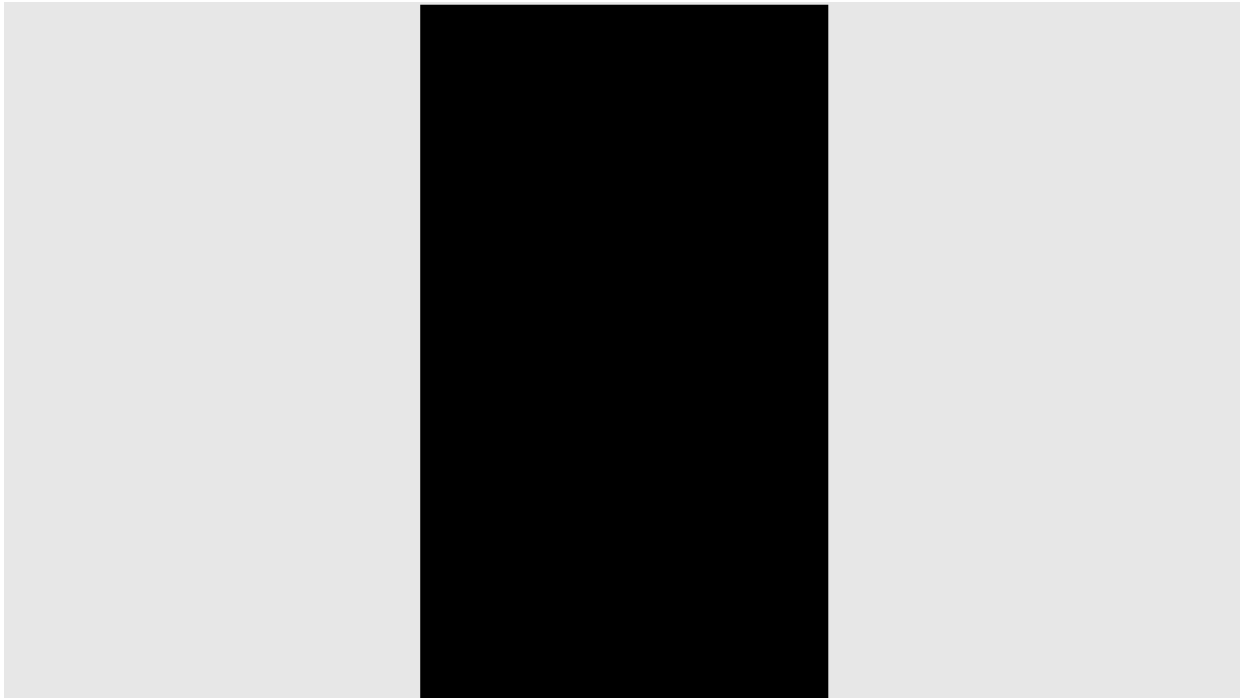


Figura 5: Ejemplo de la tarea de estimación de velocidad cuando el cuadrado ha atravesado la zona que lo oculta.

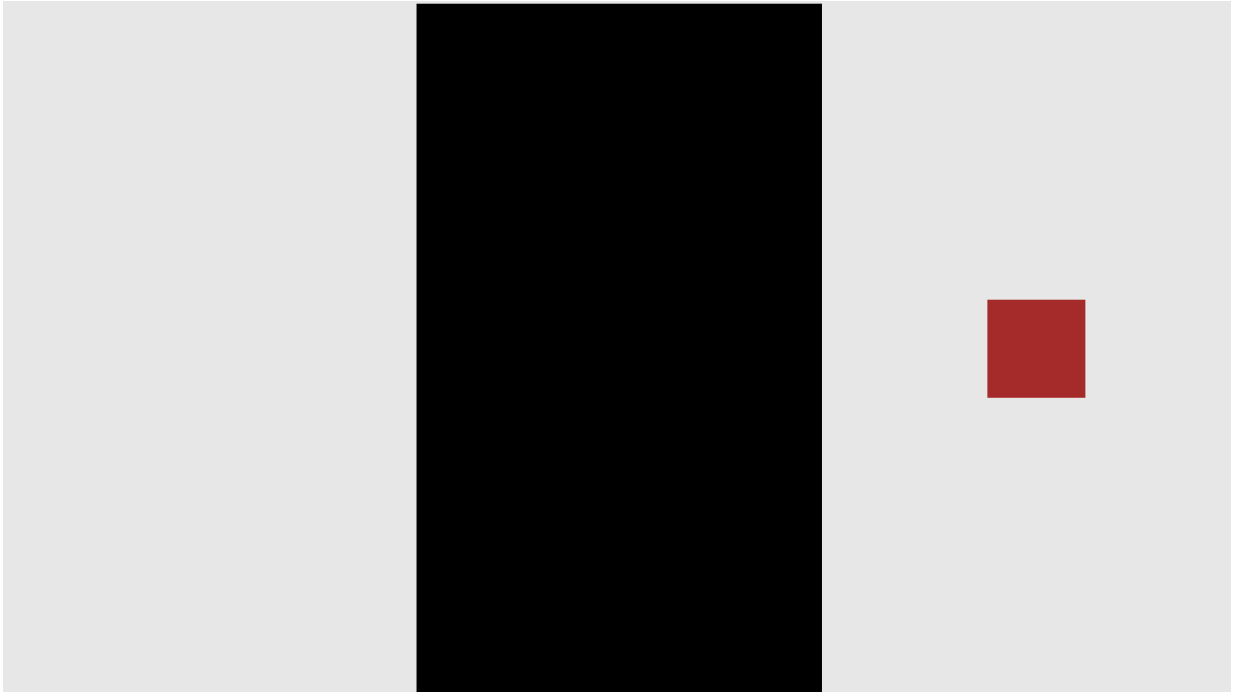


Figura 6: Media de aciertos según la edad en la tarea ASMRT (Media + SEM).

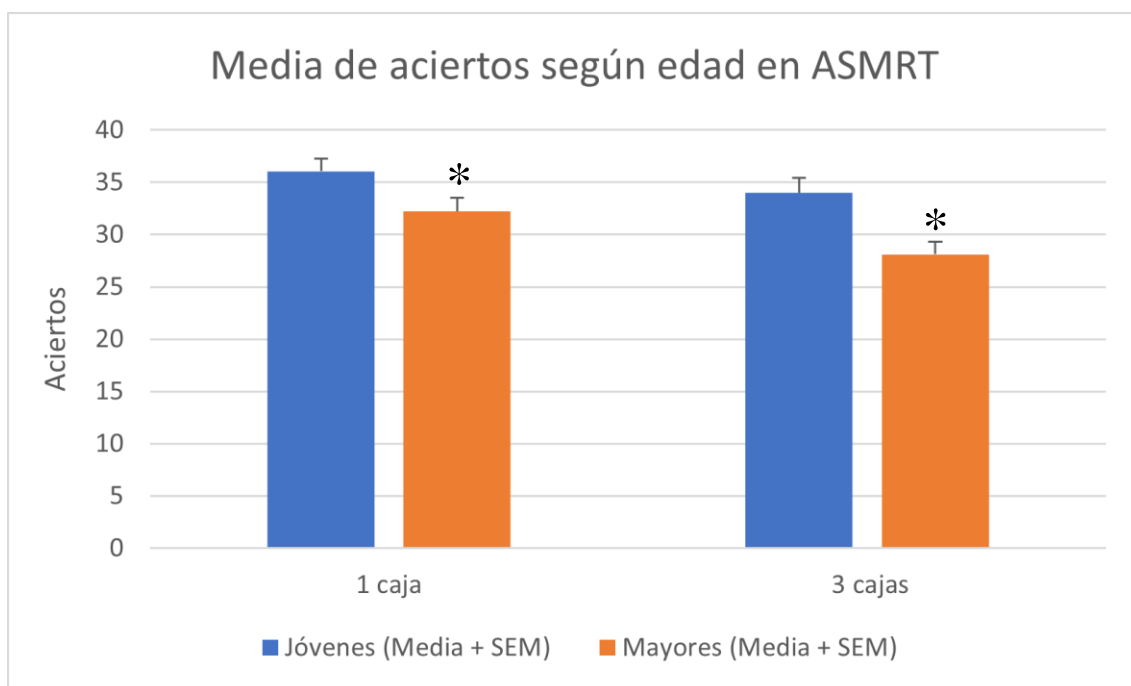


Figura 7: Media de aciertos según la edad en la tarea de estimación de velocidad (Media + SEM).

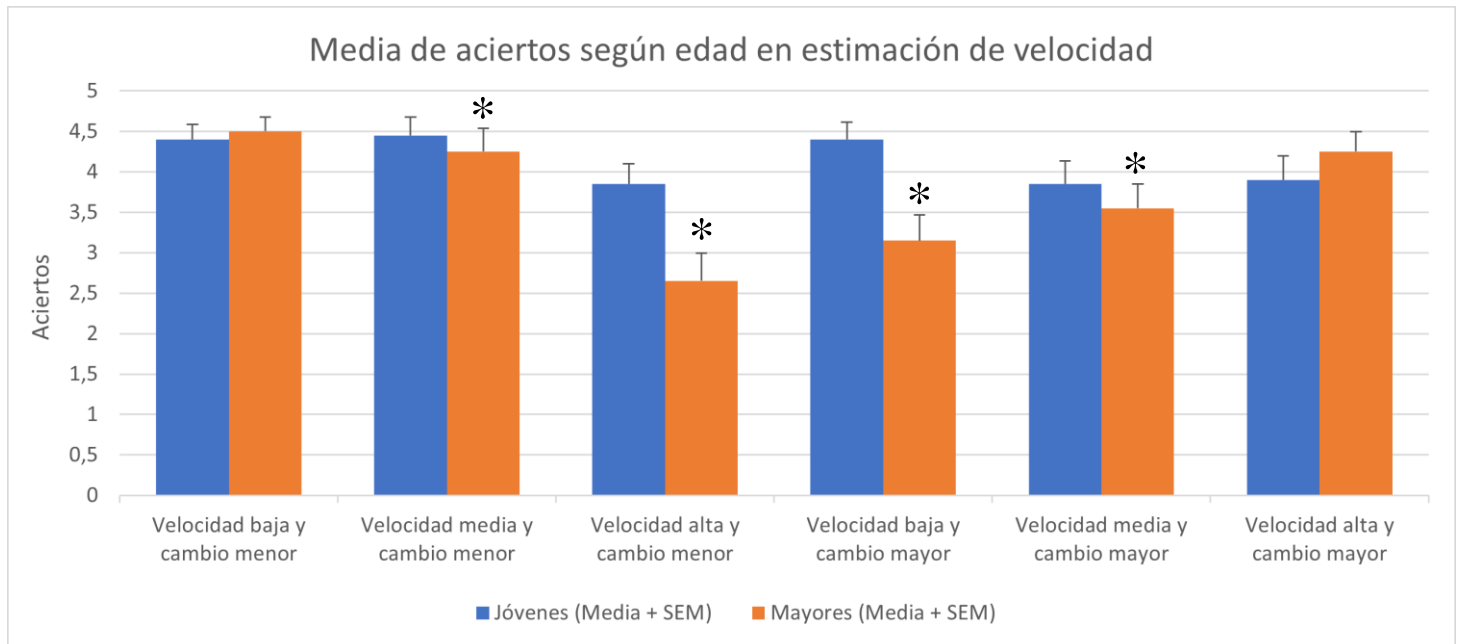


Figura 8: Análisis Post-hoc de la interacción Cambio x Velocidad x Edad en la tarea de estimación de velocidad (Media + SEM).

