



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA  
Facultad de Psicología

# UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



FACULTAD DE PSICOLOGÍA



**Máster en Investigación en Ciencias del Comportamiento**

**Convocatoria Julio 2017**

**DIFERENCIAS DE GÉNERO EN UN NUEVO TEST PASIVO DE MEMORIA  
ESPACIAL DE FÁCIL USO**

**SEX DIFFERENCES IN A NEW PASSIVE AND USER-FRIENDLY SPATIAL  
MEMORY TEST**

**Autor: Juan José Ortells Pareja**

**Director: José Manuel Cimadevilla Redondo**

## ÍNDICE

1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
2. <b>MATERIALES Y MÉTODO</b> .....	16
<b>2.1</b> Participantes. ....	16
<b>2.2</b> Instrumentos. ....	16
<b>2.3</b> Procedimiento.....	19
<b>2.4</b> Análisis Estadísticos.....	20
3. <b>RESULTADOS</b> .....	21
4. <b>DISCUSIÓN</b> .....	23
5. <b>REFERENCIAS</b> .....	27
<b>ANEXO</b> .....	35

## RESUMEN

En el presente trabajo exploramos posibles diferencias de género en memoria espacial mediante un nuevo test pasivo de fácil uso y escaso soporte tecnológico. La prueba consistió en la presentación breve de imágenes de una sala virtual con 9 cajas en su interior, teniendo los participantes (16 hombres y 16 mujeres) que memorizar únicamente la posición de la caja o cajas en color verde, para señalar posteriormente su ubicación en una plantilla. El número de posiciones a recordar variaba según el nivel de dificultad y podía ser de 1, 3 o 5 cajas. Se llevaron a cabo 10 ensayos por cada nivel y las imágenes dentro de un mismo ensayo nunca mostraban la habitación desde el mismo punto de vista. Esto, sumado al hecho de que la plantilla de respuesta reproducía la sala desde un plano cenital diferente al de la fase de memorización, hacía necesario el uso de las pistas distales presentes en la habitación para la composición de un mapa mental del entorno. Los resultados mostraron un mayor porcentaje de aciertos por parte de los varones tan solo en el nivel de dificultad de 5 cajas. Además, el número de ensayos en el que se obtuvo la máxima puntuación dentro de este nivel también fue significativamente mayor para el grupo de los varones en comparación con el grupo de mujeres. En conclusión, este nuevo test parece ser sensible a las capacidades de memoria espacial de nuestros participantes, siendo nuestros resultados consistentes con los obtenidos en investigaciones previas en memoria espacial con tareas de realidad virtual, que encuentran un efecto de dimorfismo cuando la dificultad de la prueba es lo suficientemente demandante.

**Palabras clave:** Memoria; Orientación Espacial; Mapa cognitivo; Realidad virtual

## ABSTRACT

In the present research we explored possible sex differences in spatial memory by means of a new passive, easy-to-use test, with a very little technological requirement. The task consisted in the presentation of a series of images taken from a virtual room with 9 boxes inside. The participants (16 male and 16 female) were required to recall only the location of the boxes showed in green and to place them on a room's immediately after. The number of locations to recall varied depending on the difficulty level, which could be either 1, 3 or 5 boxes. Ten trials were conducted for each level and the images included in the same trial were never taken from the same point of view. This, together with the fact that the plan's point of view was different that the one showed during the memorization phase, made it necessary to use the distal cues present in the room in order to compose a mental map of the context. The results showed higher scores for the men group only when the number of positions to be recalled was 5. In addition, the number of trials with flawless performance was also higher for males compared to women in this same difficulty level. In conclusion, this new test seems to be sensitive to our sample's spatial memory capacity, since our results are consistent with previous virtual reality studies, which report a dimorphism effect when the task's difficulty is demanding enough.

**Keywords:** Memory; Spatial orientation; Cognitive map; Virtual reality

## 1. INTRODUCCIÓN

La memoria espacial hace referencia al conjunto de mecanismos y procesos cognitivos responsables de codificar, almacenar y recuperar la información relacionada con el entorno y nuestro lugar en él. Todos estos conocimientos en cuanto a la localización y relación espacial de los objetos que nos rodean, tanto entre ellos como con respecto a nosotros, hacen posible que podamos desplazarnos de una posición a otra y posteriormente encontrar el camino de vuelta. En ciertas ocasiones y en función de la actividad que estemos realizando, bastará con el almacenamiento y retención temporal de toda ésta información. Es esta “*memoria espacial de trabajo*” la encargada de que seamos capaces de trabajar en nuestro escritorio sabiendo, por ejemplo, en qué parte de la mesa se encuentra el lapicero, el teclado del ordenador o la impresora. Otras veces, el almacenamiento de toda esta información se lleva a cabo más a largo plazo; dicha “*memoria espacial de referencia*” es la que nos permitiría recordar una localización o ruta pasada después de largos periodos de tiempo.

### Estudio de la Memoria Espacial en Animales

El origen del estudio científico de la memoria espacial podemos localizarlo en el estudio con animales, más concretamente en trabajos de aprendizaje y memoria en laberintos con roedores. En un principio se pensaba que la manera de resolver un laberinto se basaba únicamente en aspectos propioceptivos, basados en rutinas motoras aprendidas por asociaciones estímulo-respuesta (Carr & Watson, 1908; Watson, 1907). Más adelante, y gracias al uso de recorridos más sencillos que permitiesen un mayor control de las variables, como el laberinto en T (Krechevsky, 1932), o el laberinto en cruz (Tolman, Ritchie & Kalish, 1946), se demostró la importancia del sentido de la vista y de las claves del contexto en la resolución de estos.

Entre los primeros en proponer esta idea se encuentra Tolman (1932, 1948), quién planteo que las ratas aprendían a resolver laberintos en base a una representación interna (“mapa cognitivo”) de la meta y sus relaciones con los elementos ambientales. Esto les llevaría a asociar la presencia/ausencia de recompensas con lugares concretos y no meramente con respuestas de giro hacia derecha o izquierda, tal y como proponían autores asociacionistas como Hull (1943). En su experimento, Tolman seleccionó dos

grupos de ratas que se situaban en ensayos alternos al este o al oeste de un laberinto en cruz. El primer grupo de ratas tenía que emitir siempre la misma respuesta (girar a la derecha) para encontrar la comida, mientras que el segundo grupo debía de variar su respuesta para encontrar la comida, la cual se encontraba siempre en el mismo sitio con respecto al entorno. Los dos grupos fueron capaces de realizar la tarea con éxito, aunque quedó patente que ir siempre a un mismo lugar resultaba más fácil que variar la respuesta en función de la posición de comienzo. Además, las ratas del segundo grupo continuaron realizando la tarea con éxito incluso al rotar el laberinto 180°, lo que confirma que este tipo de aprendizaje (aprendizaje de lugar) se basa en las claves *distales* o extra-laberínticas. Posteriormente, se han replicado estos resultados en otros tipos de laberintos como el laberinto radial (Olton & Samuelson, 1976) y la piscina de Morris (Morris, 1981).

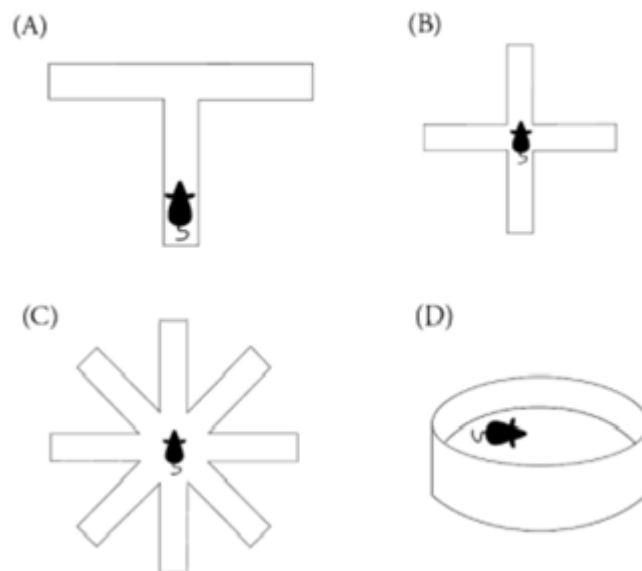


Figura 1. Algunos de los principales laberintos animales: (A) Laberinto en T. (B) Laberinto en cruz. (C) Laberinto radial. (D) Piscina de Morris.

La utilización de estos y otros laberintos en la investigación animal de la memoria espacial ha permitido demostrar la existencia de diversas estrategias de orientación durante la navegación y resolución de tareas espaciales.

### Sistemas de Orientación Espacial

Una de las primeras clasificaciones de las estrategias usadas en la navegación espacial, fue propuesta por O' Keefe y Nadel (1978) dentro de su "Teoría del Mapa Cognitivo". Estos autores distinguen entre dos sistemas de orientación espacial independientes: *cartográfico* y *táxico*. La estrategia de orientación *cartográfica* se basa en la creación de un mapa cognitivo flexible, continuamente realimentado para ajustarse a los posibles cambios en el espacio producidos a medida el objetivo se desplaza. Por su parte, las estrategias de orientación *táxicas* son de tipo asociativo, y pueden desarrollarse a través de dos tipos de mecanismos: el "aprendizaje de guía", en el que son las claves visibles del entorno las que le sirven al sujeto para encontrar el camino, y el "aprendizaje de orientación", en el que la respuesta se basa en movimientos o giros específicos previamente aprendidos.

Si bien han surgido posteriormente numerosas dicotomías en la literatura experimental que reflejan diferentes aspectos de las estrategias propuestas por O' Keefe y Nadel (1978), en la actualidad los sistemas de orientación espacial suelen clasificarse en dos categorías en base al marco de referencia adoptado: *egocéntrico* y *alocéntrico* (Arleo & Rondi-Reig, 2007; Burgess, 2006). En la orientación *egocéntrica*, la localización se realiza a partir de la posición del observador y se corresponde con el mecanismo de aprendizaje de orientación. Por su parte, el proceso de codificación *alocéntrico* requiere la obtención y almacenamiento de información espacial acerca del ambiente y se correspondería con el aprendizaje cartográfico y de guía. Estos dos sistemas de orientación –alocéntrico y egocéntrico- no deben de entenderse como excluyentes, si no que funcionan en paralelo, de forma que se hará uso de uno u otro en función de las demandas del contexto en el que nos encontremos en cada momento (Byrne & Crawford, 2010)

En cuanto a las bases neuroanatómicas que subyacen a estos dos sistemas, recientemente se ha encontrado que el córtex parietal parece estar implicado en el procesamiento egocéntrico (Schindler & Bartels, 2013), mientras que estructuras localizadas en el lóbulo temporal como el giro parahipocampal y el hipocampo estarían implicadas en la construcción de representaciones alocéntricas y el almacenamiento de estas, respectivamente (Byrne, Becker, & Burgess, 2007). Estudios anatómicos y

funcionales en primates sugieren la existencia de un circuito específico para la navegación espacial que implicaría estructuras parieto-mediales y temporales (Kravitz, Saleem, Baker, & Mishkin, 2011). Recientemente se han aportado pruebas que sugieren la existencia de un circuito equivalente en humanos, siendo una estructura fundamental de este circuito el córtex retrosplenial. Algunos estudios apuntan a que dicha estructura neural podría ser la encargada de realizar la transferencia entre las representaciones egocéntricas y las aloécnicas (Boccia, Guariglia, Sabatini, & Nemmi, 2016; Boccia, Sulpizio, Nemmi, Guariglia, & Galati, 2017).

Nuestro cerebro, además, efectúa una distinción entre el espacio *extrapersonal*, o aquel que se encuentra lejos del sujeto y que por tanto solo puede ser alcanzado mediante el desplazamiento del individuo en un entorno (Halligan & Marshall, 1991), y el espacio *peripersonal*, que hace referencia a todo aquello que se encuentra al alcance de la mano (Patterson & Zangwill, 1944).

Estudios con primates (Rizzolatti, Matelli, & Pavesi, 1983) demostraron que la extirpación unilateral desde el córtex pre-arqueado hasta el área 8, correspondiente al campo ocular frontal, resultaba en un descenso de los movimientos del ojo contralateral y un neglect en el espacio contralateral a la lesión. Curiosamente, este neglect era más pronunciado en el espacio extrapersonal, mientras que la lesión de zonas posteriores al fascículo arqueado traían como consecuencia un neglect limitado al espacio peripersonal. En humanos se han reportado numerosos casos de neglect restringidos únicamente al espacio peripersonal (Berti & Frassinetti, 2000; Beschin & Robertson, 1997), así como al espacio extrapersonal (Coslett, Schwartz, Goldberg, Haas, & Perkins, 1993; Vuilleumier, Valenza, Mayer, Reverdin, & Landis, 1998), lo que demuestra la existencia de esta distinción a nivel cortical. También se ha visto que la perturbación reversible del giro angular derecho por medio de estimulación magnética craneal altera la percepción del espacio peripersonal, mientras que la del giro supramarginal derecho induce un déficit mayor para el espacio extrapersonal en comparación con el espacio peripersonal (Bjoertomt, Cowey, & Walsh, 2002; Cléry, Guipponi, Wardak, & Ben Hamed, 2015).

Como podemos ver, dada la enorme complejidad de la memoria espacial y los múltiples procesos y estructuras involucradas, no es de extrañar que el daño de alguna



de estas dé como resultado la incapacidad en mayor o menor grado de orientarse en el espacio.

En 1999, Aguirre y Expósito acuñaron el término “desorientación topográfica” para referirse a la incapacidad severa y persistente que afecta a la orientación y la navegación espacial en ambientes familiares o nuevos (Aguirre & Exposito, 1999). Lesiones en zonas parietales posteriores, cingulado posterior, giro lingual o el giro parahipocampal se traducen distintos tipos de problemas que afectan a diferentes aspectos relacionados con la orientación espacial.

Posteriormente se reportó un tipo de desorientación topográfica que estaría presente desde la infancia y en personas sin daño cerebral aparente, conocido como “desorientación topográfica del desarrollo” (Iaria, Bogod, Fox, & Barton 2009). Estudios posteriores señalaron que este problema podía deberse a una conectividad funcional reducida entre el hipocampo, giro parahipocampal, córtex retrosplenial y córtex prefrontal (Iaria et al., 2014; Kim, Aminoff, Kastner, & Behrmann, 2015).

### Investigación de la Memoria Espacial en Humanos.

En sus comienzos, el estudio de la memoria espacial en humanos se basó en pruebas muy básicas que en ocasiones ni siquiera podía asegurarse que estuvieran midiendo memoria espacial, o bien alguna otra habilidad relacionada. Es el caso de las pruebas de manipulación mental de figuras geométricas (Vandenberg & Kuse, 1978), o las tareas de recuerdo de la localización de objetos en una disposición espacial (Smith & Milner, 1981).

Entre las pruebas clásicas no verbales más utilizadas para medir la memoria espacial en humanos, tanto en pacientes como en sujetos sanos, cabe destacar el test de Corsi (Capitani, Loiacono & Ciceri, 1991; Corsi, 1972; Lezak, Howieson & Loring, 2004; Orsini, Chiacchio, Cinque, Cocchiaro, Schiappa & Grossi, 1986) y pruebas de resolución de laberintos. En el test de Corsi, el experimentador realiza una secuencia de toques sobre unos cubos y el sujeto tiene que recordar dicha secuencia para reproducirla posteriormente. En un primer momento se pensaba que el procesamiento requerido para realizar esta tarea era similar al implicado en el recuerdo de la secuencia de pasos a

seguir en una ruta (Picardi, Iaria, Ricci, Bianchini, Zompanti & Guariglia, 2008), pero posteriormente se demostró que los mecanismos requeridos en el test de Corsi difieren de los implicados en la navegación real (Picardi et al., 2008).

En cuanto a las pruebas de resolución de laberintos, su principal objetivo es el de poder evaluar a sujetos humanos en circunstancias lo más parecidas posibles a como se haría con roedores. No obstante, si bien un roedor recorre el laberinto físicamente, en el caso de los humanos estas tareas consisten en trazar un camino, física o mentalmente sobre un trazado laberíntico en papel (Corkin, 1965; Milner, 1965; Porteus, 1965).

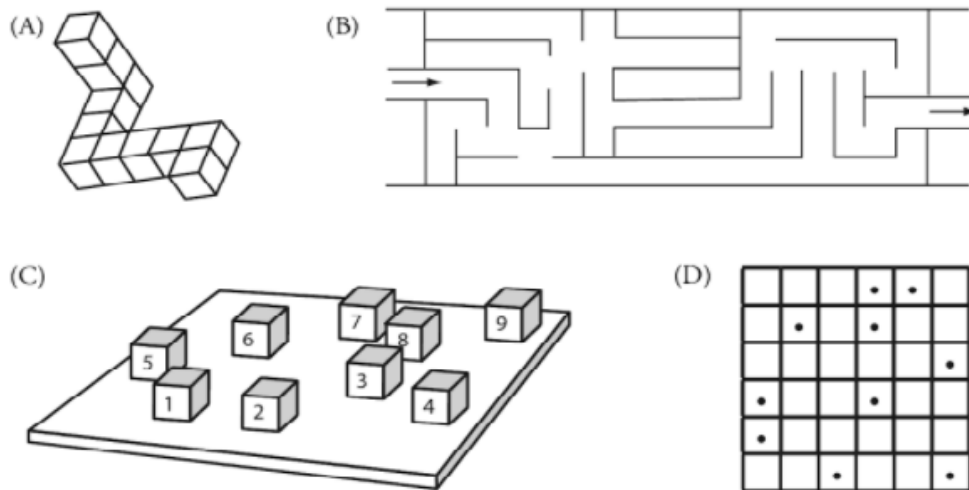


Figura 2. Algunas Tareas clásicas de memoria espacial en humanos: (A) Rotación de figuras geométricas (B) Laberinto de Porteus (C) Test de Corsi. (D) Test de recuerdo espacial 10/36.

La existencia de pacientes con problemas de desorientación topográfica (Habib & Sirigu, 1987; McCarthy, Evans & Hodges, 1996) que puntúan correctamente en este tipo de pruebas, sumado a lo anteriormente expuesto, pone en duda la idoneidad de las pruebas clásicas para evaluar la navegación y la orientación espacial en humanos.

Otro tipo de pruebas más ecológicas para estudiar la memoria espacial en humanos utilizan ambientes reales y evalúan el comportamiento de los individuos al desplazarse por estos entornos (Barrash, Damasio, Adolphs & Tranel, 2000; Van Asselen, Fritschy & Postma, 2006). Estos métodos tienen la ventaja de poder observar a la persona en una situación típicamente real y muestran mayor sensibilidad que los tradicionales a la hora de detectar alteraciones en la memoria espacial (Cimadevilla, Lizana, Roldán, Cánovas, & Rodríguez, 2014). Al estar inmerso dentro de la prueba, la persona implicada tendrá que actualizar su información sobre el medio continuamente a medida que se desplaza. No obstante, este tipo de tareas presentan algunos inconvenientes importantes, como la existencia de diversos factores (v.g., elementos del entorno, ruido ambiental) que pueden escapar al control y manipulación del experimentador. Además, cuando se emplean entornos cotidianos, resulta difícil o imposible controlar el nivel de experiencia (grado de familiaridad) de los participantes con este tipo de entornos. Con el objetivo de superar estos inconvenientes, surgió el estudio de la memoria espacial en *entornos virtuales*.

Mediante el uso de técnicas de realidad virtual a partir de la última década del siglo pasado, se ha conseguido estudiar de manera controlada la capacidad de aprendizaje y orientación espacial en tareas que recrean a la perfección ambientes reales, evitando los inconvenientes propios de este tipo de entornos. Estos pueden ir desde los más cotidianos para nosotros, como pueden ser ciudades virtuales (Hartley, Maguire, Spiers & Burgess, 2003; Maguire & Cipolotti, 1998; Maguire, Frith, Burgess, Donnett & O'Keefe, 1998; Maguire & Cipolotti, 1998), pasando por modelos virtuales de las tareas clásicas con animales. Dentro de estas últimas, cabe citar la piscina de Morris y el laberinto radial, dos de los laberintos más utilizados en investigación con roedores.

El primer análogo virtual de la piscina de Morris fue desarrollado por el grupo de Robert Astur en la Universidad de Yale. Los participantes usaban un joystick para nadar hasta la plataforma situada en una posición fija dentro de una piscina virtual. Debían de ayudarse de pistas distales y las relaciones topográficas entre ellas para orientarse, ya que la posición de salida variaba de ensayo a ensayo (Astur, Ortiz & Sutherland, 1998). En cuanto a las versiones virtuales del laberinto radial, los participantes comienzan la prueba en una plataforma central desde la que se proyectan una serie de brazos (8-12), la mitad de los cuales están premiados. Al ser todos ellos idénticos, la persona debe de

valerse de pistas del entorno para recordar las posiciones premiadas. En esta tarea se mide tanto la memoria espacial de trabajo, implicada en el recuerdo dentro del mismo ensayo, como la memoria de referencia, implicada en el recuerdo de ensayo a ensayo (Astur, Troop, Sava, Constable & Markus, 2004; Astur et al., 2005; Iaria, Petrides, Dagher, Pike & Bohbot, 2003).

Además de las dos anteriores tareas, también se han replicado otros laberintos, tales como el laberinto en T y los paradigmas de campo abierto (Levy, Astur & Frick, 2005; Moffat, Hampson & Hatzipantelis, 1998; Shore, Stanford, MacInnes, Klein & Brown, 2001; Sturz & Bodily, 2010). Hasta la aparición de estas nuevas técnicas no era posible comparar de forma tan directa los resultados de animales y humanos, ni recrear de forma tan fidedigna ambientes de nuestro entorno real.

#### Diferencias de Género en la Memoria Espacial Humana.

La investigación de la memoria espacial en humanos con tareas de realidad virtual ha demostrado que hombres y mujeres difieren en su capacidad a la hora de realizar este tipo de tareas, y que son los hombres los que muestran una mejor ejecución que las mujeres en tareas que implican el recuerdo de relaciones espaciales (Astur, Ortiz & Sutherland, 1998). Estas diferencias en favor de los hombres han sido observadas en tareas espaciales a pequeña escala, tales como tareas de rotación mental (Voyer, Voyer & Bryden, 1995) o de amplitud (span) de memoria espacial (Capitani et al, 1991). En los últimos años, el desarrollo de tareas 3D de realidad virtual mencionadas anteriormente, ha permitido explorar estas diferencias a mayor escala, reproduciendo situaciones propias de la vida real. Con estos nuevos avances se ha podido ver que los hombres son superiores a la hora de recordar la posición original de uno mismo en el entorno (Hegarty, Montello, Richardson, Ishikawa & Lovelace, 2006), así como de encontrar el camino en tareas virtuales de la piscina de Morris (Lövdén, Herlitz, Schellenbach, Grossman-Hutter, Krüger & Linden-Berger, 2007) y el laberinto en T (Astur, Purton, Zaniwski, Cimadevilla, & Markus, 2016).

Se han identificado algunos correlatos neuronales que podrían estar asociados a estas diferencias de género. En cuanto a la superioridad de los hombres en el recuerdo de una posición inicial, todo apunta a una lateralización del hipocampo como una

posible explicación para esta diferencia entre sexos. Los hombres muestran una mayor activación del hipocampo derecho que las mujeres durante una tarea de navegación espacial, y esta activación correlaciona con una mejor ejecución en dicha tarea (Persson, Herlitz, Engman, Morell, Sjölie, Wikström & Söderlund, 2013). Sin embargo, otras estructuras como el precúneo y el giro frontal inferior muestran diferencias en la activación en hombres y mujeres cuando realizaban tareas desde un punto de vista en tercera persona (Kaiser et al., 2008). En la adaptación humana de la piscina de Morris, se ha visto que estas diferencias de género se reducen cuando pueden usarse puntos de referencia de tipo verbal (Sandstrom, Kaufman & Huettel, 1998).

Si bien es cierto que las mujeres se desenvuelven mejor que los hombres en tareas de memoria episódica (Herlitz & Rehnman, 2008), esta ventaja se reduce en el momento en que se requiere de un procesamiento de tipo espacial (Herlitz, Airaksinen & Nordström, 1999). Por otro lado, se ha encontrado una superioridad de las mujeres en tareas de localización de objetos que incluya tanto componentes espaciales como verbales (Galea & Kimura, 1993).

También son evidentes las diferencias de género en cuanto a las estrategias de orientación utilizadas. Mientras que las mujeres suelen basarse más en puntos de referencia y secuencias de acciones aprendidas, los hombres crean una representación mental del entorno utilizando las pistas distales presentes (Astur et al, 2016, Driscoll, Hamilton, Yeo, Brook & Sutherland, 2005; Herlitz, et al., 1999; James & Kimura, 1997).

### **Planteamiento y Objetivos del presente estudio**

Para evaluar la memoria espacial tanto a sujetos sanos como a pacientes en contextos clínicos, son necesarias pruebas neuropsicológicas de cribado que involucren los mismos mecanismos requeridos en la navegación espacial real y que sean sensibles a estas diferencias entre hombres y mujeres que hemos resumido anteriormente.

Una de las mayores desventajas de los primeros estudios basados en la realidad virtual es la limitada capacidad para regular los niveles de dificultad a las características

de la muestra. Por este motivo, a algunos colectivos les resulta imposible aprender la tarea, produciéndose en muchas ocasiones un efecto suelo.

Con el objetivo de superar esta limitación, Cánovas, Espínola, Iribarne y Cimadevilla desarrollaron en 2008 un entorno virtual para la evaluación de la memoria y la orientación espacial conocido como La Tarea de la Sala de las Cajas (Cánovas et al., 2008), de dificultad regulable, algo que además facilita la comparativa entre especies.

El ambiente virtual de la tarea consistía en una habitación cuadrada (8m x 8m) con 16 cajas distribuidas homogéneamente sobre el suelo, formando cuatro filas con cuatro cajas cada por fila. Las paredes de la habitación contenían diversos elementos (una puerta, una ventana, montones de latas y algunos cuadros), los cuales siempre se encontraban en la misma posición. La vista de la habitación era en primera persona, por lo que los participantes se valían de un joystick para moverse por ella. La tarea a realizar consistía en descubrir una serie de cajas premiadas, cuya localización era siempre la misma a lo largo de los ensayos. Para ello, los participantes tenían que abrir el menor número de cajas incorrectas antes de encontrar las cajas premiadas, y esto debían hacerlo en el menor tiempo posible. Al situarse cerca de una caja y pulsar el botón del joystick, esta se abría, y podía ser verde (correcta) o roja (incorrecta). Una vez que la persona conseguía abrir con éxito todas las cajas premiadas, automáticamente se pasaba al siguiente ensayo. El número de cajas premiadas, y por tanto el nivel de dificultad, era manipulable y se utilizaron 3, 5 y 7 cajas.

Un posible inconveniente de la Tarea de la Sala de las Cajas y otras pruebas de realidad virtual similares, es que su correcta realización requiere del uso de algún tipo de dispositivo tecnológico (v.g., joystick) por parte del participante, lo que puede limitar (o imposibilitar) su aplicación en determinadas poblaciones clínicas.

En otros dominios de memoria, como en el caso de la memoria verbal, existen pruebas de cribado estandarizadas que están ampliamente extendidas. En algunos tests como el Test Auditivo Verbal de Rey, el California Verbal Learning Test (CVLT) o el Test de Aprendizaje Verbal España-Complutense (TAVEC), se analiza la capacidad de retención del sujeto y básicamente consisten en la lectura de una serie de palabras, tras la cual el examinado debe de nombrar el mayor número de palabras que recuerde.

En el presente estudio presentamos una nueva prueba de memoria espacial de fácil uso y que podría ser utilizada como prueba de “screening” en el ámbito clínico. En nuestro test, los ítems a recordar no consisten en palabras –como en los test de memoria verbal-, sino en posiciones espaciales concretas tomadas de la Sala de las Cajas, en la cual los participantes deberán de utilizar una serie de pistas presentes en ella para ejecutar correctamente la prueba.

La principal diferencia con respecto a la tarea original de Cánovas et al. (2008), es que en nuestra prueba los participantes no navegan por la habitación, si no que se les muestra, de forma pasiva, una serie de imágenes de la sala tomadas a ras de suelo desde diferentes puntos de vista, para que posteriormente señalen en una plantilla la localización de las cajas premiadas presentadas previamente. Dentro de un mismo ensayo se incluyen diferentes puntos de vista de la habitación. Este hecho, sumado a que la plantilla de respuesta muestra la habitación desde un punto de vista cenital, requiere por parte de los participantes de la creación de un mapa cognitivo flexible para resolver la tarea con éxito.

Este diseño sencillo, en el que se eliminan todo tipo de trabas tecnológicas propias de las pruebas basadas en la realidad virtual, hace a esta prueba accesible a todo tipo de población. Se trata también de un diseño novedoso, ya que hasta ahora no existen pruebas de memoria espacial parecidas que no requieran del uso de algún dispositivo tecnológico por parte del sujeto (ej. joysticks).

En conclusión, la justificación de este estudio surge a raíz de la falta de tests de memoria espacial con un formato similar a los test neuropsicológicos clásicos de memoria verbal. Nuestro objetivo, por tanto, es el de desarrollar una prueba de memoria espacial de fácil uso que pueda ser utilizada como herramienta de cribado en el ámbito clínico. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto en relación a las diferencias de género existentes en este dominio, en nuestro estudio esperamos encontrar un mejor rendimiento de los varones a medida que el número de ítems a recordar aumente, lo que nos confirmaría que nuestro test está realmente demandando del uso de esta habilidad cognitiva.

## 2. MÉTODO

### 2.1. Participantes

Para el presente estudio se seleccionó una muestra de 32 estudiantes de la Universidad de Almería (16 hombres y 16 mujeres) con edades comprendidas entre 18 y 27 años (edad promedio 20.5 años; ver Tabla 1). Todos presentaban visión normal o corregida. Todos ellos habían realizado en algún momento alguna prueba de memoria espacial con estos mismos estímulos en los últimos meses o años, por lo que se podía esperar que la sala y los elementos incluidos en ella les resultasen familiares. Los estudiantes de Psicología, que fueron la mayoría, recibieron un crédito por su participación. El experimento se llevó a cabo de acuerdo a la normativa de Bioética de la Universidad de Almería y la Declaración de Helsinki.

Tabla 1. Media y desviación estándar de las edades de los participantes en función del género.

	<b>EDADES</b>	
<b>HOMBRES</b>	<b>Media</b> 21,6 AÑOS	<b>DS</b> 2,80
<b>MUJERES</b>	<b>Media</b> 19,4 AÑOS	<b>DS</b> 1,93

### 2.2 Instrumentos

Para la reproducción de la tarea de memoria espacial se utilizó el programa Power Point. La prueba fue administrada en un portátil HP 2600 MHz con una pantalla de 15 pulgadas y situado a una distancia aproximada de 60 centímetros de cada participante. Antes de comenzar la prueba se registraron una serie de datos personales como la experiencia con videojuegos, consumo de medicación o práctica deportiva entre otros en unas fichas estandarizadas.

La tarea consistió en la presentación de imágenes de una habitación virtual con 9 cajas en su interior, en donde una o más de dichas cajas aparecían en color verde. Durante la fase de memorización los participantes tenían que retener la posición de la



caja o cajas verdes utilizando como referencia las pistas que proporcionaba la sala (algunos cuadros, una ventana y una puerta), ya que el punto de vista era diferente en cada ensayo. En la fase de recuerdo, los participantes debían de señalar la caja o cajas verdes que habían visto previamente sobre una plantilla que se correspondía con un plano cenital de la sala

Las imágenes de la sala que se presentaban durante la fase de memorización consistieron en capturas de pantalla tomadas desde distintos ángulos de la Sala de las Cajas (ver Figura 3), un entorno utilizado previamente para investigar la memoria espacial con tareas de realidad virtual (Cánovas et al., 2008). La asignación de las imágenes en cada ensayo se hizo de forma aleatoria, asegurándose de que un mismo ensayo no aparecieran repetidas imágenes tomadas desde una misma perspectiva. Casi toda la secuencia de eventos dependía de un temporizador y los participantes únicamente utilizaban la barra espaciadora para avanzar en las instrucciones previas a la tarea y para avanzar al siguiente ensayo. En cuanto al registro de respuestas, se utilizaron unas plantillas estandarizadas donde el experimentador anotaba a mano cada una de las localizaciones señaladas por la persona. Dicha plantilla tenía unas dimensiones de 20 x 20cm y el tamaño aproximado de cada caja en dicha plantilla era de 1,5 cm de alto y 1,5 cm de ancho (Ver figura 4).



Figura 3. Ejemplo de imagen utilizada durante la fase de memorización. Puede apreciarse la caja verde a memorizar y varias pistas distales.



Figura 4. Plantilla utilizada en la fase de recuerdo. Pueden distinguirse todos los elementos presentes en la sala desde un plano cenital, incluidas las nueve cajas que el sujeto debe de señalar.

### **2.3 Procedimiento.**

La evaluación se llevó a cabo individualmente y tuvo lugar en los laboratorios de Neurociencias de la Universidad de Almería. El proceso de evaluación duraba unos 20 minutos por participante aproximadamente.

Antes de comenzar se mantuvo una entrevista individual con cada uno de los participantes, en la que se les preguntó sobre sus experiencias con videojuegos, deportes, ajedrez, consumo de sustancias y posibles enfermedades que pudieran influir en la ejecución de la tarea.

A continuación se les explicaba que iba a comenzar la tarea y eran ellos mismos los que leían las instrucciones (Ver Anexo 1) en la pantalla, aunque el experimentador estaba presente en todo momento por si surgía cualquier duda. Tras las instrucciones, todos los participantes llevaban a cabo tres bloques experimentales con 10 ensayos cada uno. Al comienzo de cada bloque se les avisaba de que iban a ver un ejemplo de cómo iban a ser los ensayos. Los estímulos presentados en los ensayos ejemplo nunca eran los mismos que después aparecían en los ensayos reales para no facilitar su recuerdo posteriormente.

Tras el primer ejemplo comenzaba el primero de los tres bloques experimentales. La secuencia de estímulos en cada ensayo consistió en la presentación de una imagen de una habitación virtual a nivel de suelo durante 5 segundos, en donde aparecían un total de 9 cajas y una de ellas destacaba en color verde. Justo a continuación aparecía una plano cenital de la sala y el sujeto debía de tocar con el dedo la caja verde que acababa de ver. El experimentador anotaba a mano en una plantilla similar las posiciones que la persona señalaba. El bloque 2 era igual que el bloque 1, con la diferencia de que el número de posiciones a recordar (cajas verdes) era de tres en lugar de una (Ver Figura 5). Las tres cajas aparecían de forma secuencial, de modo que tras la primera imagen aparecía una pantalla en blanco durante 1 segundo y seguidamente la segunda imagen, hasta un total de 3. En el bloque 3 el procedimiento era el mismo pero con 5 posiciones a recordar. En los bloques 2 y 3, las cajas verdes a recordar en cada ensayo nunca eran las mismas y el ángulo desde los que se mostraba la habitación variaba dentro de cada ensayo, de tal forma que en un mismo ensayo la persona nunca veía la misma caja desde el mismo punto de vista. La sala contenía una serie de pistas distales (cuadros en las paredes, una puerta y una ventana) de las que los participantes debían de percatarse y

utilizar para formar un mapa mental de la habitación para así responder correctamente. Por cada posición recordada correctamente el participante obtenía un punto, por lo que la puntuación máxima que se podía obtener era de diez en el bloque 1, treinta en el bloque 2 y cincuenta en el bloque 3.

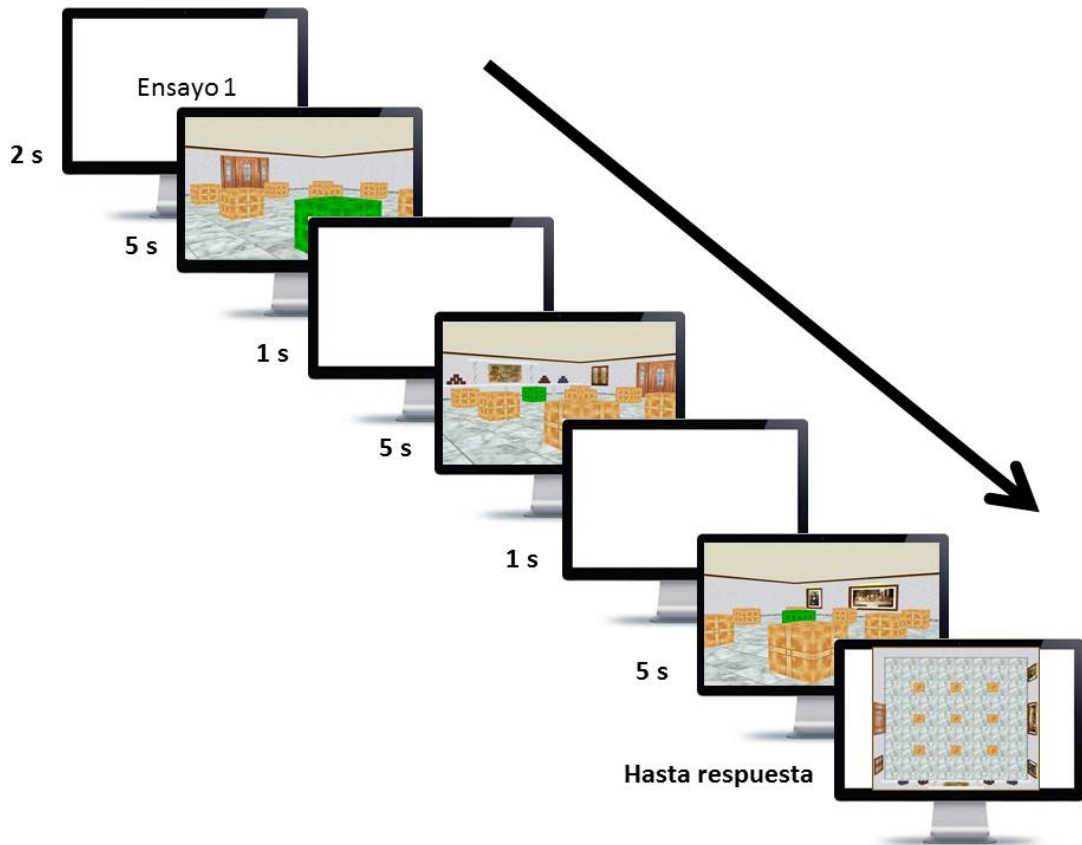


Figura 5. Secuencia de eventos en un ensayo del nivel de 3 cajas.

## 2.4 Análisis estadísticos

Para el análisis de los datos se consideraron como medidas de precisión tanto el porcentaje de aciertos como el número de ensayos ejecutados a la perfección por cada participante a lo largo de la tarea. Para ello se llevaron a cabo dos análisis de varianza (ANOVAs), un primero sobre el porcentaje de aciertos y el segundo sobre el número de ensayos en los que los participantes obtuvieron la máxima puntuación. Ambos análisis

se realizaron en cada uno de los niveles de dificultad por separado (1 caja, 3 cajas y 5 cajas), tomando como variable independiente el Género de los participantes. Para todo ello se utilizó el programa SPSS en su versión 21 con un nivel de significación del 0.05.

### 3. RESULTADOS

Los análisis del porcentaje de aciertos no mostraron resultados significativos en los niveles de 1 caja ( $F(1, 30) = 1.09, p = .304; \eta^2 = .034$ ) y 3 cajas ( $F(1, 30) = 1.21, p = .280; \eta^2 = .039$ ), sin embargo, la variable Género resultó estadísticamente significativa para el nivel de 5 cajas ( $F(1, 30) = 5.90, p = .021; \eta^2 = .164$ ), donde los hombres alcanzaron un porcentaje de aciertos de 83.9% frente al 74.75% de las mujeres. (Ver Figura 6).

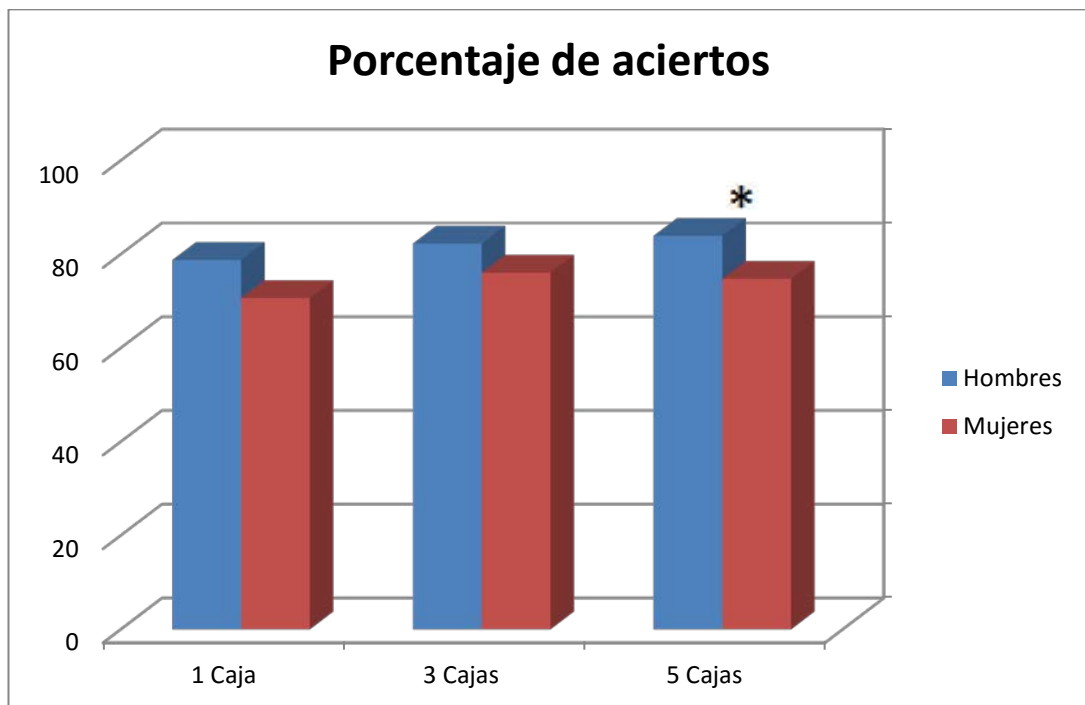


Figura 6. Porcentaje de aciertos de los participantes (hombres y mujeres) en cada nivel de dificultad (1 caja, 3 cajas y 5 cajas). Los varones cometieron menos errores que las mujeres en el nivel de 5 cajas.

En cuanto al análisis del número de ensayos realizados a la perfección en cada uno de los niveles de dificultad, nuevamente no se hallaron resultados significativos en los niveles de 1 Caja ( $F(1, 30) = 1.29, p = .264; \eta^2 = .041$ ) y 3 Cajas ( $F(1, 30) = 0.78, p = .383; \eta^2 = .025$ ), pero la variable Género volvió a ser estadísticamente significativa en el nivel de 5 Cajas ( $F(1, 30) = 4.21, p = .049; \eta^2 = .123$ ), siendo los hombres superiores con 4.43 ensayos de media en contraste con los 2.5 ensayos de las mujeres (ver Figura 7).

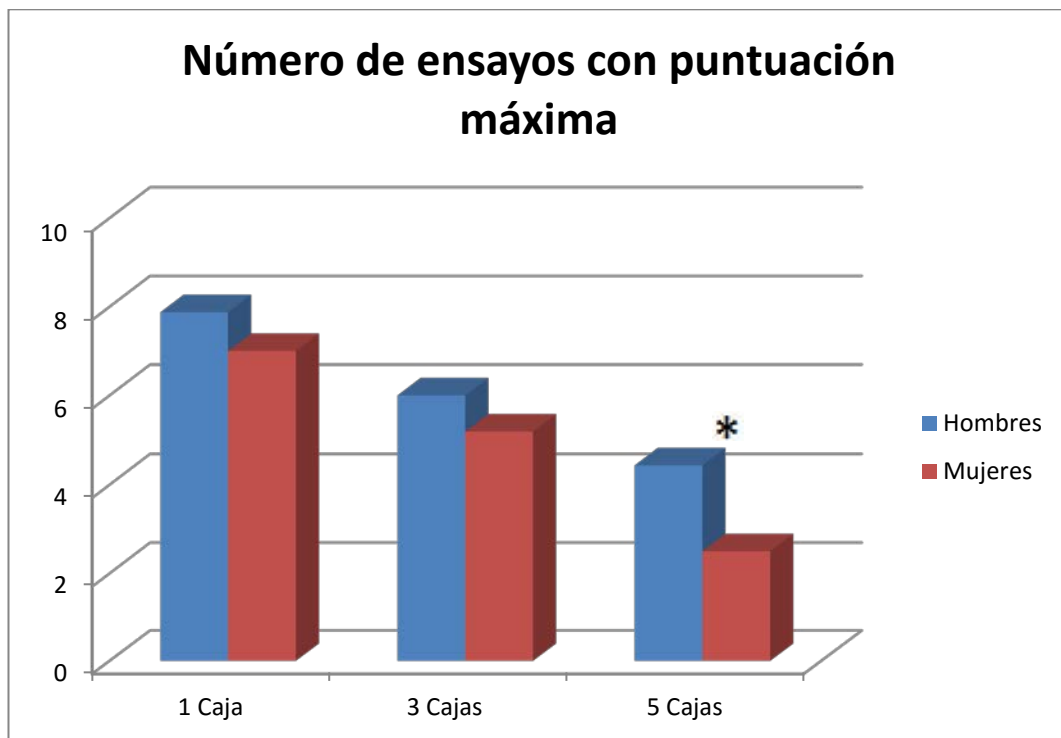


Figura 7. Número de ensayos en los que los participantes (hombres y mujeres) obtuvieron la puntuación máxima para cada uno de los niveles de dificultad (1 caja, 3 cajas y 5 cajas). La puntuación máxima es de 10, siendo este el número de ensayos llevados a cabo en cada nivel. Los varones fueron significativamente superiores a las mujeres únicamente en el nivel de 5 cajas.

#### 4. DISCUSIÓN

El presente estudio pretende desarrollar un test de memoria espacial similar en muchos aspectos a los de memoria verbal ya existentes como el Test Auditivo Verbal de Rey, el California Verbal Learning Test (CVLT) o el Test de Aprendizaje Verbal España-Complutense (TAVEC). En estos tests se analiza la capacidad de retención verbal del sujeto y básicamente consisten en la lectura de una serie de palabras, tras la cual el examinado debe de nombrar el mayor número de palabras que recuerde. En el presente test, que consiste en una versión pasiva de la tarea original de Cánovas y colaboradores, la persona ve de forma secuencial una serie de cajas en una habitación virtual, y su trabajo consistirá en mantener la posición de dichas cajas en su memoria para posteriormente identificarlas en una plantilla que ofrece un plano diferente de la misma habitación. Otros test que utilizan este mismo paradigma, como la propia Tarea de la Sala de las Cajas (Cánovas et al., 2008), incorporan un sistema de feedback que permiten a la persona saber si está realizando la tarea correctamente, ya que al abrir una caja incorrecta esta se muestra de color rojo, y de color verde si es correcta. Esta información le sirve al sujeto para mejorar ensayo tras ensayo. Por el contrario, el nuevo test diseñado en nuestro estudio no ofrece ningún tipo de información al sujeto sobre cómo está siendo su ejecución, haciendo que nuestra prueba se asemeje más a los tests neuropsicológicos clásicos de memoria.

En esta tarea, a diferencia de la versión virtual original de Cánovas, el sujeto no navega por la habitación sino que se le presentan de forma pasiva una serie de imágenes desde diferentes perspectivas. Esto implica que ninguna imagen contiene todas las pistas distales presentes en la sala, por lo que la persona deberá de componerse un mapa mental de la misma a partir de pequeños fragmentos. Por tanto, solo será posible resolver la tarea con éxito si se es capaz de entender el espacio y tener una relación mental flexible de todas las pistas disponibles en el entorno (Lambrey et al., 2012).

A nivel cerebral, se sabe que el hipocampo constituye una estructura fundamental en la memoria espacial (O'Keefe & Nadel, 1978). Por tanto, lesiones hipocampales traen consigo importantes alteraciones en el funcionamiento de la memoria espacial (Cánovas, León, Serrano, Roldán & Cimadevilla, 2011), afectando también a la ejecución en la Tarea de la Sala de las Cajas (Cánovas et al., 2011). En lo que respecta a nuestro test, el sistema hipocampal parece ser el encargado de la correcta integración de

las diferentes perspectivas para la creación de un mapa cognitivo (King, Burgess, Hartley, Vargha-Khadem, & O'Keefe, 2002), aunque otras estructuras cerebrales también contribuyen a esta función (Lambrey et al., 2012)

Como ya se ha mencionado, numerosas investigaciones previas sobre memoria espacial han encontrado un efecto de dimorfismo, mostrando generalmente los hombres un rendimiento superior al de las mujeres en este tipo de tareas. Es por ello que la obtención de un efecto de dimorfismo en nuestra la prueba, constituiría un indicador de que dicha prueba estaría efectivamente demandando del uso de mecanismos relacionados con la memoria espacial.

Los resultados del presente estudio mostraron diferencias significativas en el rendimiento entre hombres y mujeres únicamente en el nivel de dificultad de 5 cajas. En resumen, queda demostrada la viabilidad del test para la evaluación de la memoria espacial, siendo los resultados obtenidos en cuanto a las diferencias de género similares a los encontrados en otras pruebas virtuales.

La razón para no encontrar este patrón de diferencias en los niveles de dificultad de 1 y 3 cajas, podría tener que ver con las pruebas acumuladas en la literatura que demuestran que la obtención de diferencias significativas de género en tareas de memoria espacial, requiere emplear un nivel de dificultad idóneo para realizar la tarea, de forma que esta no sea ni excesivamente fácil ni demasiado difícil (Cánovas et al., 2008; Tascón, García-Moreno & Cimadevilla, 2017). Teniendo estos argumentos en cuenta, la prueba que diseñamos en nuestro estudio incluía diversos grados de dificultad, con lo que todos participantes en el mismo pasaron por tres niveles en los que el número de posiciones espaciales a recordar era distinto.

Relacionado también con el argumento del nivel de dificultad, una diferencia fundamental entre las pruebas de memoria verbal clásicas y nuestro test de memoria espacial, obviando el tipo de información que se evalúa, es el nivel de dificultad máxima que puede alcanzar la prueba. Si bien la dificultad en una prueba tradicional de memoria verbal puede ser tan elevada como el número de palabras que existen en un idioma, utilizando la Sala de las Cajas en nuestro test limitamos el nivel máximo de dificultad al número de posiciones espaciales existentes en la habitación (16). En



nuestro estudio el número de cajas presentes en la habitación quedó reducido a un total de 9.

El material utilizado para la elaboración de nuestro test incluyó imágenes extraídas de la tarea de la Sala de las cajas, y a diferencia de otros subtests similares, los participantes en nuestra prueba no se desplazan por la habitación utilizando un joystick, si no que “observan” de forma pasiva la habitación que se les presenta. Basando nuestra prueba de memoria espacial en la presentación pasiva de una serie de imágenes a memorizar, y exigiendo posteriormente a los participantes que señalen las cajas que recuerdan en una plantilla, se haría prescindible el uso de un ordenador. De esta manera, se podrían imprimir las diapositivas para que el test fuera aplicable en consulta y su uso sea adecuado para todo tipo de población. No obstante, aunque no exista una navegación activa en nuestra tarea, es igualmente necesaria la creación de un mapa espacial utilizando las pistas distales presentes en la sala, ya que las imágenes de la misma están tomadas desde distintos puntos de vista y la plantilla sobre la que posteriormente tendrán que emitir una respuesta muestra un plano cenital de la sala totalmente distinto al que vieron. Este diseño posibilita (al igual que los test clásicos de memoria verbal) analizar diferentes patrones del rendimiento de los participantes, como efectos de primacía y recencia, o el papel de la interferencia.

El presente test cuenta con un diseño sencillo y en cierto modo podría pensarse que supone un “paso atrás” en la investigación, teniendo en cuenta los numerosos avances de la realidad virtual en el ámbito de la memoria espacial y los estudios recientes que implican un gran soporte tecnológico. Sin embargo, uno de los principales objetivos que persigue este estudio es el de reducir al máximo la demanda de recursos tecnológicos necesarios para realizar la tarea, haciéndola así accesible a todo tipo de población. Existen tareas en las que el sujeto adopta un rol activo, y por tanto es él mismo el que navega por el entorno virtual. En este tipo de tareas activas se exige que la persona tome decisiones sobre posibles rutas a seguir a la vez que memoriza información espacial (Astur, et al., 2016). Se conoce que este tipo de exploración activa mejora el recuerdo de estímulos ambientales (Chrastil & Warren, 2012; Plancher, Tirard, Gyselinck, Nicolas, & Piolino, 2012), pero en ocasiones, la falta de familiaridad con estas nuevas técnicas puede suponer un obstáculo para algunas personas como ancianos, niños pequeños o pacientes con trastorno mental grave. Esto provoca que no

se pueda estar seguro de hasta qué punto unos malos resultados son debidos a una mala ejecución en la tarea, o si verdaderamente son la consecuencia de la poca destreza de la persona con los instrumentos de la misma. En las tareas de tipo pasivo, por el contrario, los participantes se limitan a observar lo que ocurre para posteriormente emitir una respuesta, siendo de esta manera más fáciles de utilizar y aplicar a algunos colectivos.

Por último, cabe puntualizar que en nuestro estudio no realizamos ningún tipo de evaluación previa de otras capacidades cognitivas posiblemente relacionadas con la memoria espacial y que pudieran estar influyendo de alguna manera en los resultados. Investigaciones comportamentales y con técnicas de neuroimagen han obtenido correlaciones significativas entre el rendimiento de los participantes en diversas tareas que evalúan la capacidad de almacenamiento (amplitud) y/o procesamiento de la memoria de trabajo visuoespacial y el rendimiento en tareas que requieren diferentes habilidades espaciales, requiriendo también ambos tipos de pruebas diferentes funciones ejecutivas (Miyake, Friedman, Rettinger, Priti & Hegarty, 2001). Podría ser interesante para futuras investigaciones sobre memoria espacial, incluir medidas de memoria de trabajo (MT), como la tarea de localización del cambio (Johnson, McMahan, Robinson, Harvey, Hahn, Leonard, Luck & Gold, 2013), la cual permite estimar la capacidad de almacenamiento de la memoria de trabajo visual de forma rápida y sencilla en todo tipo de poblaciones. Se ha comprobado que esta capacidad está fuertemente asociada con habilidades cognitivas de orden superior y su medición nos permitiría conocer hasta qué punto la mayor o menor capacidad de MT de cada individuo podría estar mediando en los resultados.

## REFERENCIAS

- Aguirre, G.K., & D' Esposito, M. (1999). Topographical disorientation: A synthesis and taxonomy. *Brain*, *122*, 1613-1628.
- Arleo, A., & Rondi-Reig, L. (2007). Multimodal sensory integration and concurrent navigation strategies for spatial cognition in real and artificial organisms. *Journal of Integrative Neuroscience*, *6*, 327-366.
- Astur, R. S., Ortiz, M. L., & Sutherland, R. J. (1998). A characterization of performance by men and women in a virtual Morris water task: a large and reliable sex difference. *Behavioral Brain Research*, *93*, 185–90.
- Astur, R.S., St Germain, S. A., Baker, E. K., Calhoun, V., Pearlson, G. D., & Constable, R. T. (2005). fMRI hippocampal activity during a virtual radial arm maze. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, *30*, 307-317.
- Astur, R.S., Tropp, J., Sava, S., Constable, R. T., & Markus, E. J. (2004). Sex differences and correlations in a virtual Morris water task, a virtual radial arm maze, and mental rotation. *Behavioral Brain Research*, *151*, 103-115.
- Barrash, J., Damasio, H., Adolphs, R., & Tranel, D. (2000). The neuroanatomical correlates of route learning impairments. *Neuropsychología*, *38*, 820-836.
- Berti, A., & Frassinetti, F. (2000). When far becomes near: remapping of space by tool use. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*, 415-420.
- Beschin, N., & Robertson, I. H. (1997). Personal versus extrapersonal neglect: A group study of their dissociation using a reliable clinical test. *Cortex*, *33*, 379-384.
- Bjoertomt, O., Cowey, A., & Walsh, V. (2002) Spatial neglect in near and far space investigated by repetitive transcranial magnetic stimulation. *Brain*, *125*, 2012–2022.
- Bocchia, M., Silveri, M.C., Sabatini, U., Guariglia, C., & Nemmi, F. (2016). Neural underpinnings of the decline of topographical memory in mild cognitive impairment. *American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementia*, *31*, 618-630.
- Bocchia, M., Sulpizio, V., Nemmi, F., Guariglia, C., & Galati, G. (2017) Direct and indirect parieto-medial temporal pathways for spatial navigation in humans:

- evidence from resting-state functional connectivity. *Brain Structure and Function*, 222, 1945-1957.
- Burgess, N. (2006). Spatial memory: how egocentric and allocentric combine. *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 551-557.
- Byrne, P., Becker, S., & Burgess, N. (2007). Remembering the past and imagining the future: a neural model of spatial memory and imagery. *Psychological Review*, 114, 340– 375.
- Byrne, P. A., & Crawford, J. D. (2010). Cue reliability and a landmark stability heuristic determine relative weighting between egocentric and allocentric visual information in memory-guided reach. *Journal of Neurophysiology*, 103, 3054-3069.
- Cánovas, R., Espínola, M., Iribarne, L., & Cimadevilla, J. M. (2008). A new virtual task to evaluate human place learning. *Behavioural Brain Research*, 190, 112-118.
- Capitani, E., Laiacona, M., & Ciceri, E. (1991). Sex differences in spatial memory: a reanalysis of block tapping long-term memory accordings to the short-term memory level. *Italian Journal of Neurological Sciences*, 12, 461-466.
- Carr, H., & Watsn, J. B. (1908). Orientation in the white rat. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 17-44.
- Chrastil, E. R., & Warren, W. H. (2012). Active and passive contributions to spatial learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19, 1-23.
- Cimadevilla, J. M., Lizana, J. R., Roldán, M. D., Cánovas, R., & Rodríguez, E. (2014). Spatial memory alterations in children with epilepsy of genetic origin or unknown cause. *Epileptic Disorders*, 16, 203–207.
- Cléry, J., Guipponi, O.1., Odouard, S.1., Wardak, C.1., & Ben Hamed, S. (2015). Impact prediction by looming visual stimuli enhances tactile detection. *Journal of Neuroscience*, 35, 4179-4189.
- Corkin, S. (1965). Tactually-guided maze learning in man: effects of unilateral cortical excisions and bilateral hippocampal lessions. *Neuropsychologia*, 3, 339-351.
- Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain. *PhD Thesis*. Montreal: McGill University.

- Coslett, H. B., Schwartz, M.F., Goldberg, G., Haas, D., & Perkins, J. (1993). Multi-modal hemispatial deficits after left hemisphere stroke. A disorder of attention? *Brain, 116*, 527-554.
- Driscoll, I., Hamilton, D. A., Yeo, R. A., Brooks, W. M., & Sutherland, R. J. (2005). Virtual navigation in humans: the impact of age, sex, and hormones on place learning. *Hormones and Behavior, 47*, 326–35.
- Galea, L. A. M., & Kimura, D. (1993). Sex differences in route-learning. *Personality and Individual Differences, 14*, 53–65.
- Habib, M., & Sirigu, A. (1987). Pure topographical disorientation: A definition and anatomical basis, *Cortex, 23*, 73-81.
- Halligan, P.W., & Marshall, J.C. (1991). Left neglect for near but not far space in man. *Nature, 350*, 498–500.
- Hartley, T., Maguire, E. A., Spiers, H. J., & Burgess, N. (2003). The well-worn route and the path less travelled: distinct neural bases of route following and wayfinding in humans. *Neuron, 37*, 877-888.
- Hegarty, M., Montello, D. R., Richardson, A.E., Ishikawa, T., & Lovelace, K. (2006). Spatial abilities at different scales: Individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning. *Intelligence, 34*, 151–76.
- Herlitz, A., Airaksinen, E., & Nordström, E. (1999). Sex differences in episodic memory: the impact of verbal and visuospatial ability. *Neuropsychology, 13*, 590–7.
- Herlitz, A., & Rehnman, J. (2008). Sex differences in episodic memory. *Current Direction in Psychological Science, 17*, 52–6.
- Hull, C. L. (1943). *Principles of behaviour*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Iaria, G., Arnold, A.E., Burles, F., Liu, I., Slone, E., Barclay, S., Bech-Hansen, T.N., & Levy, R.M. (2014). Developmental topographic disorientation and decreased hippocampal functional connectivity. *Hippocampus, 24*, 1364 –1374.

- Iaria, G., Bogod, N., Fox, C.J., Barton, J.J. (2009). Developmental topographical disorientation: case one. *Neuropsychologia*, *47*, 30-40.
- Iaria, G., Petrides, M., Dagher, A., Pike, B., & Bohbot, V. D. (2003). Cognitive strategies depend on the hippocampus and caudate nucleus in human navigation: variability and change with practice. *Journal of Neuroscience*, *23*, 5945-5952.
- James, T.W., & Kimura, D. (1997). Sex differences in remembering the locations of objects in an array: location-shifts versus location-exchanges. *Evolution and Human Behavior*, *18*, 155–63.
- Johnson, M. K., McMahon, R. P., Robinson, B. M., Harvey, A. N., Hahn, B., Leonard, C. J., Luck, S. J., & Gold, J. M. (2013). The relationship between working memory capacity and broad measures of cognitive ability in healthy adults and people with schizophrenia. *Neuropsychology*, *27*, 220–229.
- Kessler, K., & Thomson, L. A. (2010). The embodied nature of spatial perspective taking: embodied versus sensorimotor interference. *Cognition*, *114*, 72--88.
- Kim, J. G., Aminoff, E.M., Kastner, S., & Behrmann, M. (2015). A Neural Basis for Developmental Topographic Disorientation. *Journal of Neuroscience*, *35*, 12954-12969.
- King, J. A., Burgess, N., Hartley, T., Vargha-Khadem, F., & O'Keefe, J. (2002). Human hippocampus and viewpoint dependence in spatial memory. *Hippocampus*, *12*, 811–820.
- Kravitz, D.J., Saleem, K.S., Baker, C.I., & Mishkin, M. (2011). A new neural framework for visuospatial processing. *Nature Reviews Neuroscience*, *12*, 217–230.
- Krechevsky, I. (1932). “Hypothesis” in rats. *Psychological Review*, *39*, 516-532.
- Kosslyn, S. M. (1980). *Image and mind*. Cambridge (MA): Harvard University Press.
- Lambrey, S., Doeller, C., Berthoz, A., & Burgess, N. (2012). Imagining being somewhere else: Neural Basis of Changing Perspective in Space. *Cerebral Cortex*, *22*, 166-174.

- Levy, L.J., Astur, R. S., & Frick, K. M. (2005), Men and women differ in object memory but not performance of a virtual radial maze. *Behavioral Neuroscience*, *119*, 853-862.
- Lezak, M. D., Howienson, D., & Loring, D. (2004). *Neuropsychological assessment* (4<sup>th</sup>. Ed.). New York: Oxford University Press.
- Lövdén, M., Herlitz, A., Schellenbach, M., Grossman-Hutter, B., Krüger, A., & Lindenberg, U. (2007). Quantitative and qualitative sex differences in spatial navigation. *Scandinavian Journal of Psychology*, *48*, 353–8.
- Maguire, E. A., & Cipolotti, L. (1998). Selective sparing of topographical memory. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *65*, 903-909.
- Maguire, E. A., Frith, C. D., Burgess, N., Donnett, J. G., & O'Keefe, J. (1998). Knowing where things are: parahippocampal involvement in encoding object relations in virtual large-scale space. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *10*, 61-76.
- Mccarthy, R. A., Evans, J. J., & Hodges, J. R. (1996). Topographic amnesia: spatial memory disorder, perceptual dysfunction, or category specific semantic memory impairment? *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *60*, 318-325-.
- Milner, B. (1965). Visually-guided maze learning in man: Effects of bilateral hippocampal, bilateral frontal, and unilateral cerebral lesions. *Neuropsychologia*, *3*, 317-338.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D., Priti, S., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning and spatial abilities related? A latent variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*, 621–640.
- Moffat, S. D., Hampson, E., & Hatzipantelis, M. (1998). Navigation in a virtual maze: sex differences and correlation with psychometric measures of spatial ability in humans. *Evolution and Human Behavior*, *19*, 73-87.
- Morris, R. G. (1981). Spatial localization does not require the presence of local cues. *Learning and Motivation*, *12*, 239-260.

- Nemmi, F., Boccia, M., Piccardi, L., & Galati, G. (2013). Segregation of neural circuits involved in spatial learning in reaching and navigational space. *Neuropsychologia*, *51*, 1561-1570.
- Newhouse, P., Newhouse, C., & Astur, R. S. (2007). Sex differences in visual spatial learning using a virtual water maze in pre-pubertal children. *Behavioural Brain Research*, *183*, 1-7.
- O'Keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: Oxford University Press.
- Olton, D. S., & Samuelson, R. J. (1976). Remembrance of places passed: Spatial memory in rats. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, *2*, 97-116.
- Orsini, A., Chiacchio, I., Cinque, M., Cocchiaro, C., Schiappa, O., & Grossi, D. (1986). Effects of age, education and sex on two test of immediate memory: a study of normal subjects from 20 to 99 years of age. *Perceptual & Motor Skills*, *63*, 767-732.
- Paterson, A., & Zangwill, O. L. (1944). Disorders of visual space perception associated with lesions of the right cerebral hemisphere. *Brain*, *67*, 331-358.
- Persson, J., Herlitz, A., Engman, J., Morell, A., Sjölie, D., Wikström, J., & Söderlund, H. (2013). Remembering our origin: Gender differences in spatial memory are reflected in gender differences in hippocampal lateralization. *Behavioural Brain Research*, *256*, 219-228.
- Piccardi, L., Iaria, G., Ricci, M., Bianchini, F., Zompanti, L., & Guariglia, C. (2008). Walking in the Corsi test: which type of memory do you need? *Neuroscience Letters*, *432*, 127-131.
- Plancher, G., Tirard, A., Gyselinck, V., Nicolas, S., & Piolino, P. (2012). Using virtual reality to characterize episodic memory profiles in amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: Influence of active and passive encoding. *Neuropsychologia*, *50*, 592-602.
- Porteus, S. (1965). *Porteus maze test: fifty years' application*. Palo Alto: Pacific Books.



- Postma, A., Winkel, J., Tuiten, A., & van Honk, J. (1999). Sex differences and menstrual cycle effects in human spatial memory. *Psychoneuroendocrinology*, *24*, 175–92.
- Rizzolatti, G., Matelli, M., & Pavesi, G. (1983). Deficits in attention and movement following the removal of postarcuate (area 6) and prearcuate (area 8) cortex in macaque monkeys. *Brain*, *106*, 655-673.
- Sandstrom, N. J., Kaufman, J., & Huettel, S.A. (1998). Males and females use different distal cues in a virtual environment navigation task. *Cognitive Brain Research*, *6*, 351–60.
- Schindler, A., & Bartels, A. (2013). Parietal cortex codes for egocentric space beyond the field of view. *Current Biology*, *23*, 177– 182.
- Shore, D. I., Stanford, L., MacInnes, W J., Klein, R. M., & Brown, R. E. (2001). Of mice and men: virtual Hebb-Williams mazes permit comparison of spatial learning across species. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, *1*, 83-89.
- Smith, M.L., & Milner, B. (1981).The role of the right hippocampus in the recall of spatial location. *Neuropsychologia*, *19*, 781-793.
- Sturz, B. R., & Bodily, K. D. (2010). Encoding of variability of landmark-based spatial information. *Psychological Research*, *74*, 560-567.
- Táscón, L., García-Moreno, L.M., & Cimadevilla, J.M. (2017). Almeria Spatial Memory Recognition Test (ASMR): Gender differences emerged in a new passive spatial task. *Neuroscience Letters*, *651*, 188-191.
- Tolman, E. C. (1932). *Purposive behaviour in animals and men*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, *55*, 189-208.
- Tolman, E. C., Ritchie, B. F., & Kalish, D. (1946). Studies in spatial learning; place learning versus response learning. *Journal of Experimental Psychology*, *36*, 224-229.

- Van Asselen, M., Fritschy, E., & Posma, A. (2006). The influence of intentional and incidental learning on acquiring spatial knowledge during navigation. *Psychological Research, 70*, 151-156.
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills, 47*, 599-604.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: a meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin, 117*, 250-70.
- Vuilleumier P., Valenza N, Mayer E, Reverdin A, & Landis T. (1998). Near and far visual space in unilateral neglect. *Annals of Neurology, 43*, 406-410.
- Watson, J. B. (1907). Kinaesthetic and organic sensation: Their role in the reactions of the white rat to the maze. *Psychological Review Monograph Supplement, 8*, 1-100.
- Zacks, J.M., & Michelon, P. (2005). Transformations of visuospatial images. *Behavioural and Cognitive Neuroscience Reviews, 4*, 96-118.

## ANEXO 1

### INSTRUCCIONES

A continuación vas a ver imágenes de una habitación con una serie de cajas. Cada imagen tendrá una duración de 5 segundos. Tu tarea consistirá en recordar **ÚNICAMENTE** la posición de la caja o cajas de color **VERDE**, ya que al final de cada ensayo tendrás que señalar su ubicación en un plantilla, sin importar el orden en el que aparecieron.

El experimento consiste en un total de 3 bloques de 10 ensayos cada uno.

En el Bloque 1 deberás de recordar la posición de **UNA** única caja verde en cada ensayo.

En el Bloque 2 serán **TRES** las cajas a recordar.

En el Bloque 3 tendrás que memorizar la posición de **CINCO** cajas.

Si tienes alguna duda, por favor pregunta al experimentador antes de empezar.

Si estás preparado/a para comenzar el experimento pulsa  
**ESPACIO**