



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA
Facultad de Psicología

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



FACULTAD DE PSICOLOGÍA



Trabajo Fin de Grado en Psicología

Convocatoria Julio 2017

**DESARROLLO DE UN NUEVO TEST DE MEMORIA ESPACIAL MEDIANTE LA
APLICACIÓN DE LA REALIDAD AUMENTADA**

**DEVELOPMENT OF A NEW TEST OF SPACE MEMORY THROUGH THE
APPLICATION OF INCREASED REALITY**

Autor/a: Francisco Javier Ruano Ruiz

Tutor/a: José Manuel Cimadevilla Redondo, Laura Tascón Mille

Índice:

1. Resumen	1
2. Introducción.....	2
3. Material y Métodos.....	4
3.1 Participantes	4
3.2 Instrumentos.....	5
3.3 Procedimiento	5
3.3.1 Tarea de Memoria Espacial	5
3.3.2 Tarea de Memoria de Trabajo Visual	8
3.4 Análisis Estadístico	9
4. Resultados.....	10
4.1 Tarea de Memoria Espacial	10
4.2 Tarea de Memoria de Trabajo Visual	14
5. Discusión	14
6. Conclusiones.....	17
7. Referencias Bibliográficas.....	17

1. Resumen

La presente investigación está centrada en el ámbito de la neuropsicología, concretamente se centra dentro de una parte de la investigación de la memoria, ésta es, la memoria espacial. Es por esta razón por la que se ha llevado a cabo, en colaboración con la facultad de ingeniería informática de la Universidad de Almería, el desarrollo de una nueva aplicación móvil que está basada en la tecnología de la Realidad Aumentada. Gracias a esta aplicación, en una primera parte del estudio, se ha procedido a la evaluación de la memoria espacial de los participantes con la ayuda de un teléfono móvil y 20 códigos QR situados de forma aleatoria en el interior de una sala. Cada código QR, al ser revelado con el teléfono móvil, mostraba una figura. La tarea de los sujetos consistía en localizar todas aquellas figuras que se mostraron repetidas, todo ello en el menor tiempo posible y cometiendo el menor número de errores posibles. La tarea está dividida en tres niveles de dificultad, teniendo que encontrar 2, 4, y 6 ítems repetidos. Los datos han sido analizados mediante un análisis de varianza de medidas repetidas, comparando la ejecución de chicos y chicas. Estos resultados han revelado, como ya se venía observando en investigaciones previas, que la memoria espacial de los chicos es más efectiva que la del grupo de las chicas cuando existe una dificultad alta en la tarea. Como era esperable no se han mostrado diferencias estadísticamente significativas cuando la tarea presentaba una dificultad baja o media.

Estos resultados evidencian que el cerebro de los varones y el de las mujeres son diferentes, y por lo tanto tienen funcionamiento diferente, por lo menos en el campo de la memoria espacial.

Abstract.

The present research is focused on the field of neuropsychology, specifically focuses on a part of memory research, this is, spatial memory. It is for this reason that the development of a new mobile application that is based on the technology of the Augmented Reality has been carried out, in collaboration with the faculty of Computer Engineering of the University of Almería. Thanks to this application, in a first part of the study, participants' spatial memory was evaluated using a mobile phone and 20 QR codes randomly placed inside a room. Each QR code showed a picture, when revealed with the

mobile phone. Subjects had to locate all those figures that were repeated, all in the shortest time possible and committing the fewest possible errors. The task is divided into three levels of difficulty, having to find 2, 4, and 6 repeated items. Data were analyzed using a variance analysis of repeated measures, comparing the performance of boys and girls. These results revealed that boys were more effective than girls with high difficulty level. As expected, no statistically significant differences were found with medium and low levels of difficulty.

These results evidences that boys and girls showed different spatial abilities, and their brains have to be different as well.

2. Introducción

La memoria espacial es un tipo de memoria que se encarga de recolectar toda la información que nos rodea. Es la parte de la memoria que nos permite recordar donde dejamos nuestras llaves e incluso es aquella parte que nos permite orientarnos por una ciudad.

Al igual que ocurre con otros tipos de memoria, la memoria espacial también puedes ser clasificada en función de su duración en: memoria a largo plazo o en memoria a corto plazo.

El principal responsable de llevar a cabo todas estas tareas es el hipocampo, una pequeña estructura localizada en la parte medial del lóbulo temporal. Se ha observado que pacientes que padecen lesiones en esta estructura cerebral encuentran dificultades para recordar donde habían dejado algún objeto, e incluso se encuentra mermada su capacidad para orientarse (Henneman et al., 2009).

Se sabe también que pacientes que padecen la enfermedad Alzheimer sufren cambios a nivel estructural en las estructuras del lóbulo temporal medial, quedando mermada su capacidad de orientación. Estudios han demostrado la asociación de una reducción del hipocampo y la aparición de Alzheimer (National Institute on Aging, 2009).

Mediante el uso de técnicas de neuroimagen aplicadas mientras se realizan tareas de orientación en entornos virtuales, se ha demostrado que las personas muestran una actividad mayor en el hipocampo cuando se están orientando correctamente, siendo esta

actividad muy inferior cuando la orientación ocurre por el mero azar (Maguire et al., 1998). También se ha comprobado en estudios recientes como los taxistas poseen un mayor hipocampo en comparación con la población general, debido a que necesitan aprender multitud de calles para orientarse por ellas (Maguire, et al. 2000).

Por otro lado, la memoria espacial presenta un dimorfismo sexual, siendo diferente en los hombres y mujeres. Como bien ha sido documentado en numerosas investigaciones, el rendimiento de la memoria espacial suele ser ligeramente superior en los varones, mientras que las mujeres presentan una ventaja superior en materia de memoria verbal (Nastoyashchaya y López, 2015).

Por su parte la capacidad de memoria espacial siempre ha sido estudiada en modelos animales, especialmente en roedores, haciendo uso de diferentes experimentos, como puede ser el laberinto radial o el laberinto de agua de Morris, situaciones imposibles por su complejidad ética de trasladar a los seres humanos (Bromley-Brits, Deng, Song y Morris, 2011). Por ello, gracias a la evolución de la informática, se ha llevado a cabo el desarrollo de nuevas aplicaciones informáticas con las que es posible evaluar la memoria espacial mediante realidad virtual. Con este tipo de software es posible, mediante el equipo adecuado, trasladar a los sujetos a un espacio como puede ser una ciudad, una habitación o incluso un laberinto virtual, con el objetivo de estudiar así su capacidad de orientación (Astur, Ortiz y Sutherland, 1998; Maguire, Nannery y Spires, 2006; Cánovas, Espínola, Iribarne y Cimadevilla, 2008; Antonova et al., 2011). Sin embargo, gracias al desarrollo de la tecnología estas investigaciones se están viendo mejoradas, y ahora por medio de nuevos hardware de realidad virtual como puede ser Oculus Rift, o incluso un teléfono móvil, es posible simular todos estos escenarios en la vida real. Todo esto se ve posible gracias a la aparición de la realidad aumentada.

La realidad aumentada se basa en una tecnología que monta una nueva realidad virtual sobre el mundo físico, por medio de códigos especiales o marcadores (los denominados códigos QR), o simplemente mediante el código fuente de la aplicación. La principal diferencia entre la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada, radica en que la primera nos permite crear un mundo virtual, mientras que la segunda nos permite integrar el mundo virtual con el real e interactuar con él. Esta nueva realidad puede ser vista a través de unas gafas de realidad virtual o mediante el uso de un teléfono móvil con el software adecuado e incluso se puede interactuar con ella mediante un guante háptico

(Nieto, 2014). De esta forma sería posible trasladar aquellos entornos virtuales utilizados en las investigaciones del pasado al presente.

El objetivo de este estudio es determinar la viabilidad de una aplicación que emplea la realidad aumentada para evaluar la memoria espacial. Comparamos la ejecución en ambos sexos utilizando diferentes niveles de dificultad. Nuestra hipótesis es que si la tarea contiene demandas espaciales, los varones deberían ejecutar mejor que las mujeres, al menos en condiciones que resulten más demandantes.

3. Material y Métodos

3.1 Participantes

La muestra incluyó 31 sujetos, de los cuales 16 son varones y 15 son mujeres, con edades comprendidas entre 18 y 26 años. La media de edad de los varones fue de 20,8 años de edad y la media correspondiente a las mujeres fue de 19,46 años. Todos los participantes seleccionados fueron estudiantes de psicología de la Universidad de Almería. Los sujetos fueron seleccionados de forma aleatoria en la Facultad de Psicología y para motivar su compromiso con la investigación se les otorgó un crédito para su curso académico. Todos los participantes fueron divididos en dos grupos en función de su sexo (hombre o mujer).

Antes de iniciar la investigación, a todos los participantes se les realizó una breve entrevista con el fin de determinar su edad, su profesión, su nivel educativo, así como si consumen algún tipo de medicación u otras sustancias, si practican algún deporte y con qué frecuencia, y por último mediante una pequeña escala de tipo Likert se evaluó su experiencia con Videojuegos.

Se realizó una entrevista previa para determinar si existe alguna causa neurológica, psicológica, consumo de medicación o cualquier otro factor que pudiese interferir en la ejecución de la tarea. Ningún participante se vio excluido de la investigación.

Este estudio se realizó de conformidad con la Directiva 2001/20 / CE del Consejo de la Comunidad Europea para la investigación biomédica en Humanos. El consentimiento informado firmado por todos los participantes del estudio informaba sobre la posibilidad

de retirarse en cualquier momento del mismo, sin explicación alguna y la absoluta confidencialidad de la información obtenida.

3.2 Instrumentos

Para la realización de la tarea de memoria espacial se utilizó un teléfono móvil LG Nexus 5 equipado con una pantalla de 4,95 pulgadas, una resolución de 1920x1080, una densidad de píxeles por pulgadas de 445, un procesador Qualcomm Snapdragon 800, 2GB de memoria RAM, una cámara trasera de 8Mp, unas dimensiones de 137,9 x 69,2 x 8,6 mm y un peso de 130g. El sistema operativo utilizado fue Android 4.4. También fueron necesarios la utilización de 20 códigos QR impresos en folios de tamaño A4, y distribuidos de forma aleatoria por el laboratorio.

Se empleó una segunda tarea que permite conocer la memoria de trabajo visual de los sujetos, que pudiera estar interviniendo en la ejecución. Para la realización de la tarea de memoria de trabajo visual fue necesaria la ayuda de un ordenador, para ello se ejecutó el programa informático en un Sony VAIO de 2600 MHz portátil equipado con 3GB de memoria RAM y 15.4 pulgadas Thin Film Transistor (TFT) con una resolución de 1920 × 1200 píxeles.

3.3 Procedimiento

Para la tarea de memoria espacial, todos los participantes recibieron las mismas instrucciones. Antes de iniciar la tarea se les entregaron a cada sujeto las instrucciones de manera escrita, y se les pidió que se las repitieran al experimentador, con el fin de estar seguros de que los participantes entendían las instrucciones.

3.3.1 Tarea de Memoria Espacial

Las instrucciones entregadas fueron las siguientes:

“Vas a entrar en una sala donde hay situados 20 códigos QR que se pueden descubrir con la ayuda de un teléfono. Cada código le va a mostrar un objeto. Su tarea consistirá en descubrir los objetos que estén repetidos de forma consecutiva, evitando abrir objetos no repetidos. Para ello, una vez que hayas encontrado los objetos repetidos, deberás recordar

su ubicación y escanearlos de forma seguida. La prueba finalizará tan pronto se descubran de forma consecutiva los objetos repetidos. Es importante abrir los menos objetos posibles en el menor tiempo.

Repetiremos la tarea con diferentes niveles de dificultad, donde deberemos descubrir inicialmente 2 objetos iguales, posteriormente 4 iguales y en el último nivel de mostrarán 6 objetos iguales.

Ante cualquier duda pregunta al experimentador”.

La primera tarea, o la tarea de memoria espacial, constaba de varios instrumentos. Era necesario la utilización de un teléfono móvil con la aplicación de Realidad Aumentada, así como un total de 20 códigos QR distribuidos por una sala. Cada código QR mostraba una figura diferente entre las que se encontraba una de ellas repetida 2, 4, o 6 veces en función del nivel de dificultad. Las figuras contenidas en los códigos QR eran: guitarra, libro, helado, cofre, vela, coche, tarta, silla, avión, ordenador, casa, barril, donut, hamburguesa, seta, pollo, flores, pez, mesa y árbol.

Todas las figuras eran fácil de reconocer y comunes para cualquier participante, por lo que se puede descartar su influencia en los resultados obtenidos en la investigación.

Todos los códigos QR se encontraban separados entre sí a una distancia mínima de 60cm y a su vez, estaban distribuidos en filas. Cada fila contenía entre 3 y 5 elementos, haciendo un total de 5 filas. Una de ellas con 5 códigos QR, otra con 3 códigos, y las tres restantes con 4 códigos QR cada una (ver Figura 1).

Respecto al software utilizado, el Smartphone tenía instalada una aplicación que hacía uso de la cámara trasera del terminal, con el objetivo de poder desvelar el contenido de cada código QR. Cada vez que se escaneaba un código, la aplicación informática registraba diferentes variables, tales como: la fecha y hora en el que se registró, la figura que se ha escaneado, si ha sido un movimiento correcto o incorrecto, la cantidad de veces que se ha escaneado ese código QR y si es el objeto que se encuentra repetido o no.

Una vez finalizada la prueba, el programa envía toda la información relevante a una dirección de correo electrónico. A partir de todos estos datos podemos obtener el tiempo total que se ha tardado en realizar la tarea, el número total de códigos QR que se han escaneado, así como aquellos que han sido correctos o incorrectos.

El software contaba con un sencillo menú en el que las opciones eran claras. En primer lugar, indicar el código del sujeto y a continuación seleccionar el nivel de dificultad.

En el primer nivel de dificultad, el software asigna de entre los 20 códigos QR, una figura que repetirá 2 veces, resultando 18 códigos QR erróneos y 2 correctos. En el segundo nivel de dificultad eran 16 los códigos QR incorrectos y 4 los correctos, es decir se repetía una figura 4 veces, y por último en el tercer nivel de dificultad, era necesaria la localización de 6 figuras que se hallaban repetidas, por lo que 14 eran erróneas. El objetivo de la tarea es encontrar y escanear las figuras repetidas de forma consecutiva. Para ello los sujetos deberán recordar la posición en las que se encuentran dichas figuras en la sala. Si los sujetos escanean una figura incorrecta entre varias correctas, la lógica de la tarea implica que deberá escanear de nuevo todas las figuras correctas para que estas aparezcan de forma consecutiva.

Entre cada nivel de dificultad, no era necesario reorganizar los códigos QR, ya que el programa estaba diseñado para que otorgara un orden aleatorio a los códigos QR.

Una vez el sujeto completaba un nivel de dificultad, aparecía un mensaje en la pantalla del teléfono móvil, indicando “¡Enhorabuena! Haz localizado todos los objetos iguales”, apareciendo tras el mensaje la opción “Enviar datos”. De tal forma que todos los datos son recogidos en función del nivel de dificultad de la tarea.

Por lo tanto, el objetivo de los sujetos en esta tarea consistía en moverse por la sala escaneando los diferentes códigos QR para encontrar aquellos que se encuentran repetidos, todo ello en el menor tiempo posible, y escaneando la menor cantidad de códigos QR posible.

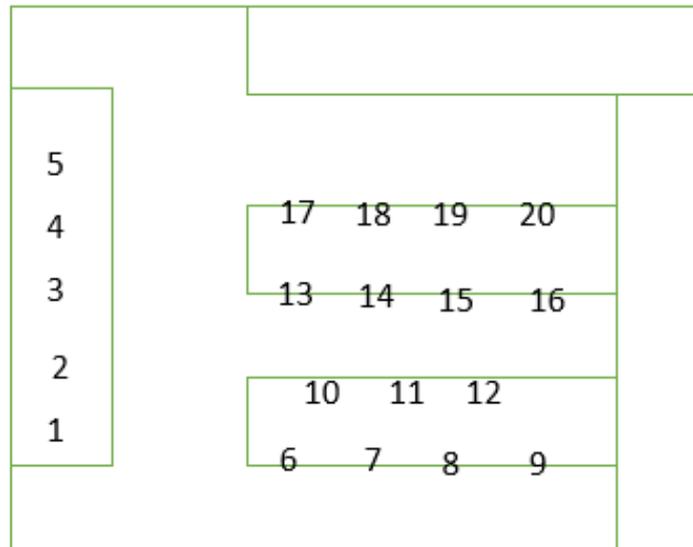


Figura 1. La figura 1 muestra cómo fue la distribución de los códigos QR en el laboratorio. El participante tenía la libertad de empezar la prueba por el código que el estimase oportuno. En ningún momento se influyó en la decisión de éste.

3.3.2 Tarea de Memoria de Trabajo Visual

En el caso de la segunda prueba, la tarea de memoria de trabajo visual, las instrucciones venían establecidas en la pantalla del ordenador. Éstas eran las siguientes:

“En el centro de la pantalla habrá un punto de fijación (+) al que deberás prestar atención. Aparecerán 4 círculos de distintos colores repartidos por la pantalla que desaparecerán muy rápido. Y, a continuación, aparecerán los mismos círculos en la misma posición, solamente que uno siempre habrá cambiado de color.

Tu tarea consiste en pinchar con el ratón el círculo que crees que ha cambiado de color. Es importante que tengas en cuenta que debes pinchar exactamente sobre el círculo de color; si se hace fuera de él, la respuesta será incorrecta.

Realizarás unos ensayos para practicar”.

También se incluía un ensayo de prueba para que los sujetos practicasen y se familiarizaran con la prueba antes de realizar la tarea propiamente dicha.

El funcionamiento de esta tarea era bastante sencillo. En primer lugar aparecían explicadas todas las instrucciones para el sujeto, así como un ensayo de prueba para que se familiarizara con el funcionamiento de la tarea. Las instrucciones explicaban el procedimiento de la tarea. El objetivo de los participantes en esta tarea era localizar cuál de los cuatro círculos ha sido el que ha cambiado de entre los cuatro mostrados.

Para ello es importante realizarlo en el menor tiempo posible y con el menor número de errores que pueda cometer.

Una vez el sujeto acaba la tarea, el software genera para la investigación, un archivo de texto con toda la información respecto a la prueba. Esta información revelará el tiempo empleado en la prueba, el número de aciertos del sujeto, el porcentaje de aciertos y un índice de memoria de trabajo visual.

3.4 Análisis Estadístico

Antes de analizar los resultados obtenidos en las pruebas de la investigación, se realizó un pequeño análisis con el objetivo de comprobar si la experiencia en videojuegos podría influir en los resultados obtenidos en la investigación. Para ello se realizó una t-student para muestras independientes.

Para efectuar el análisis estadístico de la tarea de memoria espacial se tuvieron en cuenta diversas variables independientes, entre las empleadas se encuentran: el género de los sujetos y el nivel de dificultad de la tarea. Respecto a las variables dependientes se encontrarían: el tiempo total empleado en cada nivel en la tarea, el número total de aperturas realizadas, el número total de códigos QR repetidos revelados, así como el número total de códigos QR repetidos correctos e incorrectos.

Una vez recopilados todos los datos, se aplicó un ANOVA Género x Dificultad con medidas repetidas en esta última variable. Siempre que aparecieron diferencias estadísticamente significativas, se utilizó la prueba post hoc de Newman-Keuls, con el objetivo de hallar donde se encontraban dichas diferencias.

Para la tarea de memoria de trabajo visual se utilizó el índice de la variable de memoria de trabajo visual obtenido en la prueba, así como el género de los participantes. El análisis se realizó mediante una t-student para muestras de grupos independientes.

Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico STATISTICA (Versión 12). Se utilizó como nivel de probabilidad significativo “ $p < 0,05$ ”.

4. Resultados

Los grupos no mostraron diferencias significativas entre sí respecto a la experiencia en videojuegos, tal y como mostró la comparación de ambos grupos mediante el uso de una t-student para muestras independientes ($t(30) = -1,56$; $p = 0,129$).

Tanto el grupo de varones como el de las mujeres mostraron una experiencia media de con el uso de videojuegos de 2,466 para el grupo de las mujeres, y de 3,062 para el grupo de los varones, sobre un máximo de 4 puntos.

4.1 Tarea de Memoria Espacial

Para la tarea de memoria espacial fue necesaria la realización de 4 análisis independientes en función de las variables dependientes citadas con anterioridad.

En primer lugar se procedió al análisis del tiempo total empleado, para ello se utilizó el ANOVA Género x Dificultad con medidas repetidas en la última variable. Dicho análisis no mostró ningún efecto principal en el factor Género ($F(1,29) = 2,04$; $p = 0,162$). El mismo resultado ocurrió con la interacción Dificultad x Género ($F(2,58) = 1,72$; $p = 0,187$). El análisis de la variable independiente Dificultad sí mostró diferencias estadísticamente significativas ($F(2,58) = 4,32$; $p = 0,017$) (ver Figura 2).

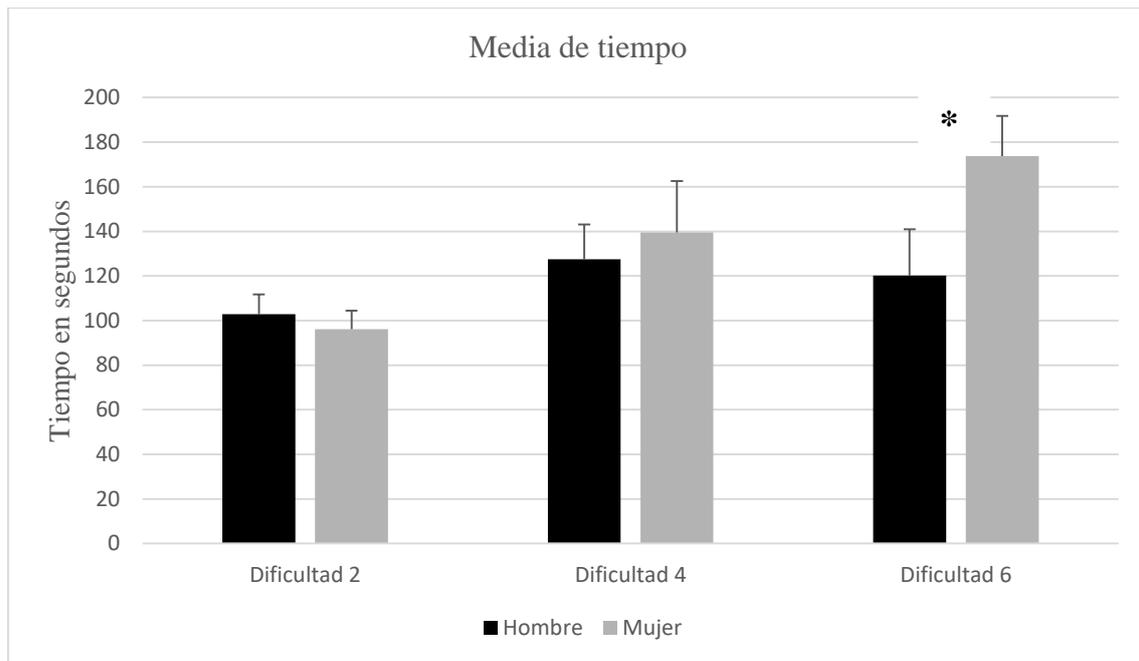


Figura 2. La figura 2 muestra el tiempo medio en segundos, así como el error standard, empleado por cada grupo de sujetos en cada nivel de dificultad, es decir con el objeto repetido 2, 4 y 6 veces. Podemos observar como el tiempo es similar en los tres niveles de dificultad para ambos grupos, lo que lleva a indicar que no existe ninguna diferencia estadísticamente significativa entre ellos. No obstante si podemos apreciar diferencias en cuanto a la dificultad. * Ambos grupos necesitan emplear más tiempo cuando la demanda de la tarea es más exigente. Media + SEM.

En segundo lugar se analizó la variable número de aperturas. Para ello se utilizó un ANOVA Género x Dificultad con medidas repetidas en la última variable. El análisis no mostró diferencias estadísticamente significativas en el factor Género ($F(1,29) = 1,32$; $p = 0,25$). Sin embargo, el factor Dificultad ($F(2,58) = 12,26$; $p = 0,00003$) así como la interacción Género x Dificultad ($F(2,58) = 5,03$; $p = 0,009$) si mostraron la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos.

El análisis post hoc de la interacción Género x Dificultad realizado con la prueba de Newman-Keuls nos reveló que en la ejecución de los varones no existen diferencias significativas en función de la dificultad de la tarea, manteniéndose constante el número de aperturas realizado. En otras palabras, el grupo de varones realizaba la tarea con una ejecución similar sin importar la dificultad de la tarea. Sin embargo en el caso del grupo de las mujeres, podemos observar que entre los niveles bajos y medios de dificultad no

existen diferencias significativas. Pero cuando el nivel de dificultad es alto, se observa un incremento considerable del número de apertura de códigos QR con respecto a su mismo grupo y respecto al grupo de los varones (ver figura 3).

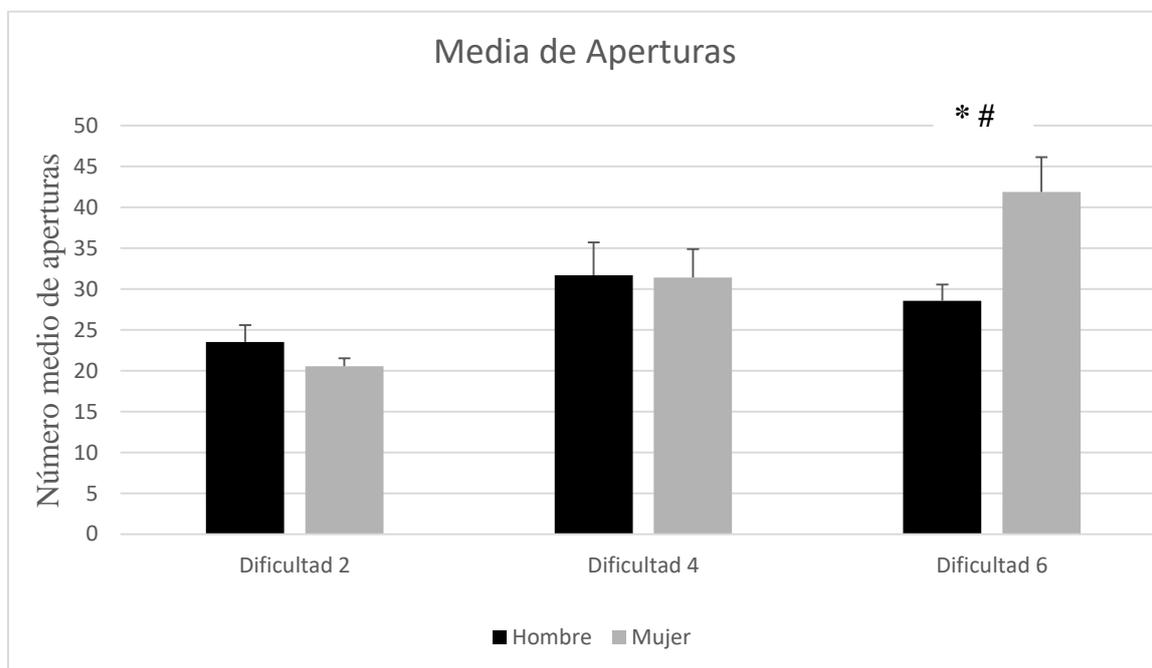


Figura 3. La figura 3 muestra la media de veces que los participantes han abierto códigos QR. Entre ambos grupos podemos observar que solo existen diferencias estadísticamente significativas cuando la dificultad es alta (Dificultad 6). * El grupo de mujeres realiza una mayor cantidad de aperturas con respecto al grupo de varones. # Por su parte el grupo de mujeres en dificultad alta necesita una mayor cantidad de movimientos para finalizar la tarea que en los dos primeros ensayos (dificultad baja y media). Media + SEM.

El mismo análisis se repitió para la variable Número de códigos QR repetidos totales. El ANOVA Género x Dificultad mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas en función del factor Género ($F(1,29) = 0,65$; $p = 0,42$). Sin embargo al igual que ocurre con la variable de las aperturas totales, el análisis mostró que si existen diferencias estadísticamente significativas respecto al factor Dificultad ($F(2,58) = 11,19$; $p = 0,00007$) así como respecto a la interacción Género x Dificultad ($F(2,58) = 6,08$; $p = 0,004$).

El análisis post hoc de Newman-Keuls nos reveló que en la ejecución de los varones solamente aparecen diferencias estadísticamente significativas entre una dificultad baja y

media, y baja y alta. Entre una dificultad media y alta, no existe ningún tipo de diferencias significativas para el grupo de varones.

Sin embargo en el caso del grupo de las mujeres, al igual que ocurre en el análisis anterior, el análisis nos muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los 3 niveles de dificultad. Es decir el grupo de las mujeres emplea, a mayor dificultad más aperturas.

El análisis también vuelve a mostrar como la ejecución del grupo los varones es más eficiente que la del grupo de las mujeres cuando existe una dificultad alta. Estas diferencias no aparecen cuando la ejecución de la tarea tiene una dificultad baja o media (ver figura 4).

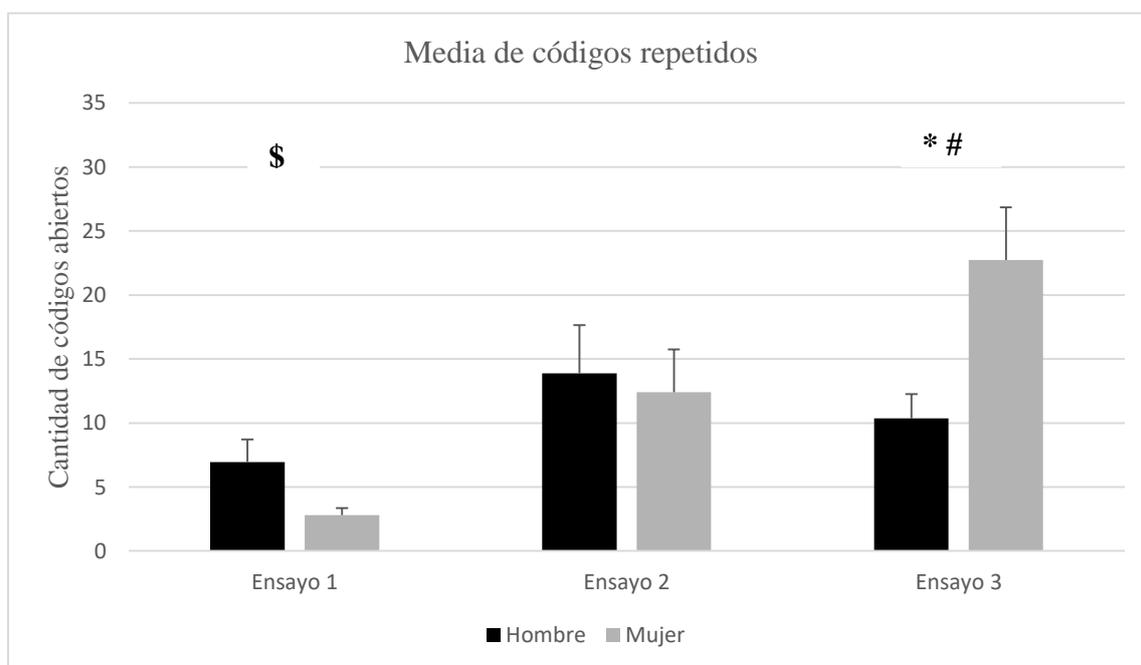


Figura 4. La figura 4 nos muestra la media de códigos QR repetidos abiertos por cada grupo de sujetos a lo largo de los 3 niveles de dificultad. *Podemos observar como la ejecución de los varones es más eficiente que la de las mujeres cuando existe una dificultad alta. # La ejecución de las mujeres se ve influenciada por la dificultad en todos sus niveles, necesitando más aperturas a mayor dificultad. \$ En el caso de los varones solamente existen diferencias estadísticamente significativas respecto a una dificultad baja y media, y una dificultad baja y alta. Media + SEM.

4.2 Tarea de Memoria de Trabajo Visual

Para realizar el análisis de la tarea de memoria de trabajo visual se realizó una prueba t-student para muestras independientes. El objetivo de esta prueba era comparar la ejecución del grupo de chicos con la ejecución del grupo de chicas. Los resultados de la prueba revelan que no existen diferencias estadísticamente significativas ($t(30) = 1,2$; $p = 0,231$) en la capacidad de memoria de trabajo visoespacial entre ambos sexos (ver figura 5).

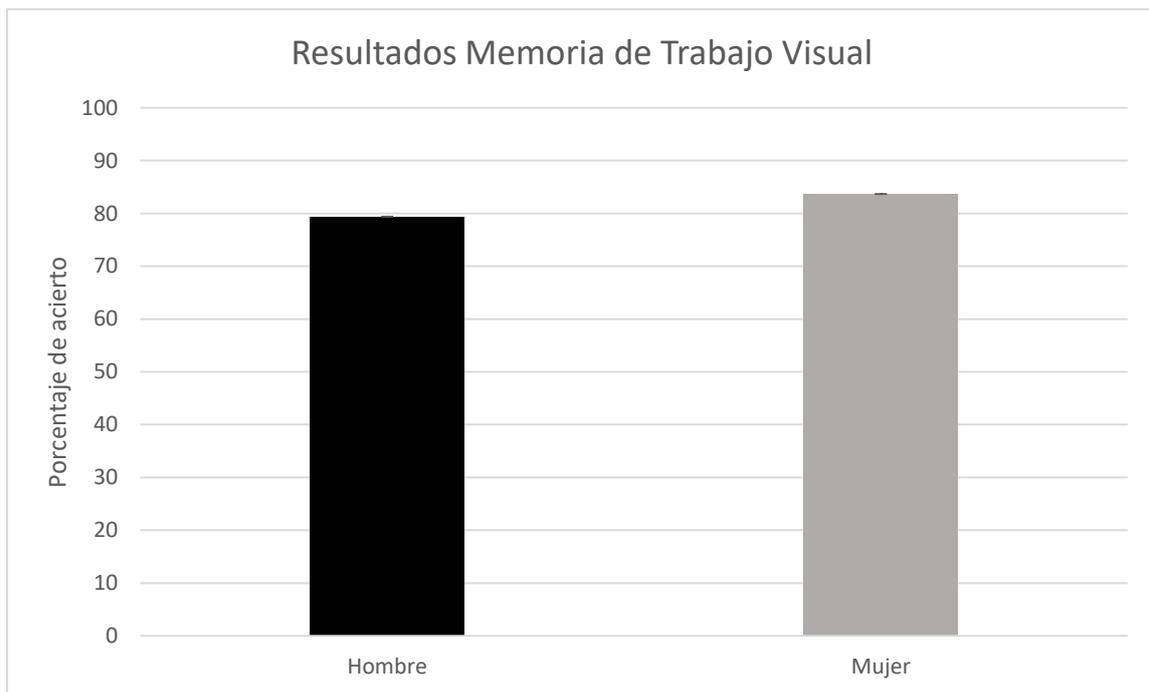


Figura 5. La figura 5 muestra el porcentaje de aciertos en la tarea de cambio visual tanto para el grupo de varones como para el grupo de mujeres, así como el error standard asociado a cada grupo. No existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos géneros. Media + SEM.

5. Discusión

En esta investigación, se ha evaluado la capacidad memoria espacial de jóvenes adultos universitarios, tanto chicos como chicas. Para ello se ha utilizado una nueva tarea de realidad aumentada con la que poder medir las habilidades de memoria espacial de los participantes. Gracias a este tipo de tecnología, según informan los participantes, la tarea

resulta amena y divertida, por lo que conseguimos mantener a los sujetos motivados durante la realización de la misma.

Se ha demostrado como ya se viene viendo en experimentos anteriores, que la ejecución de los chicos es normalmente más eficaz que la que realizan las chicas (Cánovas et al., 2008; Cánovas y Cimadevilla, 2011). Aunque esta particularidad no ocurre siempre. El dimorfismo sexual está ha estado siempre bien documentado a lo largo de la historia tanto en humanos como en otro tipo de especies (Astur et al., 1998; Levine, Huttenlocher, Taylor y Langrock, 1999; Hausmann, Slabbekoorn, Van Goozen, Cohen-Kettenis y Güntürkün, 2000; Cánovas et al., 2008). Sin embargo dicho dimorfismo solo hace presencia cuando la dificultad de la tarea es adecuada. No obstante si la dificultad es muy alta, tampoco existen diferencias entre ambos géneros (Sandstrom, Kaufman y Huettel, 1998).

Como hemos podido observar en el transcurso de los resultados, cuando los sujetos se enfrentaban a la tarea con una dificultad baja, no aparecían diferencias significativas entre ellos. En el caso de baja dificultad ambos grupos consiguen lograr sus objetivos con muy poco esfuerzo y por lo tanto con una tasa de error muy baja. El mismo resultado ha sido obtenido cuando la dificultad de la tarea era media. Tanto los hombres como las mujeres realizaban la tarea de manera muy similar, sin existir diferencias entre ellos. Sin embargo este efecto techo desaparece cuando la dificultad de la tarea es alta. En este caso hemos podido observar como las mujeres cometían una mayor cantidad de errores respecto a niveles bajos de dificultad, mientras que en el caso de los hombres, no se apreciaban diferencias respecto a una dificultad baja o media.

Estos mismos resultados se han reflejado en investigaciones en personas adultas como la tarea de cajas (Cánovas et al., 2008; Cánovas y Cimadevilla, 2011). No obstante también se ha demostrado la existencia de este dimorfismo en niños y niñas. Los niños, entre 6 y 8 años, realizan mejor que las niñas la tarea de orientación espacial (León, Cimadevilla y Tascón, 2014). Estas diferencias sin embargo desaparecen a los 9 – 10 años, pero vuelve a estar presenta una vez los sujetos alcanzan la adultez (Cánovas et al., 2008).

Otros estudios han demostrado como la orientación sexual de las personas también puede ser influyente a la aparición de este tipo de diferencias de memoria espacial. Así, Rahman y Koerting (2008) demostraron que hombres con una orientación heterosexual realizaban

la tarea de memoria espacial con una mejor precisión que hombres homosexuales o mujeres homosexuales.

En la documentación reciente se plantea la actividad de las hormonas como la responsable en este tipo de diferencias. Como la actividad de las hormonas sexuales actúan produciendo cambios a nivel cerebral, e influyendo de esta manera en la capacidad de memoria espacial de las personas (Wartman, Keeley y Holahan, 2012; Filová, Ostatníková, Celec y Hodosy, 2013). Esto explicaría el dimorfismo entre ambos géneros. Asimismo, existen estudios que demuestran como la memoria espacial en el caso de las mujeres se ve afectada por su ciclo hormonal, viéndose un rendimiento similar al de los varones en sus fases iniciales de la menstruación debido a la baja concentración de esteroides, y un rendimiento inferior cuando se encuentran su la fase lútea. También se encontró una influencia positiva en la memoria espacial debido a altas concentraciones de testosterona. Por otro lado altas concentraciones de estradiol se relacionan con un empeoramiento de la memoria espacial (Nastoyashchaya y López, 2015).

No obstante este dimorfismo puede verse alterado o eliminarse. En modelos animales se ha observado que cuando las hembras son expuestas a hormonas sexuales masculinas en el período apropiado, pueden desempeñar la tarea con la misma eficacia que el grupo de machos (Roof, 1993; Cimadevilla et al., 1999).

Sin embargo hay otros factores que han podido influir en la capacidad de memoria espacial de las personas. Un estudio mostraba como diferentes profesionales, en este caso, los taxistas, poseen una capacidad de memoria espacial superior a la de la población normal, a su vez que presentaban un tamaño mayor del hipocampo (Maguire, 2008).

Gracias a todos los estudios que se han llevado a cabo y a los resultados de las técnicas de neuroimagen, se han proporcionado las pruebas necesarias para demostrar que la capacidad de orientación de una persona, y por lo tanto su memoria espacial, está totalmente relacionada con el hipocampo.

A su vez todos estos estudios demuestran como el hipocampo es diferente en cada persona, y actividades tales como su profesión, e incluso la influencia del entorno social, o influencias biológicas, cambian la actividad cerebral, modificando a su vez el cerebro, y por lo tanto las capacidades de las personas.

6. Conclusiones

Como podemos observar nuestra hipótesis inicial se ha cumplido. Todos los datos recabados y analizados en esta investigación han demostrado como el cerebro de los varones tiene un funcionamiento diferente al de las mujeres (en lo que a memoria espacial respecta), obteniendo los varones una mejor ejecución en la tarea en condiciones que resultan más demandantes. Podemos afirmar que la viabilidad de la aplicación es correcta. Por lo que esta aplicación puede ser utilizada para medir la capacidad de orientación de los pacientes que pudieran padecer alguna enfermedad que afecte a su memoria espacial, tales como el Alzheimer. Pequeñas variaciones en el funcionamiento de la memoria espacial pueden ser indicios de la presencia de algún problema en el hipocampo. Sin embargo, cabe destacar que no es una herramienta con una fiabilidad del 100%, y que el hecho de obtener una puntuación baja, no es indicio de algún problema en el cerebro. No obstante es una herramienta más a tener en cuenta a la hora del estudio del hipocampo de un paciente.

Respecto a las posibles limitaciones de esta investigación, cabe destacar en un primer lugar el tamaño de la muestra. El hecho de que la muestra sea pequeña y en este caso esté formada por estudiantes de psicología, podría presentar un sesgo, no obstante los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas que son redundantes con la bibliografía existente.

7. Referencias Bibliográficas.

- Antonova, E., Parslow, D., Brammer, M., Simmons, A., Williams, S., Dawson, G.R. y Morris, R. (2011). Scopolamine disrupts hippocampal activity during allocentric spatial memory in humans: An fMRI study using a virtual analogue of the Morris water maze. *Journal of Psychopharmacology*, 25(9), 1256–1265.
- Astur, R.S., Ortiz, M.L. y Sutherland, R.J. (1998). A characterization of performance by men and women in a virtual Morris water task: A large and reliable sex difference. *Behavioural Brain Research*, 93(1–2), 185–190.
- Bromley-Brits, K., Deng, Y., Song, W. y Morris, R. (2011) Morris water maze test for learning and memory deficits in Alzheimer's disease model mice. *J. Vis Exp.* 53: 2920

- Cánovas, M.R., (2011) Estudio de la memoria y la orientación espacial en el ser humano: Desarrollo de un nuevo entorno virtual basado en un paradigma de aprendizaje en roedores [En línea]. Universidad de Almería. Recuperado de: <http://www.syndetics.com/index.aspx?isbn=9788482401829/spsummary.html&client=ualmeriasum&type=rn12> [Consulta 9 Mayo 2017].
- Cánovas, M.R., Espínola, M., Iribarne, L. y Cimadevilla, J.M. (2008) A new virtual task to evaluate human place learning. *Behavioural Brain Research*, 190, 112-118. doi:10.1016/j.bbr.2008.02.02
- Cánovas, M.R. y Cimadevilla, J.M. (2011) Sexual orientation and spatial memory. *Psicothema*. 23, 752-758.
- Cimadevilla, J. M., González-Pardo, H., López, L., Díaz, F., Cueto, E. G., García-Moreno, L. M. y Arias, J. L. (1999). Sex-related differences in spatial learning during the early postnatal development of the rat. *Behavioural Processes*, 46, 159 –171
- Filová, B., Ostatníková, D., Celec, P. y Hodosy, J. (2013). The effect of testosterone on the formation of brain structures. *Cells Tissues Organs*, 197, 169 –177.
- Hausmann, M., Slabbekoorn, D., Van Goozen, S., Cohen-Kettenis, P. T. y Güntürkün, O. (2000). Sex hormones affect spatial abilities during the menstrual cycle. *Behavioral Neuroscience*, 114, 1245–1250.
- Henneman, W.J.P. Sluimer, J.D. Barnes, J. Van der Flier, W.M. Sluimer, I.C. y Fox, N.C. (2009) Hippocampal atrophy rates in Alzheimer disease. [En línea]. *The Official Journal of the American Academy of Neurology*. 72 (11). Disponible en: <http://www.neurology.org/content/72/11/999.abstract> [Consulta 4 Abril 2017]. ISSN 999-1007.
- León, I., Cimadevilla, J.M. y Tascón, L. (2014). Developmental gender differences in children in a virtual spatial memory task. *Neuropsychology*, 28(4), 485-495.
- Levine, S. C., Huttenlocher, J., Taylor, A. y Langrock, A. (1999). Early sex differences in spatial skill. *Developmental Psychology*, 35, 940 –949.

- Maguire, E.A., Burgess, N., Donnett, J.G., Frackowiak, R.S., Frith, C.D. y O'Keefe, J. (1998). Knowing where and getting there: A human navigation network. *Science*, 280, 921–924. doi:10.1126/science.280.5365.921
- Maguire, E. A., Gadian, D.G., Johnsrude, I.S., Good, C.D., Ashburner, J., Frackowiak, R.S. y Frith, C.D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 97(8): 4398-4403.
- Nastoyashchaya, E. y López, L. (2015). Diferencias entre Hombres y Mujeres Jóvenes en Memoria de Trabajo. [En línea] Universidad de Oviedo. Disponible en: https://revistannn.files.wordpress.com/2015/11/7-nastoyashchaya-locc81pez-acc81lvarez_diferencias-en-memoria-de-trabajo.pdf [Consulta 9 Mayo 2017].
- National Institute on Aging (2009). Cambios en el cerebro en la enfermedad del Alzheimer. [En línea]. Disponible en: <https://www.dementiacarecentral.com/caregiverinfo/cambios-del-cerebro-en-la-enfermedad-del-alzheimer/> [Consulta 4 Abril 2017].
- Nieto, F. [En línea]. 2015. Disponible en: <https://www.neurodigital.es/> [Consulta 9 Mayo 2017].
- Parrón, I. y Cimadevilla J.M. (2012). Evaluación de la memoria espacial y reconocimiento espacial en sujetos con epilepsia. [En línea]. Universidad de Almería. Disponible en: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3164/Trabajo.pdf?sequence=1> [Consulta 22 Mayo 2017].
- Rahman, Q. y Koerting, J. (2008). Sexual orientation-related differences in allocentric spatial memory tasks. *Hippocampus*. 18(1), 55-63.
- Roof, R. L. (1993). Neonatal exogenous testosterone modifies sex difference in radial arm and Morris water maze performance in prepubescent and adult rats. *Behavioural Brain Research*, 53 ,1–10.
- Rosas, K., Parrón, I., Serrano, P. y Cimadevilla, J.M. (2013). Spatial recognition memory in a virtual reality task is altered in refractory temporal lobe epilepsy. *Epilepsy & Behavior*. 28, 227-231.

- Sandstrom N., Kaufman J. y Huettel S. (1998). Males and females use different distal cues in a virtual environment navigation task. *Cogn Brain Res* 6, 351–60
- Tascón, L., León, I. y Cimadevilla, J.M. (2016) Viewpoint-related gender differences in a spatial recognition task. *Learning and Individual Differences*. 50, 270-274.
- Wartman, B.C., Keeley, R.J. y Holahan, M.R. (2012). Estradiol treatment in preadolescent females enhances adolescent spatial memory and differentially modulates hippocampal region-specific phosphorylated ERK labeling. *Neuroscience Letters*, 528, 114 –119.