



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA  
Facultad de Psicología

# UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



FACULTAD DE PSICOLOGÍA



**Trabajo Fin de Grado en Psicología**

**Convocatoria Julio 2017**

**EVALUACIÓN DE LA MEMORIA ESPACIAL Y FUNCIONES EJECUTIVAS EN  
PERSONAS QUE PRACTICAN BAILE**

**EVALUATION OF SPATIAL MEMORY AND EXECUTIVE FUNCTIONS IN  
PEOPLE WHO PRACTICE DANCE**

**Autor/a: Adrián Rueda Fernández**

**Tutor/a: Irene León Estrada, José Manuel Cimadevilla Redondo**

## Contenido

Resumen.....	3
Abstract.....	3
Introducción.....	4
Materiales y métodos.....	6
Participantes.....	6
Instrumentos.....	7
Procedimiento.....	7
Prueba de memoria espacial.....	8
Pruebas psicológicas.....	9
Resultados.....	11
Test K-bit.....	11
Test del Zoo.....	11
Test FAS.....	12
Sala de Cajas.....	14
Discusión.....	17
Conclusiones.....	19
Referencias.....	20

## **Resumen**

La presente investigación está centrada en la premisa de que el aumento de la edad está asociado al envejecimiento físico y cognitivo. Las estructuras más afectadas por el envejecimiento son los lóbulos frontal y temporal, encargados de las funciones ejecutivas y memoria espacial respectivamente. Está demostrado que es posible mejorar estas funciones mediante la realización de ejercicio físico aeróbico, para ello proponemos el baile como actividad física aeróbica que además tiene otras virtudes como la coordinación con la música, sincronización con los compañeros, la memorización y recuerdo de pasos. En esta investigación se ha estudiado la memoria espacial y las funciones ejecutivas con una muestra de 46 participantes. Para llevarla a cabo se han utilizado novedosas técnicas de realidad virtual para evaluar la memoria espacial y técnicas neuropsicológicas para evaluar las funciones ejecutivas.

Según los datos obtenidos existen diferencias entre los grupos, obteniendo el grupo de baile mejores puntuaciones en las pruebas. Estas pruebas evidencian que los participantes que practican baile tienen en mejor estado sus funciones ejecutivas y su memoria espacial que los participantes que tienen una vida sedentaria.

## **Abstract**

The present research is focused under the premise the increase of the age is associated to the physical and cognitive aging. The most affected structures by aging are the frontal and temporal lobes, they rule executive functions and spatial memory respectively. It is demonstrated that it is possible to improve these functions by performing aerobic physical exercise, for this we propose dancing as aerobic physical activity that also has other virtues such as coordination with music, synchronization with partners, memorizing and remembering steps. In this research the spatial memory and the executive functions have been studied with a sample of 46 participants. To carry it out, we have used new virtual reality techniques to evaluate spatial memory and neuropsychological techniques to evaluate executive functions.

According to the data obtained there are differences between the groups, obtaining the dance group better scores in the tests. These tests demonstrate that participants who practice dance have better executive functions and spatial memory than participants who have a sedentary life.

## **Introducción**

Algunos estudios ponen énfasis en el envejecimiento de la población como uno de los problemas más importantes de estos últimos tiempos (Lutz, Sanderson y Scherbov, 2008; Lutz, Sanderson y Scherbov, 2001). Además, la población española será uno de los países más envejecidos del mundo en las próximas décadas (Otero, Victoria, Rodríguez, Aguilar y Lázaro, 2004). Estas preocupaciones invitan a los investigadores a indagar sobre el envejecimiento poblacional y en nuestro caso, al envejecimiento cerebral.

Según diversos estudios el envejecimiento del organismo normalmente va acompañado de un envejecimiento cerebral (Crespo y Fernández, 2012; Román y Sánchez, 1998). Los cambios que conllevan el envejecimiento cerebral son a nivel morfológicos, fisiológicos y bioquímicos. Este envejecimiento cerebral no funciona de manera homogénea, sino que algunas áreas y funciones se ven más afectadas. Las funciones que comúnmente se ven más afectadas son la memoria y la velocidad de procesamiento (Román y Sánchez, 1998).

Los lóbulos frontal, temporal y parietal son las partes más afectadas del cerebro, pero vamos a hacer especial énfasis en el lóbulo frontal, encargado de las funciones ejecutivas y el lóbulo temporal, donde se localiza el hipocampo. El hipocampo se encuentra en la parte medial del lóbulo temporal, forma parte del sistema límbico y sus funciones cognitivas primarias son memoria y la organización espacial (Andersen, 2007). También está conectado con otros sistemas por lo que participa también en la codificación y recuperación de la información. Además, el hipocampo izquierdo está más implicado en la memoria verbal, mientras que el hipocampo derecho está involucrado en la memoria para localizaciones dentro de un ambiente (Burgess, Maguire y O'Keefe, 2002).

Con referencia a lo anterior, la función del hipocampo que más interés suscita para nuestro estudio es la memoria espacial. Cuando hablamos de memoria espacial nos referimos a la memoria que registra la información relevante sobre el entorno y la orientación en el mismo. Además de esta memoria, tenemos diferentes estrategias de orientación: estrategias táxicas y estrategias cartográficas (O'Keefe y Nadel, 1978). Las estrategias táxicas son de carácter egocéntrico y no utilizan claves externas del entorno y las estrategias cartográficas son de carácter allocéntrico y que sí se basan en estímulos externos del entorno, este tipo de orientación es más compleja y está relacionada con el hipocampo (Moraleda, 2009).

Por otro lado, diversos estudios revelan que la memoria espacial es distinta en hombres y mujeres (Cánovas, Espínola, Iribarne y Cimadevilla, 2008; Tascón, León y Cimadevilla 2016). Según estos estudios las mujeres obtienen peores resultados en las pruebas de orientación espacial, ya que son más lentas y aciertan menos. Este dimorfismo va depender del nivel de dificultad de la tarea. Cuando se trata de niveles de dificultad baja no existe dimorfismo sexual, pero cuando aumenta el nivel de dificultad entonces si se encuentran diferencias entre hombres y mujeres (Cánovas et al., 2008).

En lo que respecta a las investigaciones de memoria espacial, hasta hace relativamente pocos años la mayoría de investigaciones se realizaban con modelos animales, para ello se diseñaron laberintos donde los animales debían aprender a escapar, como es el laberinto de agua de Morris donde las ratas deben encontrar una plataforma de escape entre agua opaca (Morris, 1984). Como el uso de este tipo de pruebas son muy complicadas de aplicar en humanos debido a la gran necesidad de recursos y gracias al desarrollo de técnicas de realidad virtual, se han podido diseñar pruebas para poder estudiar el comportamiento espacial humano en diferentes escenarios como ciudades, edificios o incluso laberintos donde los participantes deben encontrar o evitar lugares (Antonova et al., 2011; Astur, Ortiz y Sutherland, 1998; Cánovas et al., 2008).

Gracias a este tipo de procedimientos y pruebas de resonancia magnética nuclear se ha podido conocer que el deporte mejora las estructuras del cerebro y sus funciones. En concreto la práctica de ejercicio aeróbico ha demostrado mejoras en las capacidades cognitivas en sujetos adultos y ancianos (Sánchez-Horcajo, Llamas y Cimadevilla, 2015.), más concretamente en la mejora de la memoria espacial. Además, se ha podido observar que el volumen del hipocampo es mayor en ancianos que practican deporte aeróbico, es decir individuos con mayores niveles de aptitud aeróbica mostraron un mayor volumen del hipocampo y por lo tanto una mejor memoria espacial que individuos con niveles más bajos (Erickson et al., 2009).

Una de las prácticas físicas relacionadas con la estimulación aeróbica es el baile. El baile además presenta otras virtudes como la coordinación con la música, sincronización con los compañeros, la memorización y recuerdo de pasos. También beneficia en la interacción del comportamiento y el cerebro a la hora de realizar los procesos perceptivos y motores con acción coordinada espacialmente y la interacción interpersonal (Sevdalis y Keller, 2011). Y además puede mejorar el equilibrio y la marcha en personas mayores

(Merom et al., 2016). Aunque no hay resultados concluyentes por la escasez de estudios respecto al baile.

Debido a la falta de investigaciones respecto al baile y la inexistencia de estas respecto a la memoria espacial y las funciones ejecutivas, hemos decidido realizar esta investigación. Además, gracias a las novedosas técnicas de realidad virtual vamos a poder evaluar si la memoria espacial se ve beneficiada por la práctica continuada de baile.

Así pues, nuestro objetivo es estudiar el efecto del baile en la memoria espacial, su efecto en el hipocampo y las funciones ejecutivas en sujetos que lleven practicándolo de forma continuada al menos seis meses y que se encuentren en una edad adulta avanzada. Para la realización de esta investigación vamos a utilizar pruebas de memoria espacial basadas en técnicas de realidad virtual, así como tareas que evalúan las funciones ejecutivas. Se trataría de un estudio pionero en el ámbito de la memoria espacial, funciones ejecutivas y el baile hasta la fecha.

## **Materiales y métodos**

### **Participantes**

Veintiséis practicantes de baile y veinte sujetos controles participaron en el estudio. Dentro del Grupo de Baile: 13 varones y 13 mujeres. Los varones tenían una edad media de 55,8 años y las mujeres una edad media de 54,6 años. El Grupo control estuvo compuesto por 10 varones y 10 mujeres. Los varones tenían una edad media de 61 años y las mujeres una edad media de 54,2 años. Todos los sujetos se reclutaron en la provincia de Almería.

A todos los participantes se les administró una pequeña entrevista en la que se recababan datos relacionados con su historial médico, edad, nivel de estudios, experiencia deportiva y experiencia de baile. Los criterios de inclusión, para el grupo de Experimental/Baile, fueron haber realizado baile al menos durante los seis últimos meses y estar dentro de la franja de edad de entre 49 y 70 años, para el grupo Control los criterios de inclusión fueron no realizar ningún tipo de deporte y pertenecer al mismo rango de edad. Los criterios de exclusión para ambos grupos fueron haber padecido o padecer alguna enfermedad grave, o cualquier otra causa que pudiera interferir en el estudio. Ninguno de los participantes fue excluido por estos criterios.

Este estudio se llevó a cabo con la conformidad de las disposiciones de la Directiva 2001/20/ CE del Consejo para la investigación biomédica en Humanos. Los participantes fueron informados de los procedimientos y firmaron un consentimiento informado de que eran libres de abandonar en cualquier momento si así lo deseaban y que sus datos permanecerían en el anonimato.

### **Instrumentos**

Para la realización de esta investigación se utilizaron diversos instrumentos enumerados a continuación.

Kbit, Test breve de inteligencia de KAUFMAN diseñado para medir la inteligencia general de los sujetos, formado por dos subtests: Vocabulario ligado a la habilidad verbal e inteligencia cristalizada y Matrices ligada a habilidad no verbal, razonamiento e inteligencia fluida.

Sala de Cajas es un programa de simulación virtual que ha sido implementando en Visual C++ desarrollado para ser utilizado en Windows utilizando la librería OpenGL 3D. Para el diseño y el desarrollo de las técnicas de ordenador se han utilizado conceptos básicos en algoritmos geométricos, técnicas de modelado 3D, algoritmos de visualización y algoritmos básicos de animación, colisión e iluminación. La sala de cajas fue administrada en un ordenador portátil HP 2300-MHZz con 6000MB de RAM y una pantalla de 15'' XGA TFT con una resolución de 1024x768. El movimiento fue controlado utilizando un Joystick Logitech. Los altavoces del ordenador fueron utilizados como señal auditiva para los participantes.

Test FAS que consiste en una prueba de fluidez verbal y semántica, en nuestro caso solo utilizamos Animales en la parte semántica.

Zoo (Versión 1 y 2) el sujeto debe imaginar una visita al zoo en la que deberá visitar las localizaciones requeridas con una serie de reglas, con esta prueba conseguimos medir la planificación de los sujetos a la hora de realizar la tarea.

### **Procedimiento**

Para la realización de la investigación se citó a los sujetos en un despacho en el área de Neurociencias de la Universidad de Almería, concretamente en el despacho de Realidad Virtual. La duración total de todas las pruebas oscilaba entre una hora y treinta minutos

y dos horas. Para ello se utilizó una mesa, donde el sujeto se sentaba enfrente de los investigadores, se creó un clima agradable y de confianza para la realización de las mismas. El orden de administración de las pruebas fue el siguiente: Test Breve de Inteligencia de Kaufman, Tarea de cajas, FAS y Test del Zoo.

### **Prueba de memoria espacial**

Sala de Cajas con la que mediremos la memoria espacial. El entorno virtual consiste en una habitación cuadrada (8 m x 8 m) con 16 cajas repartidas por el suelo la habitación de manera homogénea (cuatro filas de cuatro cajas cada fila). Las paredes de la habitación están adornadas con diferentes estímulos para que puedan diferenciarse (incluyen una puerta, una ventana y algunas pinturas famosas). La tarea se realiza en primera persona por lo que el participante puede moverse hacia todas las direcciones con el joystick excepto andar de espaldas.

Todos los participantes recibieron instrucciones por escrito y se les resolvió todas las dudas que pudieran tener, aunque entendieron las instrucciones sin dificultad. La tarea consiste en ir descubriendo la cajas hasta encontrar las que están premiadas, que siempre están en el mismo lugar. El color original de las cajas es marrón. El participante debe moverse hasta las cajas que cambiarán a color azul, en ese momento podrán decidir si quieren o no abrirlas. Cuando una caja premiada se abre se ilumina de color verde seguida de una melodía agradable, en cambio si la caja no está premiada se ilumina de color rojo y la sigue una melodía desagradable. Las cajas abiertas permanecen del color que han sido abiertas, rojo o verde y las que aún no están abiertas siguen en su color original. Cuando el sujeto encuentra todas las cajas premiadas aparece un mensaje en el que se le comunica que ha terminado el ensayo y empieza uno nuevo. Cuando comienza un nuevo ensayo todas las cajas están cerradas y el participante debe recordar donde estaban las cajas premiadas, es decir las de color verde, e intentar no abrir las cajas no premiadas en el menor tiempo posible. Todos los ensayos tienen una duración máxima de 150 segundos y en cada ensayo el participante tiene un punto de salida distinto de la habitación, pudiendo ser estas el norte, sur, este y oeste. En las instrucciones se les informa a los sujetos que intenten abrir el mínimo posible de cajas no premiadas y que lo haga lo más rápido posible. El número de cajas premiadas (3) es siempre el mismo. Los sujetos tienen 10 ensayos para completar la prueba e intentar aprender donde están las cajas premiadas. La duración de la prueba suele oscilar entre 10 y 15 minutos.



Además, al tratarse de una prueba computarizada, se genera un archivo que incluye información detallada sobre la realización de la prueba por parte de los participantes, el tiempo en encontrar todas las cajas premiadas, la distancia recorrida, el número de errores, el orden de apertura de las cajas y además incluye el camino elegido por los sujetos a la hora de realizar cada ensayo.

### **Pruebas psicológicas**

Test Breve de Inteligencia de Kaufman, es un cuaderno en forma de caballete donde una de los lados apunta al participante donde aparece la prueba a superar y el otro lado apunta hacia el investigador donde aparece la formulación de las preguntas y las respuestas correctas. El cuaderno consta de dos subtest: Vocabulario formado por dos partes (vocabulario y definiciones) y matrices. Cada apartado tiene diferentes reglas de aplicación según edades y diferentes números de láminas 45, 37 y 48 respectivamente. Teniendo en cuenta la edad de nuestros participantes cada subtest empezaba por la prueba 31, 6 y 15 respectivamente.

En la parte de vocabulario el sujeto debe responder el nombre de dibujo simple y estándar. Se trata de objetos cotidianos que deben ser recordados. En el subtest de definiciones el participante obtenía dos pistas: una definición y algunas letras de esa palabra. En esta parte el sujeto solo disponía de 30 segundos por respuesta. Por último, la parte de matrices consistía en una lámina donde el sujeto debía usar su razonamiento inductivo basado en estímulos no verbales, para ello se le mostraban unas imágenes en las que faltaba un elemento que debía completar con otros que se les daba de respuesta. En definiciones y matrices se les daba a todos los sujetos ensayos de ejemplos para que comprendieran el funcionamiento de la prueba.

También contiene una hoja de respuestas donde hay que registrar los datos personales, las respuestas del participante y los aciertos correspondientes. Incluye un apartado de observaciones por si hiciera falta puntualizar alguna incidencia. Las puntuaciones obtenidas en cada test se transforman posteriormente en una puntuación típica que se distribuye en una escala que va desde 40 hasta 160. La media se encuentra en el 100.

Para la aplicación se les hizo una breve introducción a los participantes sobre cómo iba a transcurrir la prueba, después de rellenar los datos personales necesarios para la realización de la misma. Nos situábamos sentados enfrente del participante y disponíamos

el cuaderno entre ambos de manera que no tuviera ningún problema a la hora de visualizar todas las pruebas correspondientes. En primer lugar, los sujetos pasaban por la tarea de Vocabulario, seguida de la tarea de definiciones y por último el subtest de matrices, en todo momento el investigador permanecía neutral sin influir en las respuestas de los participantes. La duración total de la prueba oscila entre 25 y 35 minutos.

Test FAS, para la realización de esta tarea se les dio una explicación verbal a los participantes donde se explicaban las reglas a seguir y en qué consistía la prueba, todos los participantes entendieron las instrucciones sin ninguna dificultad. La prueba consistía en un minuto de tiempo donde tenían que enunciar el máximo de palabras que recordaran y que empezaran por la letra F, A y S exceptuando nombres propios y diminutivos. En la parte de fluidez semántica los sujetos debían nombrar animales, pero esta vez sin ningún tipo de restricción. Las respuestas se recogieron en unas hojas de respuesta preparadas para ello, cada una en su casilla correspondiente. También se utilizó un cronómetro para la realización de esta prueba.

Test del Zoo este test se realizó después de una clara explicación de la tarea de manera escrita y verbal, estando siempre a disposición de los sujetos para resolver dudas. En general la mayoría de sujetos entendían las instrucciones, aunque algunos tuvieron diversas dificultades en una regla concreta. La tarea consiste en simular la visita a un zoo donde los participantes deben visitar las localizaciones explícitamente requeridas sin entrar en el resto de localizaciones. Los participantes deben realizar un único trazo y cumplir las siguientes normas: debían empezar en la entrada y terminar en el picnic, los caminos sombreados podían usarlos tantas veces como quisieran, pero los no sombreados solo una vez y por el paso para camellos solo una vez. Los resultados obtenidos en esta prueba podían ir desde 0 hasta 4. Duración de 10 minutos aproximadamente.

### **Análisis Estadístico**

Para la realización del análisis estadístico se utilizó la aplicación STATISTICA 12. Las variables independientes utilizadas fueron: el grupo (practica baile o no) y sexo. Y se analizaron las variables dependientes que en nuestro caso fueron: número de errores, tiempo por ensayo y la puntuación en los diferentes test psicológicos (puntuación total Kbit, Fas-A, Fas-Animales, Zoo).

En el caso de la Sala de Cajas, los datos se analizaron empleando un ANOVA (Grupo x Sexo x Ensayo) con medidas repetidas en esta última variable. En el caso del resto de pruebas psicológicas se empleó un ANOVA de dos factores (Grupo x Sexo). En el caso de encontrar diferencias significativas se aplicó el test LSD de Fisher. Se trabajó con un valor de significación de  $p < 0.05$ .

## Resultados

### Test K-bit

En el análisis de los niveles de inteligencia general del K-bit se aplicó un ANOVA (Grupo x Sexo). El ANOVA no mostró efecto significativo de la variable Sexo  $F(1,42) = 0,280$   $p = 0,59$ , ni la variable Grupo  $F(1,42) = 0,029$   $p = 0,86$ , ni tampoco la interacción (Grupo x Sexo) resultó significativa  $F(1,42) = 0,16$   $p = 0,68$ . Por lo tanto podemos afirmar no existen diferencias entre los grupos.

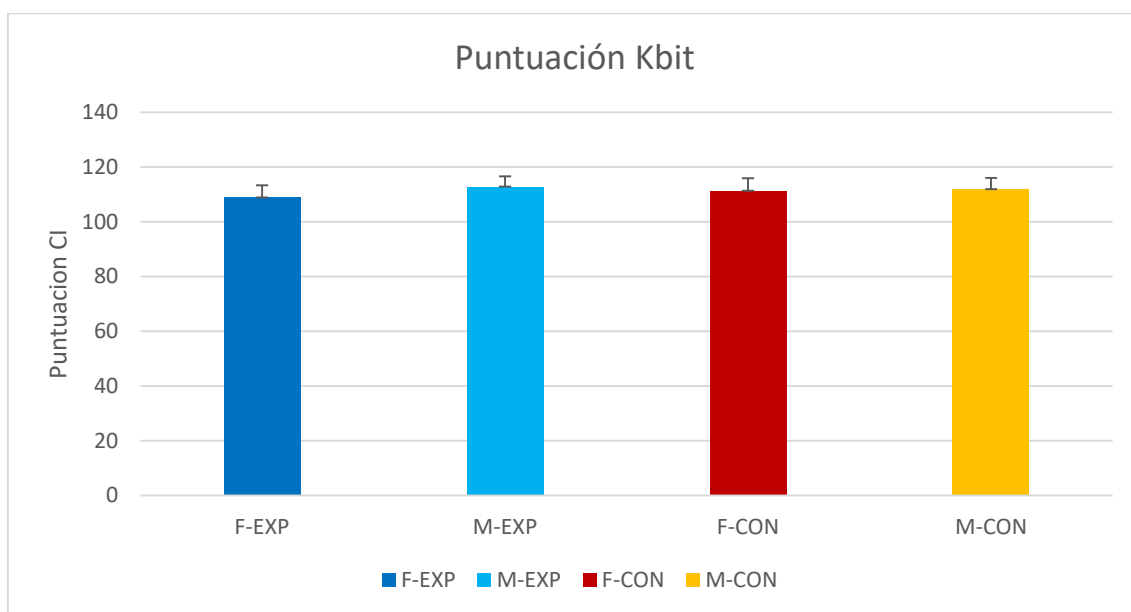


Figura 1. Gráfica de puntuaciones medias de CI de los distintos grupos. Como se puede observar en la gráfica no hay diferencias entre los grupos. F-EXP: Mujeres Grupo Experimental. M-EXP: Hombres Grupo Experimental. F-CON: Mujeres Grupo Control. M-CON: Hombres Grupo Control. Media + SEM.

### Test del Zoo

En el análisis de los resultados del test Zoo se aplicó un ANOVA (Grupo x Sexo). El ANOVA no mostró ningún efecto significativo de la variable Sexo  $F(1,42) = 3,6473$

$p=0,063$ , sí mostró diferencias significativas para la variable Grupo  $F(1,42)=9,77$   $p=0,003$ , no mostró diferencias en la interacción (Grupo x Sexo)  $F(1,42)=3,64$   $p=0,06$ . Se analizaron las medias Grupo baile  $\bar{X}=2,92$  y el Grupo sedentario  $\bar{X}=2,35$  ( $p<0,05$ ), por lo que podemos afirmar que el Grupo de baile realiza mejor la tarea que el Grupo sedentario.

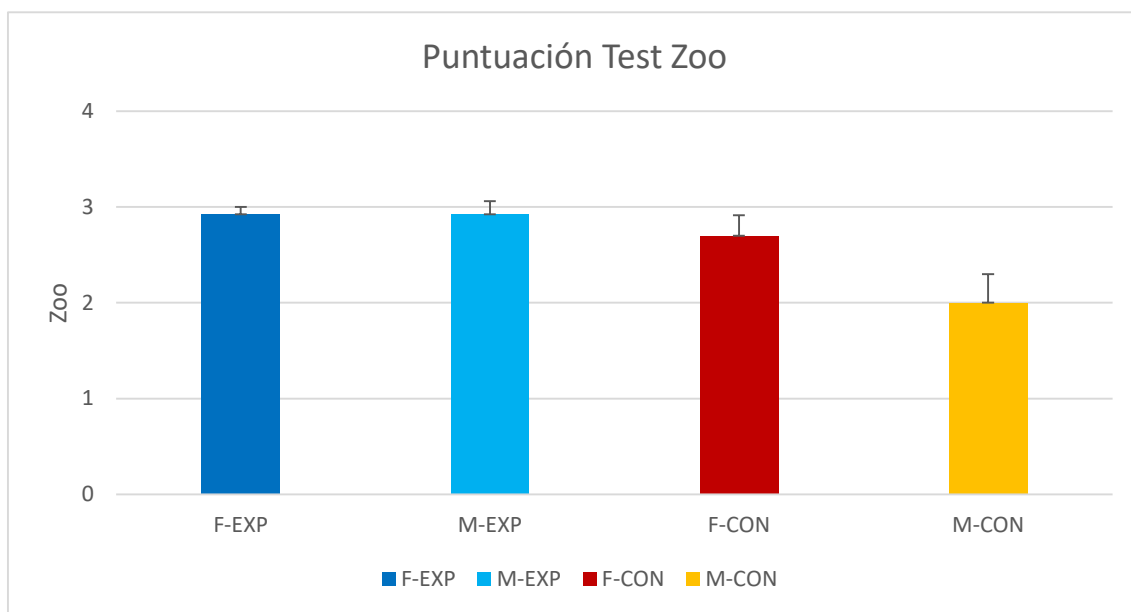


Figura 2. Gráfica de puntuaciones medias en el test Zoo distintos grupos. Como se puede observar en la gráfica existen diferencias entre el Grupo Experimental y el Grupo Control. F-EXP: Mujeres Grupo Experimental. M-EXP: Hombres Grupo Experimental. F-CON: Mujeres Grupo Control. M-CON: Hombres Grupo Control. Media + SEM.

### Test FAS

En el análisis de las puntuaciones del FAS-A se aplicó un ANOVA (Grupo x Sexo). El ANOVA mostró diferencias significativas para la variable Sexo  $F(1,42)=4,60$   $p=0,03$ , no mostró diferencias para la variable Grupo  $F(1,42)=3,67$   $p=0,06$ , ni tampoco para la interacción (Grupo x Sexo)  $F(1,42)=2,58$   $p=0,11$ . Se analizaron las medias de la variable Sexo varones  $\bar{X}=9,51$  y Sexo mujeres  $\bar{X}=11,97$  ( $p<0,05$ ), por lo que podemos afirmar que las mujeres realizan mejor la tarea que los hombres.

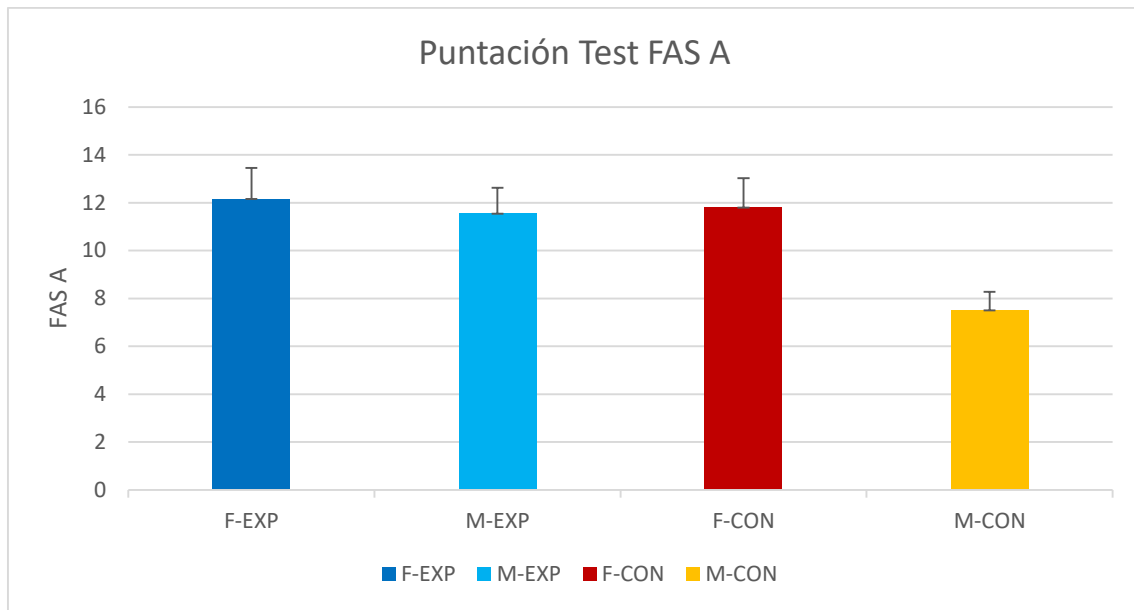


Figura 3. Gráfica de puntuaciones medias de FAS-A de los distintos grupos. Como se puede observar en la gráfica existen diferencias entre los hombres y mujeres. F-EXP: Mujeres Grupo Experimental. M-EXP: Hombres Grupo Experimental. F-CON: Mujeres Grupo Control. M-CON: Hombres Grupo Control. Media + SEM.

También se realizó un análisis de las puntuaciones del FAS Animales aplicando un ANOVA (Grupo x Sexo). El ANOVA no mostró diferencias significativas para la variable Sexo  $F(1,42) = 1,00$   $p=0,32$ , ni la variable Grupo  $F(1,42) = 2,178$   $p=0,14$ , pero la interacción si mostró diferencias significativas (Grupo x Sexo)  $F(1,42) = 10,764$   $p=0,002$ . Se realizó un análisis Fisher LSD Post-hoc donde se encontró que los hombres del Grupo experimental  $\bar{x} = 22,07$  y las mujeres del Grupo control  $\bar{x} = 21,5$  obtuvieron mejores puntuaciones que los hombres del Grupo control  $\bar{x} = 16,3$  ( $p < 0,05$ ).

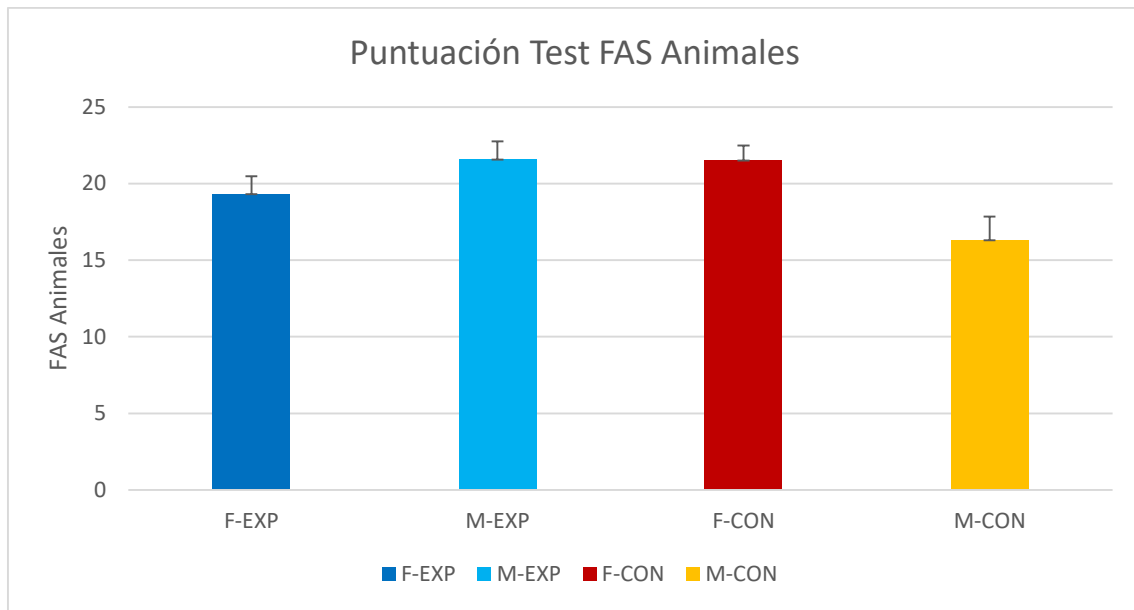


Figura 4. Gráfica de puntuaciones medias de FAS Animales de los distintos grupos. Como se puede observar en la gráfica existen diferencias entre hombres del Grupo Experimental y hombre del Grupo Control y además las mujeres del Grupo Control también lo hacían mejor que los hombres de este mismo. F-EXP: Mujeres Grupo Experimental. M-EXP: Hombres Grupo Experimental. F-CON: Mujeres Grupo Control. M-CON: Hombres Grupo Control. Media + SEM.

### Sala de Cajas.

En el análisis del número de errores de la Sala de cajas se aplicó un (ANOVA Grupo x Sexo x Ensayo, con medidas repetidas en esta última variable). No mostró diferencias significativas para la variable Sexo  $F(1,42) = 0,51$   $p=0,47$ , ni para la variable Grupo  $F(1,42) = 0,004$   $p=0,94$ , pero si se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la variable Ensayo  $F(8,336) = 17,76$   $p=0,00$  y también existen diferencias para la interacción (Grupo x Sexo x Ensayo)  $F(8,336) = 2,42$   $p=0,014$ . Tampoco se encontraron diferencias en el resto de interacciones. Se realizó un análisis Fisher LSD Post-hoc para las variable Ensayo y para la interacción (Grupo x Sexo x Ensayo) que muestran que todos los grupos mejoraban la realización de la prueba cometiendo menos errores a lo largo de los ensayos, pero no mostraba diferencias entre ellos ( $p < 0,05$ ).

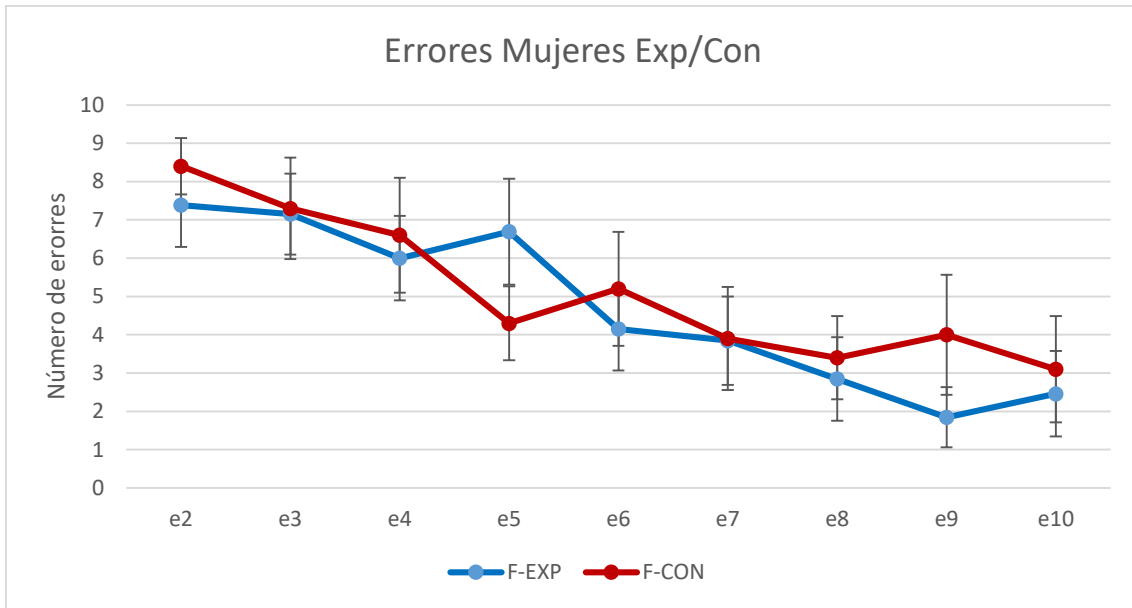


Figura 5. Comparativa de mujeres en grupo Control y Experimental respecto a ERRORES cometidos durante los ensayos. Como se puede observar en la gráfica ambos grupos son iguales y ambos grupos mejoran con los ensayos. El número máximo de error = 13 y el número mínimo= 0. F-EXP: Mujeres Grupo Experimental. F-CON: Mujeres Grupo Ccontrol. Media + SEM.

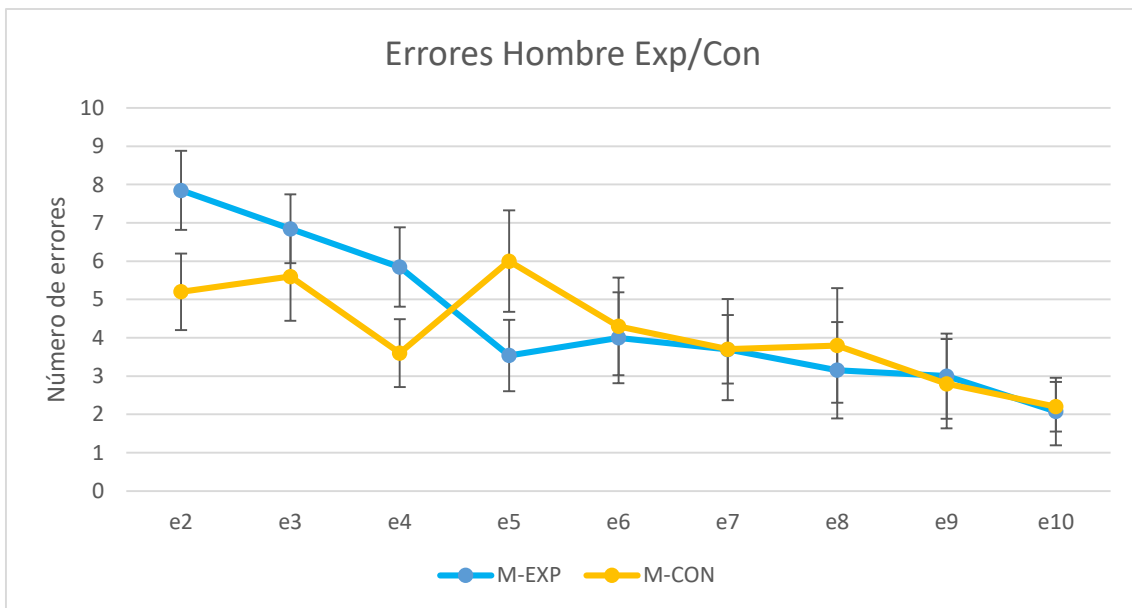


Figura 6. Comparativa de hombres en Grupo Control y Experimental respecto a ERRORES cometidos durante los ensayos. Como se puede observar en la gráfica ambos grupos son iguales y ambos grupos mejoran con los ensayos. El número máximo de error = 13 y el número mínimo= 0.M-EXP: Hombres Grupo Experimental. M-CON: Hombres Grupo Control. Media + SEM.

En el análisis de la latencia en la Sala de cajas también se aplicó un (ANOVA Grupo x Sexo x Ensayo, con medidas repetidas en esta última variable). No mostró diferencias significativas para la variable Sexo  $F(1,42) = 0,11$   $p=0,73$ , ni para la variable Grupo  $F(1,42) = 2,20$   $p=0,14$ , pero si se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la variable Ensayo  $F(8,336) = 13,78$   $p=0,00$ , también existen diferencias para la interacción (Grupo x Sexo)  $F(1,42)= 4,31$   $p=0,04$  y no se encontraron diferencias significativas en la interacción (Grupo x Sexo x Ensayo)  $F(8,336) =0,64$   $p=0,73$ . Tampoco se encontraron diferencias en el resto de interacciones. Se realizó un análisis Fisher LSD Post-hoc para las variable Ensayo y para la interacción Grupo x Sexo que muestran que todos los grupos mejoraban su tiempo de latencia con los ensayos y que los hombres del Grupo Experimental realizaron la tarea más rápido que los hombres del Grupo Control( $p<0,05$ ).

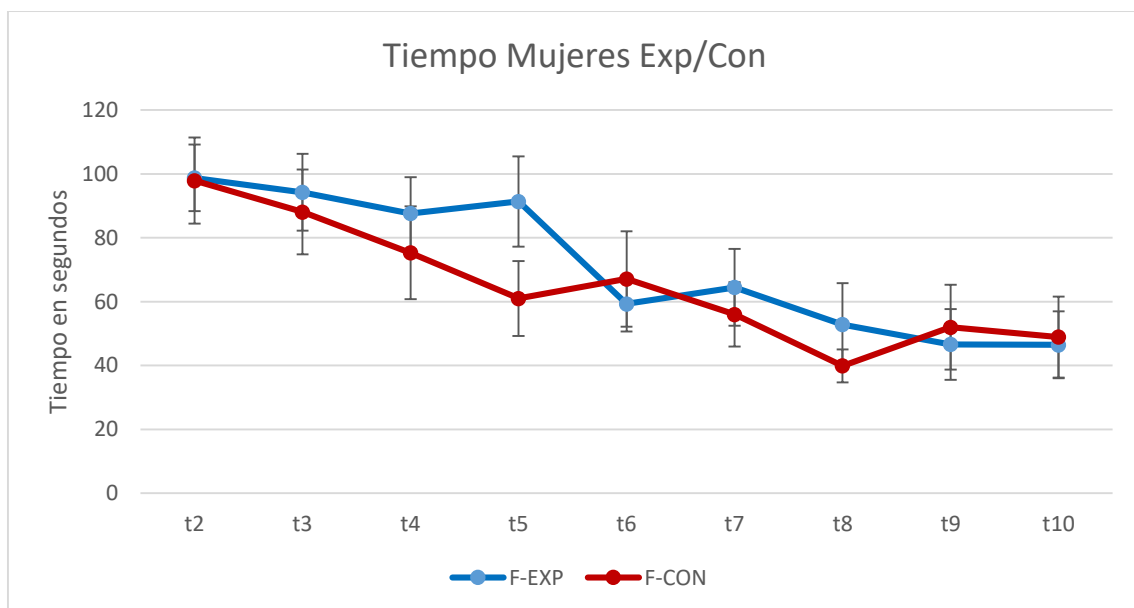


Figura 7. Comparativa de mujeres en Grupo Control y Experimental respecto a TIEMPO utilizado durante el ensayo. Como se puede observar en la gráfica ambos grupos son iguales y ambos grupos mejoran con los ensayos. El tiempo máximo es de 150 segundos. F-EXP: Mujeres Grupo Experimental. F-CON: Mujeres Grupo Control. Media + SEM.



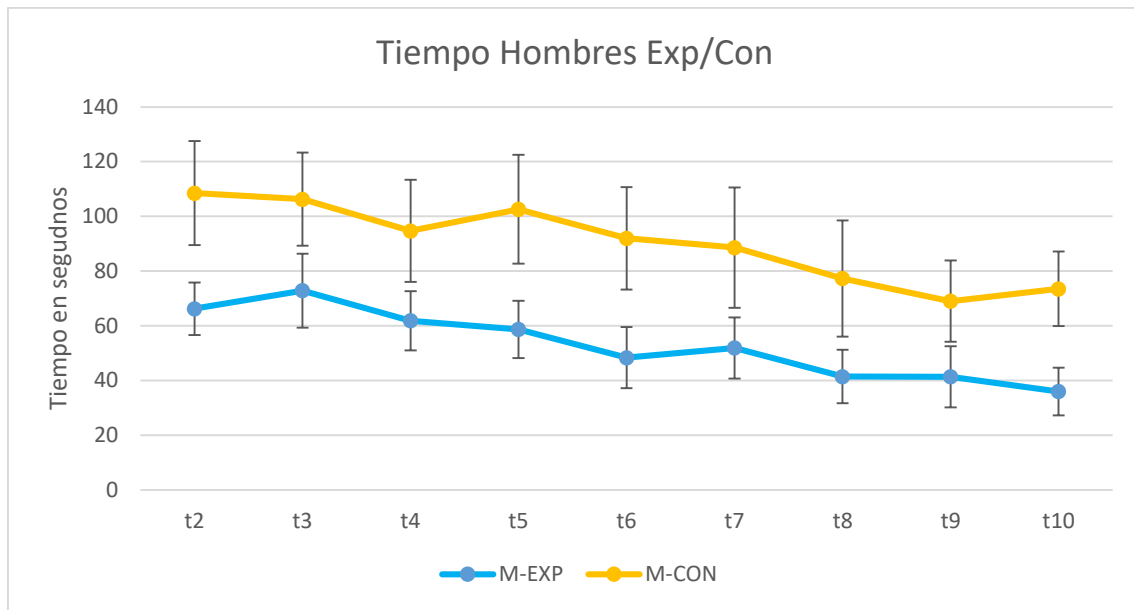


Figura 8. Comparativa de hombres en Grupo Control y Experimental respecto a TIEMPO utilizado durante el ensayo. Como se puede observar en la gráfica existen diferencias significativas entre los dos grupos. Los hombres del Grupo Control tardan más que los hombres del Grupo Experimental. Ambos grupos mejoran con los ensayos. El tiempo máximo es de 150 segundos. M-EXP: Hombres Grupo Experimental. M-CON: Hombres Grupo Control. Media + SEM.

## Discusión

El objetivo principal de la investigación era conocer si el baile tiene una influencia en las funciones cognitivas, concretamente en la memoria espacial y las funciones ejecutivas, afectando positivamente en estructuras cerebrales como el hipocampo y la corteza prefrontal. Para su evaluación se emplearon tareas de memoria espacial basadas en técnicas de realidad virtual y pruebas de evaluación de funciones ejecutivas con participantes que llevaran al menos seis meses practicando baile y con edades comprendidas entre 49 y 70 años y un grupo control que no practicara ningún tipo de actividad física y de edades similares.

Concretamente, se quería estudiar si las memoria espacial y funciones ejecutivas se conservan en mejor estado en sujetos que practican actividades físicas aeróbicas, en este caso el baile, que sujetos que llevan una vida sedentaria.

Existen estudios que investigan la influencia positiva del ejercicio en la memoria espacial en ambos sexos (Erickson et al, 2011; Ten et al, 2015). Han encontrado que la memoria espacial se encuentra en mejor estado en personas que practican ejercicio aeróbico que en personas que no practican ningún tipo de ejercicio. En nuestra investigación también se

ha observado resultados similares, donde los sujetos que practican baile obtienen mejores tiempos de latencia que los sujetos sedentarios.

Además, parece que también se ha visto reducido el dimorfismo que suele haber entre hombres y mujeres en el grupo que practican baile, es posible que el baile sea una variable favorable para reducir este dimorfismo encontrado en otros estudios (Cánovas et al., 2008; Cánovas, León, Serrano, Roldan y Cimadevilla, 2011). Aunque como han demostrado estos estudios es posible que este fenómeno se vea afectado por la dificultad de la tarea, ya que, en dificultades bajas, este dimorfismo no suele aparecer.

Por otra parte, los resultados en las diferentes pruebas psicológicas también demuestran un mejor desempeño por parte del grupo de bailarines, que obtenía mejores puntuaciones en dichas pruebas. En la prueba de planificación y resolución de problemas vemos que los sujetos sedentarios obtenían unos peores resultados que el grupo de bailarines, por lo que podemos afirmar que el grupo de baile conserva mejor sus funciones ejecutivas respecto a esta tarea.

Además, en la prueba de fluidez verbal y fluidez semántica el grupo de bailarines también obtiene mejores resultados que el grupo sedentario y en concreto los hombres del grupo que no practica ninguna actividad física aeróbica, son los que obtienen peores resultados. Estos datos nos revelan que los sujetos que practican baile tendrían en mejor estado las funciones ejecutivas respecto a esta tarea.

Según los datos obtenidos el grupo sedentario ha realizado un peor desempeño en las diversas pruebas utilizadas y en concreto los hombres de este grupo son los que peores puntuaciones han obtenido, por lo que podemos afirmar que los sujetos que realizan actividades físicas aeróbicas conservan una mejor memoria espacial y mejores funciones cognitivas. Además, estos datos van en concordancia con otros muchos estudios realizados anteriormente (Sánchez-Horcajo, Llamas y Cimadevilla, 2015; Erickson et al., 2009; Déry et al., 2013; Ten et al, 2015).

Aun así, nuestro estudio consta de algunas limitaciones. El tamaño de la muestra es limitado, habría que aumentar en número los sujetos para poder encontrar datos más concluyentes, además existe cierta dispersión en las edades de la muestra, por lo que sería interesante obtener una muestra con edades más homogéneas. También habría sido importante encontrar sujetos de una edad más avanzada, donde el cerebro está más

envejecido y por lo tanto los cambios se verían más pronunciados, pero el reclutamiento de participantes ha sido complicado debido a la escasez de sujetos que practicaran baile.

También hay que tener en cuenta que la medida de la actividad de los sujetos ha sido obtenida de manera indirecta, es decir que los sujetos han expuesto el tiempo que llevaban bailando, pero desconocemos la intensidad de la práctica o si está realmente se está obteniendo un beneficio de la actividad. Para ello habría que hacer una medida directa del VO<sub>2</sub> máx. que sería la cantidad de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir en un tiempo determinado. Es decir, una medida directa del consumo máximo de oxígeno o la capacidad aeróbica de los sujetos como se ha realizado en otros estudios de baile (Guidetti et al., 2015).

Aunque algunos de nuestros resultados son modestos, creemos que los datos obtenidos son un buen descubrimiento y siguen la línea de investigaciones realizadas sobre ejercicios aeróbicos. Además, creemos que habría que seguir investigando sobre esta línea, ya que parece ser muy beneficioso para el envejecimiento cerebral, en concreto para la memoria espacial y las funciones ejecutivas, pero también podría ser beneficioso para otras áreas cerebrales. Sería interesante ampliar nuestro estudio teniendo en cuenta las limitaciones encontradas y mejorándolo, es decir esta investigación podría servir de punto de partida para investigaciones futuras sobre el envejecimiento del cerebro y como el baile mejora o conserva la memoria espacial y las funciones ejecutivas.

## **Conclusiones**

Nuestro estudio ha podido revelar que si existen diferencias significativas entre ambos grupos. Según los resultados obtenidos en la Tarea de Cajas los participantes que pertenecen al grupo de baile han obtenido mejores latencias que el grupo sedentario, es decir los sujetos bailarines conseguían superar la prueba de manera más rápida que los sujetos sedentarios. En concreto hay una diferencia pronunciada entre los hombres que practican baile y los hombres que no practican ningún tipo de deporte.

Además, los participantes del grupo de baile han obtenido mejores resultados que los participantes del grupo sedentario en las diferentes pruebas psicológicas. Por lo que podemos afirmar que el baile mejora las funciones ejecutivas y así lo demuestran los datos de las pruebas Test de Zoo y FAS.

Por lo tanto, podemos confirmar que la práctica de baile es beneficiosa para mejorar la memoria espacial y las funciones ejecutivas, aunque nuestros resultados sean más bien modestos tenemos bibliografía para respaldar que la práctica de actividades aeróbicas es beneficiosa para la salud física y mental.

## Referencias

- Andersen P, Morris R, Amaral D, Bliss T y O'Keefe J. (2007). *The Hippocampus Book*. Oxford University Press.
- Antonova, E., Parslow, D., Brammer, M., Simmons, A., Williams, S., Dawson, G. y Morris, R. (2010). Scopolamine disrupts hippocampal activity during allocentric spatial memory in humans: an fMRI study using a virtual reality analogue of the Morris Water Maze. *Journal of Psychopharmacology*, 25, 1256-1265.
- Astur, R., Ortiz, M. y Sutherland, R. (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, 185-190.
- Brinke, L.F, Bolandzadeh, N., Nagamatsu, L.S., Hsu, C., David, J.C., Miran-Khan, K y Liu-Ambrose, T. (2015). Aerobic exercise increases hippocampal volume in older women with probable mild cognitive impairment: a 6-month randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 49, 248-254.
- Burgess, N., Maguire, E.A y O'Keefe, J (2002). The Human Hippocampus and Spatial and Episodic Memory, *Neuron*, 35, 625-641.
- Cánovas, 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.
- Cánovas, R., León, I., Serrano, P., Roldan, M.D. y Cimadevilla, J.M. (2011). Spatial navigation impairment in patients with refractory temporal lobe epilepsy: Evidence from a new virtual reality-based task. *Epilepsy & Behavior*, 22, 364-369.

- Crespo, D. y Fernández, C. (2012). Cambios Cerebrales en el Envejecimiento Normal y Patológico. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 21(1), 21-36.
- Déry, N., Pilgrim, M., Gibala, M., Gillen, J., Wojtowicz, J., Mcqueen, G. y Becker, S.(2013). Adult hippocampal neurogenesis reduces memory interference in humans: opposing effects of aerobic exercise and depression. *Frontiers in Neuroscience*, 7, 66.
- Erickson, K.I., Prakash, R., Voss, M.W., Chaddock, L., Hu, L., Morris, K., White, S.M., Wójcicki, T.R., McAuley, E. y Kramer, A.F. (2009). Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. *Hippocampus*, 19, 1030-1039.
- Erickson, K.I., Voss, M.W., Prakash, R., Basak, C., Szabo A., Chaddock, L., Kim, J.S., Heo, S., Alves, H., White, S.M., Wojcicki, T.R., Mailey, E., Vieira, V.J., Martin, S.A., Pence, B.D., Woods, J.A., MacAuley, E y Krammer, A.F (2011). *Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. Biological Sciences – Neuroscience*, 108(7), 3017-3022.
- Guidetti, L., Buzzachera, C.F., Emerenziani, G.P., Meucci, M., Saavedra, F., Gallota, M. y Baldari, C. (2015). Psychophysiological Responses to Salsa Dance. *PLOS ONE*, 10(4).
- Lutz, W., Warren, S y Scherboy S. (2001). The end of world population growth. *Nature*, 412, 543-545.
- Lutz, W., Warren, S y Scherboy S. (2008). The coming acceleration of global population ageing. *Nature*, 451,716-719.
- Maguire, E. Burgess, N. Donnett, J. Frackowiak, R., Frith, C. y O’Keefe, J. (1998). Knowing where and getting there: A human navigation network. *Science*, 280, 921-924.
- Merom, D., Mathiu, E., Cerin, E., Morton, R.L., Simpson, JM., Rissel, C., Anstey, J., Sherrington, C., Lord, S.R. y Cumming, R. (2016). Social Dancing and Incidence of Falls in Older Adults: A Cluster Randomised Controlled Trial. *PLOS Medicine*, 13(8).

- Moraleda, E. (2009). Estrategias de orientación espacial en niños de dos a diez años: Estudio mediante tareas de navegación de pequeña y gran escala. *Universidad de Sevilla*.
- Morris, R. (1984). Developments of a water-maze procedure for studying spatial learning in the rat. *Journal of Neuroscience Methods*, 11, 47-60.
- Nastoyashchaya, E. y López, L. (2015). Diferencias entre Hombres y Mujeres Jóvenes en Memoria de Trabajo. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 15(2), 35-51.
- O'Keefe, J. y Nadel, L. (1978). The Hippocampus as a Cognitive Map. *Oxford University Press*.
- Otero, A., Victoria, M., Rodríguez A., Aguilar, M.D. y Lázaro, P. (2004). Volumen y tendencias de la dependencia asociada al envejecimiento en la población española. *Revista Española de Salud Pública*, 78(2).
- Rametti, G (2008). Anomalías de la estructura y función del hipocampo en la esquizofrenia en relación a los déficits de memoria declarativa. *Universidad de Barcelona*.
- Román, F. y Sánchez, J.P. (1998). Cambios neuropsicológicos asociados al envejecimiento normal. *Anales de Psicología*, 14(1).
- 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.
- Ten, L.F., Hsu, C.L., Chiu, B., Bolandzadeh, N., Dao, E., Robin, G., Eng, J., Boyd, L., Munkacsy, M., Lee, P., Jacova, C. y Liu-Ambrose, T. (2015). Aerobic exercise increases cortical white matter volume in older adults with vascular cognitive impairment: A 6-month randomized controlled trial. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*, 11, 606.
- Sánchez-Horcajo, R., Llamas, J. y Cimadevilla, J.M. (2015). Practice of Aerobic Sports is Associated with Better Spatial Memory in Adults and Older Men. *Experimental Aging Research*, 41, 193-203.

Sevdalis, V. Y Keller, P. (2011). Captured by motion: Dance, action understanding, and social cognition. *Brain and Cognition*, 77, 231-236.