



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**ACTIVIDAD FÍSICA Y SU RELACIÓN CON LA
MEMORIA DE TRABAJO EN ADULTOS MAYORES**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN PSICOLOGÍA
P R E S E N T A:
M A R I A N A A Y A L A H E R N Á N D E Z

DIRECTORA DE TESIS: DRA. CARMEN SELENE CANSINO

MÉXICO, D.F.

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue establecer si existe una relación entre la frecuencia y el tiempo con que las personas mayores realizaron actividad física y su desempeño en una tarea de memoria de trabajo espacial. Asimismo, comparar el desempeño en una tarea de memoria de trabajo entre adultos mayores que realizan actividad física y los que no la realizan. Participaron 48 adultos mayores que realizaron actividad física de manera habitual y 48 que no realizaron ninguna actividad física. Todos los sujetos tuvieron entre 71 y 80 años de edad y en cada grupo participaron el mismo número de hombres y mujeres. Los adultos mayores asistieron a dos sesiones de trabajo; en la primera de ellas, proporcionaron información acerca del tipo de actividad física que realizaban, y la frecuencia y el tiempo con que la realizaban. Asimismo, en esta sesión se aplicaron pruebas psicométricas y una entrevista para controlar que las personas no tuvieran algún padecimiento neurológico o psiquiátrico. En la segunda sesión, las personas realizaron una tarea de memoria de trabajo espacial. Los resultados mostraron que el tiempo y la frecuencia con que las personas realizaron actividad física no se relacionaron significativamente con el porcentaje de respuestas correctas ni con los tiempos de reacción en la tarea de memoria de trabajo. Del mismo modo, el desempeño en la tarea de memoria no difirió significativamente entre el grupo que realizaba actividad física y el grupo que no la realizaba. En la muestra estudiada, la actividad física que la mayoría de los adultos mayores realizaba era de baja intensidad, como caminar, por ello, los resultados sugieren que el ejercicio de baja demanda física no se asocia a una mayor exactitud o a una mayor velocidad en una tarea de memoria de trabajo espacial.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ANTECEDENTES.....	5
2.1 <i>Envejecimiento y cognición</i>	5
2.2 <i>Memoria de trabajo</i>	7
2.2.1 <i>Modelo de Baddeley</i>	9
2.3 <i>Actividad física y cognición en adultos mayores</i>	14
2.3.1 <i>Estudios conductuales</i>	15
2.3.2 <i>Estudios fisiológicos en humanos</i>	21
2.3.3 <i>Estudios fisiológicos en animales no humanos</i>	24
3. MÉTODO.....	28
3.1 <i>Pregunta de investigación</i>	28
3.2 <i>Hipótesis</i>	28
3.3 <i>Variables</i>	28
3.4 <i>Sujetos</i>	29
3.5 <i>Aparatos</i>	31
3.6 <i>Estímulos</i>	31
3.7 <i>Procedimiento</i>	31
3.7.1 <i>Tarea de Memoria de Trabajo</i>	32
3.8 <i>Análisis de Datos</i>	34
4. RESULTADOS.....	35
5. DISCUSIÓN.....	38
6. CONCLUSIÓN.....	48
7. SUGERENCIAS Y LIMITACIONES.....	49
8. REFERENCIAS.....	51

1. INTRODUCCIÓN

El envejecimiento normal se caracteriza por la presencia de algunos cambios físicos y mentales, cambios que son producto del desgaste natural y del paso del tiempo en el ser humano, los cambios físicos se pueden ver a simple vista en contraste con los cambios mentales. El envejecimiento normal está asociado no sólo a simples cambios, sino también a una amplia variedad de alteraciones en la estructura y la función del cerebro humano, ya que durante el envejecimiento disminuye la eficacia de todas las funciones biológicas del organismo, lo que frecuentemente afecta la salud y la funcionalidad de las personas adultas mayores (*Kramer et al.*, 1999). Sin embargo, durante el envejecimiento las áreas neuronales y los procesos cognoscitivos no se degradan uniformemente, por lo que el estudio del envejecimiento ha dado información sobre las posibles causas estructurales del deterioro cognoscitivo, entre las que se encuentran, las alteraciones en el volumen cerebral producto de la pérdida neuronal y las alteraciones en la estructura de la materia blanca, así como cambios metabólicos y del funcionamiento químico (Tisserand & Jolles, 2003).

Se ha demostrado que durante el envejecimiento disminuyen las funciones cognoscitivas (Bartrés-Faz & Junqué, 2001; Shimamura, 1994), en particular, en pruebas que miden atención (West, 2004), velocidad del procesamiento de la información (Bunce & Birdi, 1998) y respuestas motoras que requieren de movimientos rápidos (Brigman & Cherry, 2002), así como la ejecución en tareas

de memoria (e.g. Bigman and Cherry, 2002; Federmeier, McLennan, De Ochoa & Rutas, 2003; Milham *et al.*, 2001; Oberauer & Kliegl, 2001; Salthouse, 1996).

El presente estudio aborda a la memoria de trabajo (MT) debido a que es uno de los tipos de memoria más afectados durante el proceso de envejecimiento (Brigman & Cherry, 2002; Grady & Fergus, 2000). Este tipo de memoria se refiere a la capacidad de almacenar información y simultáneamente manipularla a corto plazo; juega un importante papel en otros procesos cognoscitivos como la comprensión, el razonamiento, la planeación y el aprendizaje (Baddeley, 1992). La memoria de trabajo de acuerdo con el modelo de Baddeley tiene tres componentes fundamentales: un sistema ejecutivo central y dos subsistemas llamados esclavos, el visoespacial y el fonológico. Además, recientemente se agregó otro elemento, el buffer episódico (Reprovs & Baddeley, 2006).

Conforme aumenta la expectativa de vida del ser humano, se incrementa el interés por mantener la salud, tanto física como psicológica en edad avanzada. Uno de los factores que parece estar relacionado con el mantenimiento y la mejora de las funciones cognoscitivas en los adultos mayores es la actividad física. La influencia del ejercicio sobre los procesos cognoscitivos en los adultos mayores se ha estudiado de diversas maneras. Se ha observado que la realización de actividad física de manera regular se asocia a algunos beneficios en la vida tardía, como al mejor funcionamiento cardiovascular y pulmonar, al decremento y regulación de la presión sanguínea, al incremento de la movilidad y a la mejora del funcionamiento cognoscitivo, incluyendo la memoria (Bunce & Birdi, 1998; Rebok & Plude, 2001).

2. ANTECEDENTES

2.1 Envejecimiento y cognición

Durante el envejecimiento disminuye la eficacia de todas las funciones biológicas del organismo (Uylings, West, Coleman, De Brabander & Flood, 2000), lo que frecuentemente afecta la salud de las personas adultas mayores. Asimismo, la vejez normal está asociada con una amplia variedad de alteraciones en la estructura y la función del cerebro humano (Shimamura, 1994; Tisserand & Jolles, 2003; Uylings, West, Coleman, De Brabander & Flood, 2000). En un estudio realizado por Tisserand & Jolles (2003), en el que evaluaron investigaciones referentes a los cambios cerebrales, tanto funcionales como estructurales en adultos mayores, se mencionó que el envejecimiento humano es acompañado por una reducción en el volumen cerebral. Recientemente se pensó que esta atrofia era consecuencia de la pérdida neuronal. Sin embargo, con la ayuda de herramientas más modernas se sabe que la reducción en el número total de neuronas es sólo leve y la atrofia puede deberse más a la constricción, regresión dendrítica y a la reducción de la densidad sináptica (Tisserand & Jolles, 2003). Otra característica que se ha notado en las imágenes cerebrales de las personas en edad avanzada es el incremento de las lesiones en la materia blanca, pequeños daños focalizados, se piensa que estas lesiones en la materia blanca pueden ocurrir conjuntamente con la atrofia de la materia gris (Bartrés-Faz & Junqué, 2001; Tisserand & Jolles, 2003). Las asociaciones entre la severidad de las lesiones en la materia blanca y el deterioro cognoscitivo son más evidentes en

pruebas que miden atención y velocidad de procesamiento (West, 2004), ya que el deterioro de la materia blanca o mielina afecta la transmisión neuronal. La reducción del volumen de la materia gris es mayor en los lóbulos frontales, estriado y tálamo, estructuras involucradas en el circuito frontal-estriado-talámico, el cual participa en varios procesos cognoscitivos.

Del mismo modo, durante la vejez normal se observa que en comparación con adultos jóvenes, los adultos mayores experimentan deficiencias en diversas funciones cognoscitivas como la memoria (Federmeier, McLennan, De Ochoa & Rutas, 2003; Grady & Fergus, 2000), la atención (Milham *et al.*, 2001) y en respuestas motoras que requieren de movimientos rápidos, tales como los tiempos de reacción en tareas mentales o en las que se procesa información (Bunce & Birdi, 1998). En estas circunstancias se ha observado que los tiempos de reacción se incrementan significativamente conforme aumenta la edad, sobretodo cuando incrementa la complejidad de la tarea, lo anterior es un indicador de que durante la vejez ocurre un procesamiento más lento de la información (Bunce & Birdi, 1998; McEvoy, Pellouchoud, Smith & Gevins, 2001), por lo cual el aprendizaje es más lento en adultos mayores (Brigman & Cherry, 2002).

Conforme la expectativa de vida de los seres humanos ha aumentado en los últimos años, existe mayor interés en mantener la salud biológica y psicológica de los individuos, a fin de garantizar que tengan una adecuada calidad de vida durante la vejez. Con este propósito, se ha intentado mejorar el desempeño de las personas mayores en tareas cognoscitivas de diferente índole (Colcombe *et al.*,

2003; Dustman *et al.*, 1990). En algunas de ellas, incluso se ha observado que los adultos mayores se benefician igual que los adultos jóvenes cuando se les proporciona un entrenamiento formal en diferentes habilidades cognitivas. Además, se ha observado que frecuentemente, los efectos benéficos de estas intervenciones se transfieren a otras tareas no empleadas en el entrenamiento formal (Colcombe *et al.*, 2003).

2.2 Memoria de Trabajo

En la actualidad sabemos que la memoria humana no es unitaria, está compuesta de un número de sistemas que son definidos principalmente por el tiempo que almacenan la información, la cantidad de información que puede ser almacenada, la forma en la que se almacena tal información y las funciones cognitivas a las cuales sirve el almacén (Jonides *et al.*, 1996).

La memoria de trabajo según Reprovs & Baddeley (2006) es un sistema distribuido con un conjunto de procesos independientes que se comunican entre ellos, es un sistema común que es limitado en capacidad y opera a través de un rango de tareas que implican diferentes códigos de procesamiento y diferentes modalidades de información de entrada.

Baddeley y Hitch (1974, citado en Jonides *et al.*, 1996) sugirieron que la memoria de trabajo (MT) en sí misma puede estar compuesta de un número de subsistemas de almacenamiento para diferentes tipos de información, que incluye

no solamente un almacén de información a corto plazo, sino también el procesamiento de operaciones mentales, las cuales hacen uso de tal información, los subsistemas difieren uno del otro en el tipo de información que ellos procesan pero están relacionados entre ellos debido a su capacidad limitada, duración limitada, frecuente actualización y renovación de información además de el uso operaciones mentales de alto grado. Logie (2003) mencionó que la memoria de trabajo también comprende la activación de información almacenada, basada en el conocimiento que es derivado de la experiencia previa. La memoria de trabajo es el medio por el cual los seres humanos mantienen, manipulan y reinterpretan, en un momento, información que es requerida para la ejecución exitosa de un conjunto de tareas mentales, desde el razonamiento y la solución de problemas hasta la planeación de una ruta. La memoria de trabajo también tiene un papel importante en la adquisición del conocimiento nuevo y en la recuperación de conocimiento adquirido previamente (Baddeley, 2002).

Para Baddeley (1992) el concepto memoria de trabajo propone la existencia de un sistema que mantiene y almacena información a corto plazo y que simultáneamente la manipula. Este tipo de memoria subyace al pensamiento humano y proporciona una interfase entre la percepción, la memoria a largo plazo y la acción; además de jugar un papel importante en diversos procesos incluyendo la comprensión, el razonamiento, la planeación, el control de la atención, el aprendizaje y otras tareas que requieren del procesamiento de la información en línea, como el cálculo matemático o procesamiento algorítmico (Brigman & Cherry, 2002). De hecho, la fuerte relación entre medidas complejas de capacidad

memoria y habilidades cognoscitivas ha llevado a los investigadores a proponer que la capacidad de MT puede ser un sostén crucial (o por lo menos un componente importante) en la inteligencia concebida desde el punto de vista de la psicometría o particularmente sus aspectos fluidos (Miyake, Friedman, Rettinger, Shah & Hegaty, 2001)

2.2.1 Modelo de Baddeley

Baddeley (2000) describió que el término memoria de trabajo fue introducido por Mller, Galanter y Pribram (1960), y posteriormente fue adoptado por Baddeley y Hitch (1974) para puntualizar las diferencias entre su modelo de tres componentes y los modelos unitarios de memoria a corto plazo (MCP).

Hasta hace poco el modelo de la memoria de trabajo incluía un sistema central ejecutivo y dos subsistemas de almacenamiento: el bucle fonológico y la agenda viso-espacial (Baddeley, 1992; Baddeley, 2003). Recientemente se ha agregado un componente más, el buffer episódico (Reprovs & Baddeley, 2006). El primero de estos sistemas, el central ejecutivo, es responsable tanto de coordinar los sistemas esclavos y ofrecer la conexión entre éstos y la memoria a largo plazo (MLP), de la selección y planeación de las estrategias así como de la manipulación de la información. Asimismo, este sistema supervisa la atención en la memoria de trabajo, ya que focaliza la atención y hace los cambios de un foco a otro, es decir, divide la atención entre tareas concurrentes y hace el cambio entre

ellas. Además, este sistema depende principalmente de la operación de los lóbulos frontales.

El bucle fonológico es el más estudiado de los cuatro componentes y se divide en dos subcomponentes: un sistema de almacenamiento temporal en el cual se almacena información acústica o basada en huellas o trazos de memoria que se borran en dos o tres segundos, a menos que esta información sea actualizada y mantenida mediante la constante repetición (Baddeley, 1996). Este almacén de información está acoplado con un segundo subcomponente, el proceso central articulatorio subvocal, que se encarga de la reactivación de los trazos de memoria de manera indefinida a través del continuo ensayo o repetición subvocal de la información. Sin embargo, a medida que la cantidad de información incrementa llega un punto en el cual el primer ítem se ha borrado de la memoria antes que el último ítem haya sido procesado, debido a la capacidad limitada de la memoria de trabajo. Dentro de este sistema ocurre un efecto de similitud fonológica, el cual se refiere a que secuencias fonológicas similares tales como las letras b, c, g, d y p son más propensas al error, ya que los ítems tienen menos rasgos fonológicos distinguibles, haciéndolos más vulnerables al olvido. Por otra parte, el proceso de ensayo subvocal se ve reflejado en el efecto producido por la longitud de las palabras. Las palabras largas son más resistentes al recuerdo que una secuencia de cinco palabras monosilábicas. Esto se debe a que las palabras largas conllevan mayor tiempo de articulación subvocal por lo que son repasadas con menor frecuencia y por lo tanto, tiene mayor probabilidad de ser olvidadas (Baddeley, 2006).

La agenda viso-espacial mantiene y manipula información visual y espacial, es decir información relacionada con la forma, el color y la localización del estímulo. Reprövs y Baddeley (2006) menciona que la memoria de trabajo viso-espacial no es un sistema unitario sino que está constituido por dos subsistemas, uno espacial y otro visual. Cada uno de ellos con su propio almacén y procesos de mantenimiento, manipulación y representación de la información de manera pasiva e independiente. Asimismo, existen mecanismos de mantenimiento en estos subsistemas que son independientes del control ejecutivo. Sólo la manipulación de la información en estos subsistemas comparte recursos con el central ejecutivo. Ambos subsistemas están estrechamente relacionados a la atención visual. La representación en el subsistema visual está basada en la retención independiente y paralela de un pequeño número de rasgos básicos y distintivos, como color, forma y orientación. Los rasgos individuales son posteriormente integrados para representar al objeto. La codificación de información en la memoria visual se ve afectada por la experiencia previa (Reprövs & Baddeley, 2006) (Figura 1).

El buffer episódico es la última adición al modelo multicomponencial de la memoria de trabajo (Baddeley, 2003). Representa un sistema de almacenamiento separado de capacidad limitada que utiliza un código multimodal. Es episódico por la característica de sostener información de la memoria de trabajo y de la memoria a largo plazo dentro de estructuras complejas coherentes, como es el caso de una escena o un episodio. Es el puente que sirve como intermediario entre los subsistemas con diferentes códigos ya que los combina dentro de representaciones multidimensionales. La integración y mantenimiento de la

información dentro del buffer depende del ejecutivo central. El recuerdo de la información es consciente, lo cual, obliga a juntar información proveniente de múltiples fuentes y modalidades. Sin embargo, la propuesta de este nuevo componente aún no cuenta con suficiente evidencia empírica (Reprovs & Baddeley 2006).

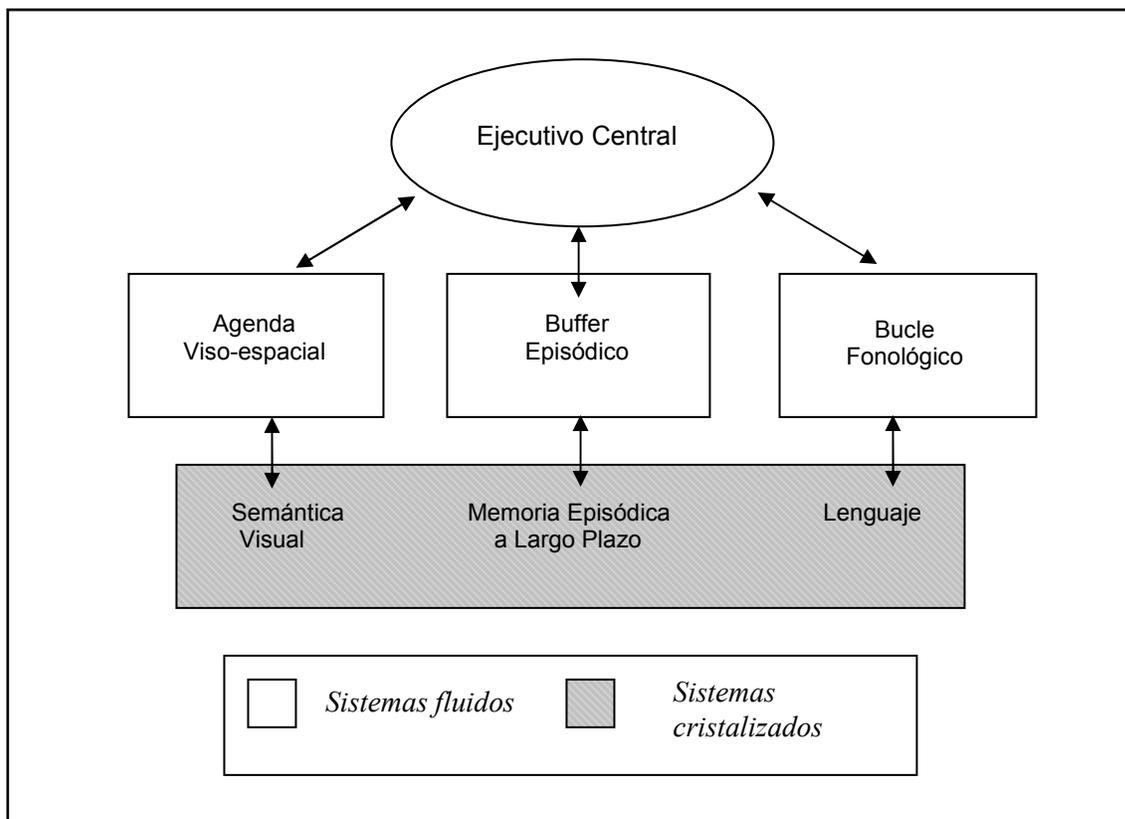


Figura 1. Modelo de la memoria de trabajo (Baddeley, 2003). El buffer episódico es un sistema de almacenamiento temporal que permite que la información de los otros subsistemas sea combinada dentro de bloques integrados de información provenientes de la memoria a largo plazo. El área oscura resalta los sistemas de conocimiento cristalizado o de la memoria a largo plazo.

El desarrollo de la memoria de trabajo como concepto unitario de memoria a corto plazo, así como un sistema de memoria formado por varios componentes, ha mostrado ser extremadamente fructífero tanto en la investigación como en la

teoría. La memoria de trabajo provee una interfase crucial entre la percepción, la atención, la MLP y la acción (Baddeley, 1996).

Se ha observado que los adultos mayores tienen un menor desempeño que los adultos jóvenes en tareas que requieren de un alto grado de capacidad de memoria de trabajo (Grady & Fergus, 2000). La investigación en diferentes poblaciones ha demostrado que la capacidad de la memoria de trabajo es crucial para la realización de un amplio rango de tareas de razonamiento. Mediante algunos estudios (Jennings, Van de Veen & Meltzer, 2006; Nyberg *et al.*, 2003) se logrado identificar algunas de las regiones cerebrales asociadas a la realización de diversas tareas de memoria de trabajo como son la corteza prefrontal y la corteza parietal posterior, la corteza frontopolar, la corteza prefrontal dorsolateral izquierda y la corteza del cíngulo.

Phillips, Gilhooy, Logie y Wynn (2003) realizaron un estudio con personas adultas mayores y adultas jóvenes en el que exploraron a la memoria de trabajo de acuerdo al modelo de Baddeley arriba descrito. Los autores evaluaron al componente del ejecutivo central mediante una tarea ejecutiva (tarea de la torre de Londres) y observaron que los adultos mayores mostraron más errores y más interferencia por estímulos ambientales que los adultos jóvenes, así como un menor desempeño. Por su parte, Hallal y Zarabozo (2003) evaluaron sólo a mujeres, jóvenes y mayores, y reportaron que las mujeres en ambos grupos con mejor desempeño en una tarea de memoria de trabajo se caracterizaban por tener un elevado nivel de educación y por realizar mayor actividad laboral.

Mayerson, Hale, Rhee & Jenkins (1999) compararon la memoria de trabajo verbal y espacial de adultos jóvenes y adultos mayores, demostrando que la relación entre la edad y el declive en la memoria de trabajo espacial es mayor que en la memoria de trabajo verbal. Aunque se observó que los adultos mayores fallaron más que los adultos jóvenes tanto en memoria verbal como memoria de trabajo espacial, las diferencias de edad fueron particularmente pronunciadas en condiciones donde la primera tarea fue recordar localizaciones, es decir en memoria de trabajo espacial.

2.3 Actividad física y cognición en adultos mayores

La preocupación por la disminución de las habilidades cognoscitivas asociada con la edad, especialmente la memoria, ha dado lugar al estudio de los posibles factores que permitan lentificar el declive cognoscitivo, uno de estos factores es la actividad física.

Se ha observado que la actividad física puede moderar la influencia de la edad sobre el funcionamiento cognoscitivo, desde la realización de tareas de tiempos de reacción (Bunce, 2001), hasta tareas que requieren de mayor demanda cognitiva (Brigman & Cherry, 2002). Chodzco-Zajko & Moore (1994) sugieren que la actividad física puede tener una mayor influencia durante procesos cognitivos controlados, es decir, que impliquen un alto grado de novedad y menos en aquellos que se vuelven automatizados. Bunce y Birdi (1998) encontraron que la gente mayor suele ser menos activa, con una menor velocidad motora, con tiempos

de reacción más lentos, ellos observaron también que los beneficios de una buena condición física (evaluada mediante masa corporal, grasa corporal, volumen espiratorio forzado y la capacidad vital) son más notorios en tareas de mayor complejidad o mayor demanda.

La influencia del ejercicio sobre los procesos cognoscitivos en adultos mayores se ha estudiado de diversas maneras: mediante estudios conductuales en los que los sujetos son sometidos a programas de ejercicio para examinar si éste repercute en sus funciones cognoscitivas; mediante estudios fisiológicos en humanos en los que se analiza la actividad neurofisiológica antes y después de que los sujetos realizan actividad física; y mediante investigaciones con animales de laboratorio, generalmente con técnicas invasivas.

2.3.1 Estudios conductuales

Los hallazgos de los estudios que han explorado el impacto de realizar actividad física demuestran que existe una relación significativa entre puntuaciones altas en medidas cognoscitivas y altos niveles de actividad física llevada a cabo regularmente y a largo plazo (Baylor & Spiduso, 1998; Chodzko-Zajko & Moore, 1994; Rebok & Plude, 2001; Weuve, Kang, Manson & Breteler, 2004). El incremento de la actividad a través del ejercicio regular ha sido asociado a varios beneficios en la vida tardía, incluyendo mejora cardiovascular y pulmonar, decremento de la presión sanguínea, incremento de la movilidad, además de mejora en el funcionamiento cognoscitivo, incluyendo a la memoria (Rebok &

Plude, 2001). En especial, se ha observado que el efecto de la actividad física en la prevención del decline cognoscitivo es más pronunciado en las mujeres que en los hombres (Baylor & Spiduso, 1998; Hassmen, Ceci & Backman, 1992).

Dustman *et al.* (1990) realizaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar los efectos de un programa de entrenamiento de ejercicio aeróbico sobre el funcionamiento cerebral de personas adultas mayores de 55 a 70 años que antes del programa fueron sedentarias, compararon a tres grupos el primero que se sometió al programa de ejercicio aeróbico, el segundo que realizó sólo ejercicios de flexibilidad y fuerza, y el tercer grupo que no participó en la realización de ejercicio. El programa de ejercicio aeróbico al que fueron sometidas las personas consistió en trotar en una caminadora a una velocidad constante de 67 metros/minuto y con aumento de la inclinación de 1% cada minuto hasta que se registró el esfuerzo máximo. Los sujetos se sometieron al programa tres veces a la semana durante cuatro meses, se utilizó un sistema de calorimetría para medir la ventilación y el consumo máximo de oxígeno por minuto ($VO_2 \text{ max}$). En cuanto a las medidas neuropsicológicas que se obtuvieron, se encuentran la ejecución intelectual medida mediante una prueba de lápiz y papel denominada *Culture Fair*; retención de dígitos, la cual arroja una medida de memoria inmediata; memoria de trabajo obtenida mediante la subescala de Dígitos y Símbolos del WAIS, en la cual se les pide a los sujetos que combinen números con símbolos apropiados de acuerdo a una clave y que los coloquen debajo de los números; una tarea de estimación de puntos, en la cual a los sujetos se les da una lámina con puntos y tienen que calcular el número de puntos que consideren estén contenidos; tiempo de reacción

medido mediante una tarea de elección simple y finalmente para medir interferencia e inhibición utilizaron la prueba de *Stroop*. Los resultados a los que llegaron es que el entrenamiento en ejercicio aeróbico se asoció a una mejora significativa en la mayoría de las medidas neuropsicológicas. El grupo que fue entrenado con ejercicio aeróbico demostró una mejora significativa en las pruebas de dígitos y símbolos, estimación de puntos, tiempo de reacción simple, la prueba de *Stroop* y en retención de dígitos. Estos resultados indican, en función de lo que miden las pruebas, que la ejecución de los sujetos que recibieron el tratamiento aeróbico por cuatro meses mejoró en memoria, cálculo, tiempo de reacción y atención. También se observó en el análisis que se realizó con una medida general de cognición que el grupo que realizó ejercicio aeróbico tuvo un desempeño mayor que los otros dos grupos; mientras que el grupo que llevó a cabo ejercicio anaeróbico tuvo, a su vez, un mayor desempeño cognoscitivo que el grupo que no participó en ninguna de las dos condiciones de ejercicio. Una limitante de este estudio es que sólo participaron 13 sujetos en cada grupo.

En un estudio longitudinal, Hill, Storandt y Malley (1993) examinaron los efectos de un programa de entrenamiento intensivo de ejercicio, con una duración de nueve a 12 meses, sobre el funcionamiento cognoscitivo general y sobre medidas de estado de ánimo de 87 adultos mayores sedentarios. El programa consistió en realizar un régimen de ejercicio basado en el nivel inicial de capacidad aeróbica determinada como $VO_2 \text{ max}$, máxima carga de oxígeno que nuestro organismo puede transportar en un minuto. Entre mayor es el VO_2 mayor es la capacidad cardiovascular, es decir, el consumo máximo de oxígeno de una persona. El

entrenamiento se llevó a cabo en dos fases: la primera duró dos meses y consistió en un entrenamiento de flexibilidad, que incluyó ejercicios de calentamiento y de fuerza con la finalidad de preparar al individuo para pasar a la fase de ejercicio aeróbico, la cual consistió en correr sobre una caminadora de tres a cinco veces por semana durante sesiones de 50 minutos. Las pruebas que estos autores emplearon para medir el funcionamiento cognoscitivo fueron la Subescala de Memoria del Wechsler, que mide memoria lógica y requiere que los sujetos recuerden detalles de una historia inmediatamente después de su presentación, la Subescala de Dígitos y Símbolos de Wechsler (1981), que mide memoria de trabajo (MT) y atención, una prueba para evaluar inhibición e interferencia (prueba de *Stroop*), y una tarea para medir orientación perceptual y velocidad psicomotora. Los resultados indicaron que el ejercicio no condujo a mejoras en el funcionamiento cognoscitivo de adultos mayores en la post-prueba de estas medidas después de controlar la variación de la línea base. El $VO_2 \text{ max}$ se correlacionó ligeramente con la tarea de velocidad psicomotora; sin embargo no fue así para el cambio en $VO_2 \text{ max}$ resultante al final del programa de ejercicio y no se encontró correlación para esta tarea. Es decir, el aumento en la capacidad aeróbica de la persona a lo largo de un año no se asoció a una mayor velocidad psicomotora. Sin embargo, el grupo control mostró un marcado y significativo decline en la ejecución de la prueba de memoria de trabajo comparado con el no decline en esa misma prueba del grupo que realizó el programa de ejercicio.

Kramer *et al.* (1999) realizaron un estudio con 124 adultos mayores entre 60 y 75 años de edad que fueron asignados a dos grupos de ejercicio, uno que recibió

condicionamiento aeróbico y otro condicionamiento anaeróbico de flexibilidad y fuerza durante un periodo de seis meses. Los autores partieron del supuesto de que durante el envejecimiento, las áreas que sufren deterioro relacionado a la edad son principalmente frontales y prefrontales, por lo que las funciones que presentan disminuciones son aquellas que dependen de estas áreas como la planeación, programación, inhibición y memoria de trabajo. Emplearon una tarea en la que miden el tiempo de reacción entre el cambio entre tareas y entre la misma tarea, una tarea de compatibilidad de la respuesta en la que se compara el tiempo de reacción entre la respuesta compatible y la incompatible y una tarea que mide la habilidad para detener una acción preprogramada en la que se mide el tiempo de reacción entre la acción preprogramada y la nueva. Los resultados de este estudio revelaron que los sujetos del grupo que realizó ejercicio aeróbico tuvieron significativamente un mayor desempeño en las tres tareas en comparación con el grupo que realizó ejercicio anaeróbico.

En otro estudio longitudinal realizado por Barnes, Yaffe, Satariano y Tager (2003) se intentó determinar si las medidas cardiorrespiratorias obtenidas en adultos mayores de 59 a 88 años de edad se asociaban al funcionamiento cognoscitivo de estos sujetos evaluado 6 años después. Las medidas cardiorrespiratorias se obtuvieron mediante un examen físico, una prueba de ejercicio para obtener el consumo máximo de oxígeno, definido como la duración en minutos del tiempo que la persona podía permanecer realizando la prueba, y una medición de extracción de oxígeno por unidad de ventilación, obtenida mediante un espirómetro, altos niveles en esta prueba indican mejor capacidad respiratoria. Las

pruebas cognoscitivas que utilizaron fueron el Examen de Mini-mental de Folstein para evaluar estado mental; el *Trial Making Test* para obtener funcionamiento ejecutivo, que se refiere a la habilidad para planear y realizar acciones encaminadas a metas; la prueba de *Stroop* para medir interferencia; el test de Dígitos y Símbolos; el test de Aprendizaje Verbal California para medir memoria verbal, que consiste en aprender una lista de 16 palabras en cinco ensayos y en mencionar las palabras que recuerden después de una breve interferencia y de 20 minutos; y una prueba de fluidez verbal en la que los sujetos deben mencionar el número máximo de animales que comiencen con la letra S en un minuto. Los resultados mostraron que las medidas cardiorrespiratorias se asociaron positivamente con la preservación o mantenimiento del funcionamiento cognoscitivo 6 años después. Las personas con una mayor capacidad cardiorrespiratoria experimentaron menor deterioro cognoscitivo a lo largo de 6 años, ya que resolvieron mejor las pruebas cognoscitivas aplicadas 6 años después. Los hallazgos sugieren que niveles mayores de capacidad cardiorrespiratoria pueden ayudar a proteger la disminución cognoscitiva propia de la vejez. Estos autores sólo mencionaron la influencia de sus medidas cardiorrespiratorias sobre una medida cognoscitiva general, y no proporcionaron información sobre la relación entre estas medidas y las pruebas específicas, por lo que no es posible conocer si éstas se asociaron con el desempeño de los sujetos en las tareas de memoria o específicamente en la memoria de trabajo.

Un año después, en el 2004, Weuve *et al.*, reportan los resultados de un estudio longitudinal, en el cual el objetivo fue describir la intensidad de la actividad

requerida para preservar el funcionamiento cognoscitivo, a diferencia de otros estudios, estos autores introducen un análisis que toma en cuenta la actividad física de caminar, ya que ésta es una de las actividades que más realizan los adultos mayores. Los autores obtuvieron sus datos a través de una entrevista telefónica llevada a cabo cada 2 años. Participaron 16,353 sujetos mujeres y evaluaron diferentes funciones cognoscitivas y aplicaron un cuestionario de actividades físicas a las que les asignaban un valor metabólico (MET) de acuerdo a la intensidad de la actividad. Encontraron que la actividad física que realizaron las personas durante la vejez se asoció con un mejor desempeño en tareas que evaluaban procesos ejecutivos y a un menor índice de deterioro cognoscitivo.

2.3.2 Estudios fisiológicos en humanos

En un estudio realizado por Hillman *et al.* (2004) se examinó en adultos jóvenes y mayores la relación entre la actividad física baja, moderada y alta, y el control de procesos ejecutivos mediante la técnica de Potenciales Relacionados a Eventos (PRE). Los resultados revelaron que la actividad física puede influir en la actividad electrofisiológica. Los autores observaron que los sujetos que mantenían niveles de actividad moderada o alta, independientemente de su edad, mostraron una amplitud mayor del componente P300 que los adultos jóvenes o mayores que realizaban poca actividad física. El componente P300 fue registrado durante una tarea que mide procesos ejecutivos, la tarea de los Flancos de Ericksen. Este componente es de polaridad positiva, con latencia aproximada de 300 ms postestímulo y predominante en derivaciones frontales. Otro hallazgo relevante fue

que en los adultos mayores poco activos se observaron mayores latencias del componente P300, seguido por los adultos mayores moderadamente activos, los adultos mayores altamente activos y los sujetos jóvenes, quienes presentaron menores latencias del componente P300, independientemente de su nivel de actividad física. De acuerdo a los autores de este estudio, la amplitud del componente P300 refleja la representación neuronal de la información que resulta relevante para resolver una tarea, y su amplitud es proporcional a la cantidad de recursos de atención empleados por el sujeto: entre mayor es la atención mayor es la amplitud de este componente; mientras que su latencia refleja el tiempo empleado por el sujeto para procesar la información.

Por su parte, Colcombe *et al.* (2004) realizaron un experimento con la misma tarea cognoscitiva empleada en el estudio de Hillman *et al.* (2004), la de los Flancos de Ericksen para medir procesos ejecutivos. En el estudio de Colcombe y colaboradores se empleó la técnica de Resonancia Magnética Funcional (RMf). En su estudio participaron tres grupos de adultos mayores: sujetos altamente funcionales y activos que tenían una mayor capacidad de oxigenación debido a que realizaban ejercicios aeróbicos regularmente, sujetos moderadamente activos que caminaban de 40 a 45 minutos por día de manera habitual y sujetos que no realizaban actividad física. Los resultados demostraron que los grupos de sujetos altamente funcionales y moderadamente activos tuvieron menores tiempos de reacción (RT) y un mejor desempeño en la tarea que los sujetos poco activos. Asimismo, se observó en los sujetos altamente funcionales una mayor actividad cerebral en regiones de la corteza prefrontal y parietal que en los otros dos grupos

de sujetos. Estas regiones están involucradas en procesos ejecutivos como son la selección de información relevante y la inhibición de información irrelevante para solucionar una tarea. Del mismo modo, se observó en el grupo altamente funcional comparado con los otros dos grupos, mayor activación en la corteza cingulada anterior, región que de acuerdo a los autores de este estudio, interviene en la regulación de procesos de atención. Los autores sugieren que el buen funcionamiento cardiovascular puede beneficiar la plasticidad del cerebro humano y amortiguar el deterioro biológico y cognoscitivo asociado al envejecimiento.

Un estudio que merece ser mencionado es el de Colcombe *et al.* (2006) debido a que observaron los cambios que ocurrieron en el cerebro de adultos mayores después de haber sido sometidos a un programa de ejercicio por seis meses. En este estudio se empleó la técnica de RMf y consistió en someter a 59 sujetos adultos mayores, entre 60 y 79 años de edad, a uno de dos programas de entrenamiento: uno consistió en pedir a las personas que realizaran trote rápido en una banda rodante, esta categoría se denominó entrenamiento aeróbico; el otro consistió en la realización de ejercicios de tonificación y flexibilidad (entrenamiento anaeróbico). En ambas condiciones los participantes asistieron a tres sesiones por semana de una hora de duración. Los resultados revelaron que las personas que realizaron ejercicio aeróbico mostraron un incremento significativo del volumen cerebral en comparación con las personas que realizaron ejercicio anaeróbico. Los cambios en el volumen de materia blanca y gris que se pudieron observar se localizaron en la corteza temporal y prefrontal, regiones implicadas en el deterioro que ocurre con la edad. En particular se observaron cambios en el volumen de

materia gris en la corteza cingulada anterior, el área motora suplementaria, el lóbulo temporal superior izquierdo y el giro frontal Inferior derecho. Los cambios en la materia blanca se observaron en el tercio anterior de cuerpo calloso, este tracto de materia blanca permite la comunicación entre el hemisferio izquierdo y derecho y su deterioro se ha observado con el paso de la edad (Duncan, 2000). Estos hallazgos son los primeros que confirman en humanos los efectos benéficos que tiene el ejercicio aeróbico sobre el Sistema Nervioso Central (SNC), aunque los hallazgos se derivan de una muestra pequeña y los autores no proporcionan una explicación sobre la posible influencia del ejercicio aeróbico sobre procesos cognoscitivos y de atención.

Se ha propuesto (Gómez-Pinilla, So & Kesslak, 1998; Van Praag, Christie, Sejnowski & Gage, 1999) que uno de los mecanismos por los cuales la actividad física puede ser benéfica en la prevención de la pérdida de los procesos cognoscitivos, consiste en que la actividad física estimula factores tróficos y el crecimiento neuronal, lo que proporciona una reserva en el sistema nervioso central para evitar el decline cognoscitivo.

2.3.3 Estudios fisiológicos en animales no humanos

La evidencia empírica proveniente de modelos animales sugiere que la actividad física puede ser más benéfica en la edad joven porque ésta habilita el desarrollo neuronal óptimo, lo que resulta en una reserva neuronal que se utilizará en la vejez. Además, la actividad física temprana estimula la circulación cerebral e

incrementa la vascularización del cerebro, lo que beneficia el transporte de oxígeno en todo el cerebro. Como resultado de estos cambios estructurales en el cerebro (reserva cerebral) producto de la actividad física temprana, se incrementa la eficiencia funcional de las poblaciones neuronales (Dik, Deeg, Visser & Jonker, 2003; Van Praag, Shubert, Zhao & Gage, 2005).

En humanos, se encontró (Dik *et al.*, 2003; Etnier, Novell, Landers & Sibley, 2006; Etnier & Sibley, 2004) en adultos mayores que independientemente de la actividad física actual, existe una asociación significativa entre la actividad física temprana y la velocidad del procesamiento de la información, asociación sólo se observó en sujetos hombres. La disminución de la velocidad del procesamiento que ocurre con la edad (McEvoy *et al.*, 2001) afecta de manera generalizada a todas las funciones cognoscitivas superiores, como la memoria y el razonamiento (Salthouse, 1996). Una explicación a estos resultados es que la asociación entre actividad física en edad temprana y la cognición en la vida tardía puede deberse a una reserva de capacidad cerebral en aquellos sujetos quienes han sido físicamente activos en su juventud (Dik *et al.*, 2003). Un mecanismo potencial por el cual la actividad física puede incrementar esta reserva cerebral es la estimulación de factores tróficos y de crecimiento cerebral (Neeper, Gómez-Pinilla, Choi & Cotman, 1996)

La edad por sí sola, no obstante, predice escasamente el desempeño cognoscitivo en las personas mayores (Cansino, 2008), ya que se ha visto que otros factores interactúan con ella para acentuar o mitigar la relación entre edad y funciones

cognoscitivas. Entre los factores que más influyen sobre esta relación se encuentran la educación formal y la actividad física (Dik, Deeg, Visser & Joncker, 2003). Del mismo modo, se ha reportado (Breteler, 2001; Geerlings, Schmand, Jonker, Lindeboom & Bouter, 1999) que el nivel socioeconómico y la educación durante la vida temprana son importantes predictores del deterioro cognoscitivo y la demencia en la vida tardía.

Por su parte, los estudios de intervención (Colcombe *et al.*, 2004; Brown *et al.*, 2003) en los que los sujetos realizan actividad física de manera controlada, han demostrado que se producen mayores beneficios cognoscitivos cuando los sujetos realizan actividades de resistencia (correr) que cuando realizan actividades estáticas (estiramiento o pesas).

A excepción de los experimentos con técnicas neurofisiológicas (Colcombe *et al.*, 2003; Hillman *et al.*, 2004), lo que caracteriza a la mayoría de los estudios que han confirmado que la actividad física se asocia a un mejor desempeño de los sujetos en tareas cognoscitivas, es el hecho de que en ellos las funciones cognoscitivas se han evaluado mediante tareas de lápiz y papel. La limitación de estos instrumentos es que si bien proporcionan información sobre el desempeño de los sujetos, no son capaces de brindar información sobre la velocidad en que se llevan a cabo los procesos cognoscitivos. El presente proyecto tiene por objetivo brindar información más precisa tanto del desempeño de los sujetos como de su velocidad de procesamiento en una tarea computarizada de memoria de trabajo espacial. El contar con medidas precisas sobre la ejecución de los sujetos

permitirá determinar con mayor precisión el beneficio cognoscitivo de realizar ejercicio físico durante la vejez. Se eligió una tarea de memoria de trabajo que evalúa el componente espacial propuesto en el modelo de Baddeley, ya que se trata de uno de los procesos cognoscitivos que sufren mayor deterioro con la edad (McEvoy *et al.*, 2001), y debido a que la relación entre actividad física y este tipo específico de memoria de trabajo, evaluada mediante una tarea computarizada, aún no se ha explorado.

3. MÉTODO

3.1 Preguntas de investigación

¿Qué relación existe entre la actividad física que realizan las personas mayores y su desempeño en una tarea de memoria de trabajo espacial? y ¿difiere el desempeño en una tarea de memoria de trabajo espacial entre personas mayores que realizan y que no realizan actividad física?

3.2 Hipótesis

Existe una relación proporcional entre el tiempo y la frecuencia con que los adultos mayores realizan actividad física y su desempeño en una tarea de memoria de trabajo espacial, independientemente del tipo de ejercicio que realicen (aeróbico o anaeróbico). El desempeño incluye la evaluación del porcentaje de respuestas correctas en la tarea de memoria y los tiempos de reacción en estas respuestas.

Los sujetos que realizan actividad física tendrán un mayor porcentaje de respuestas correctas y menores tiempos de reacción que los sujetos que no realizan actividad física.

3.3 Variables

Variables atributivas

→ Tiempo de actividad física: tiempo que los sujetos reportan realizar actividad física aeróbica o anaeróbica durante una sola sesión.

→ Frecuencia de actividad física: veces a la semana que los sujetos reportaron realizar actividad física, aeróbica o anaeróbica: se utilizaron los siguientes cuatro rangos: una o dos veces por semana, tres o cuatro veces a la semana, cinco o seis veces a la semana y diario.

Variables dependientes

→ Porcentaje de respuestas correctas ante estímulos iguales o diferentes al estímulo presentado dos ensayos atrás.

→ Tiempo de Reacción: tiempo que tarda el sujeto en emitir sus respuestas correctas a partir del inicio de la presentación del estímulo.

3.4 Sujetos

En el estudio participaron voluntariamente 96 sujetos, de los cuales 48 realizaban ejercicio físico por lo menos una vez a la semana durante al menos 30 minutos cada vez que lo hacían. El otro grupo estuvo conformado por personas que reportaron no realizar ningún tipo de ejercicio físico. Cada grupo estuvo conformado por el mismo número de hombres y mujeres. El rango de edad en ambos grupos fue de 71 a 80 años. Los criterios de inclusión fueron visión normal o corregida a lo normal, diestros, escolaridad mínima de 8 años, equivalente a 2 años de educación secundaria o a 2 años de alguna carrera comercial o técnica, puntaje mínimo de 26 en la subescala de Vocabulario de la Escala de Inteligencia para Adultos Revisada de Weschler (1981), puntaje mínimo de 24 en el Estado de Mini-mental de Folstein (1975). Los criterios de exclusión fueron adicción a drogas

y/o alcohol, enfermedades neurológicas o psiquiátricas, puntaje mayor a 20 en el Inventario de Depresión de Beck y consumo de medicamentos que alteren el Sistema Nervioso Central. La Tabla 1 muestra las características de ambos grupos de sujetos. Los grupos no difirieron significativamente en años de edad ($t(94) = .700, p = .486$), años de estudio ($t(94) = 1.25, p = .263$), puntajes normalizados en la Subescala de Vocabulario del WAIS ($t(94) = 1.281, p = .203$), el Estado de Mini-mental ($U=999, p = .251$) ni en el Inventario de Depresión del Beck ($U=1127, p = .854$).

Tabla 1. Características de los sujetos en ambos grupos.

	Actividad Física	Ninguna Actividad Física
	Media (DE)	Media (DE)
Años de edad	74.9 (2.7)	74.5 (2.8)
Años de estudio	13.8 (5.9)	12.6 (4.4)
Subescala de Vocabulario, WAIS (Puntaje Normalizado)	13 (1.9)	12 (1.9)
	Mediana (RI)	Mediana (RI)
Escala Mini-Mental	28.5 (1.6)	29 (1.4)
Escala de Depresión del Beck	6.5 (5.3)	7.0 (4.9)

DE = Desviación estándar; RI = Rango intercuartil

3.5 Aparatos

Se utilizaron dos computadoras PC, dos monitores de 17 pulgadas, una caja de respuestas, una televisión, una videocámara y el software EPrime versión 1 para mostrar los estímulos y registrar las respuestas de los sujetos.

3.6 Estímulos

Se utilizó un círculo en color gris con un ángulo visual vertical y horizontal de 1.5 grados. El estímulo se presentó en una de 12 posibles posiciones en un círculo imaginario alrededor del centro de la pantalla. La distancia entre el centro de la pantalla y los estímulos fue de 4 grados. Se llevaron a cabo 72 ensayos de la tarea de memoria de trabajo espacial n-back. En el 33% de los ensayos, los círculos fueron estímulos blanco, es decir, misma posición que el estímulo presentado dos ensayos antes (2-back) y en el resto, estímulos no blanco (diferente posición que el estímulo presentado dos ensayos antes).

3.7 Procedimiento

Los sujetos participaron en dos sesiones de aproximadamente 30 minutos cada una. Al invitar al sujeto a participar se indagó su escolaridad, si no sufrió de enfermedades neurológicas o psiquiátricas, si no era adicto a drogas o alcohol y si no consumía medicamentos que alteran el SNC. Si cubría con estos criterios se realizaba la cita para la primera sesión.

La primera sesión se realizó en un cubículo silencioso y tranquilo donde solamente estuvieron presentes el sujeto y el entrevistador. En ella se determinó si el sujeto cubría los demás criterios para participar en el estudio. El entrevistador aplicó al sujeto la subescala de vocabulario de la Escala de Inteligencia para Adultos Revisada de Weschler (1981), el Estado Mini-mental de Folstein (1975), y el Inventario de Depresión de Beck (1987). El entrevistador evaluó las pruebas en el momento para determinar si el sujeto cubría todos los criterios de inclusión y ninguno de exclusión. Si el sujeto reunía los requisitos para participar y aceptaba colaborar se llevaba a cabo una entrevista con el propósito de investigar si el sujeto realizaba actividad física, qué tipo de actividad aeróbica o anaeróbica, tiempo que realizaba cada una de éstas y frecuencia o número de veces a la semana que las realizaba.

En la segunda sesión, los sujetos realizaron la tarea de memoria de trabajo espacial *2-back*. Antes de iniciar la tarea hubo una fase de entrenamiento, tanto la tarea como la fase de entrenamiento se llevaron a cabo en una cámara sonoro-amortiguada. El sujeto realizó las tareas sentado a un metro de distancia del monitor de la computadora y respondió a través de una caja de respuestas colocada a la altura de su mano derecha.

3.7.1 Tarea de memoria de trabajo

En la tarea de memoria de trabajo espacial (*2-back*) se proyectó un círculo en color gris durante 300 milisegundos, en una de 12 diferentes posiciones de un

círculo imaginario. Al centro de la pantalla y durante toda la tarea se proyectó una cruz que sirvió de punto de fijación. Después de que desapareció el estímulo, la pantalla se mantuvo en blanco durante 2700 milisegundos. El sujeto tuvo 3000 milisegundos para proporcionar su respuesta a partir del inicio de la presentación del estímulo. El sujeto indicó si el círculo se desplegó en la misma posición que el estímulo presentado dos ensayos antes presionando uno de los botones de la caja de respuestas, o presionando otro de los botones si el círculo no apareció en la misma posición.

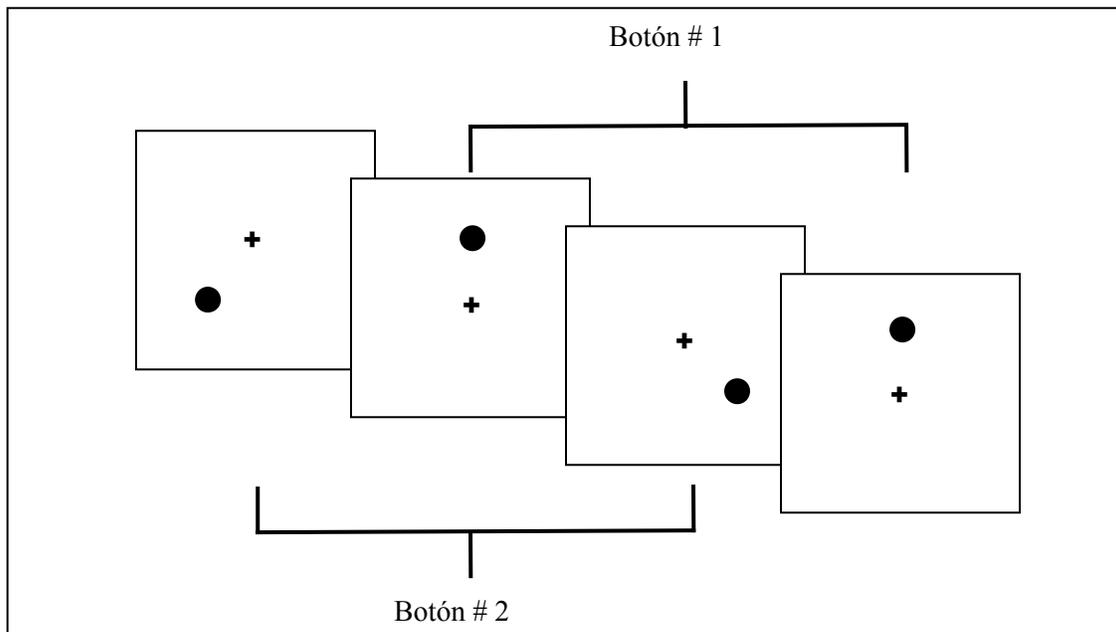


Figura 2. Se muestra la Tarea de memoria de trabajo. Los sujetos presionaron el botón #1 si el círculo en cada ensayo se encontraba en la misma posición que el círculo presentado dos ensayos antes y el botón #2, si el círculo no se encontraba en la misma posición que el círculo presentado dos ensayos antes.

3.8 Análisis de datos

Se obtuvo la media y desviación estándar del porcentaje de respuestas correctas en la tarea de memoria de trabajo, así como de los tiempos de reacción en estas respuestas. Del mismo modo, se realizaron análisis descriptivos de las variables tiempo y frecuencia de actividad física. También se realizaron análisis descriptivos de los distintos tipos de actividad física, aeróbica y anaeróbica que los sujetos reportaron realizar. Se realizaron correlaciones de Pearson entre las variables tiempo destinado a realizar actividad física durante una sesión y las variables porcentaje de respuestas correctas y tiempos de reacción en la tarea de memoria de trabajo. Se realizaron correlaciones de Spearman entre la frecuencia con que los sujetos realizan actividad física y las variables porcentaje de respuestas correctas y tiempo de reacción. Asimismo, se realizaron pruebas *t* de *Student* para determinar si el porcentaje de respuestas correctas y los tiempos de reacción diferían entre los grupos que realizaban actividad física y los que no la realizaban. Se consideraron significativos los resultados con un nivel de probabilidad < 0.05 .

4. RESULTADOS

De los sujetos que realizaban actividad física al menos una vez a la semana de manera regular, 30 de ellos reportó realizar ejercicio aeróbico (18 caminaban, tres corrían, tres realizaban gimnasia, dos jugaban tenis, uno hacía natación y tres usaban una escaladora o bicicleta), 14 reportaron realizar ambos tipos de ejercicio y cuatro personas realizaban exclusivamente ejercicio anaeróbico (yoga o tai-chi).

Diez sujetos reportaron realizar actividad física de una a dos veces por semana, 10 lo hacían de tres a cuatro veces por semana, 11 de cinco a seis veces por semana y 17 sujetos diariamente. La mediana de la variable frecuencia de actividad física fue de cinco a seis veces a la semana. En promedio cuando los sujetos llevaban a cabo actividad física invertieron $\bar{X} = 1.59$ horas ($DE = 1.07$ por sesión).

En el grupo de sujetos que realizaban alguna actividad física, independientemente del tipo de actividad, aeróbica o anaeróbica, no se observó una relación estadísticamente significativa entre el tiempo destinado a esa actividad y el porcentaje de respuestas correctas en la tarea de memoria de trabajo ($r = -0.16$, $p = 0.29$) ni con los tiempos de reacción en las respuestas correctas de la tarea de memoria de trabajo ($r = -0.11$, $p = 0.44$). Tampoco se observó una relación estadísticamente significativa entre la frecuencia por semana que los sujetos reportaron realizar actividad física y el porcentaje de respuestas correctas

($r_s = -0.21$, $p = 0.16$) y los tiempos de reacción en la tarea de memoria de trabajo ($r_s = 0.12$, $p = 0.42$).

El análisis para determinar si el porcentaje de respuestas correctas difería entre el grupo de adultos mayores que realizaban actividad física del que no realizaba no resultó estadísticamente significativo $t(94) = -0.34$, $p = 0.33$. Del mismo modo, los tiempos de reacción no difirieron entre ambos grupos $t(94) = -0.32$, $p = 0.25$. Debido a que existe la posibilidad de que el tipo de actividad física pudiera influir en estos resultados, se realizaron análisis adicionales entre el subgrupo de 30 sujetos que realizaba sólo actividad física aeróbica y un subgrupo de 30 sujetos elegidos al azar que no realizaba ninguna actividad física, estos análisis tampoco resultaron significativos. No hubo diferencias entre estos subgrupos ni en el porcentaje de respuestas correctas $t(58) = -0.74$, $p = 0.61$ ni en los tiempos de reacción $t(58) = -0.004$, $p = 0.61$. En la Figura 3 se muestran los porcentajes de respuestas correctas en la tarea de memoria de trabajo y en la Figura 4 los tiempos de reacción. En ambas figuras se despliegan los resultados de los adultos mayores que realizaba alguna actividad física y de los que no realizaba ninguna actividad física; así como, el desempeño en la submuestra que realizaba actividad aeróbica (30 sujetos) y en el subgrupo de 30 sujetos elegidos al azar que no realizaba ninguna actividad física.

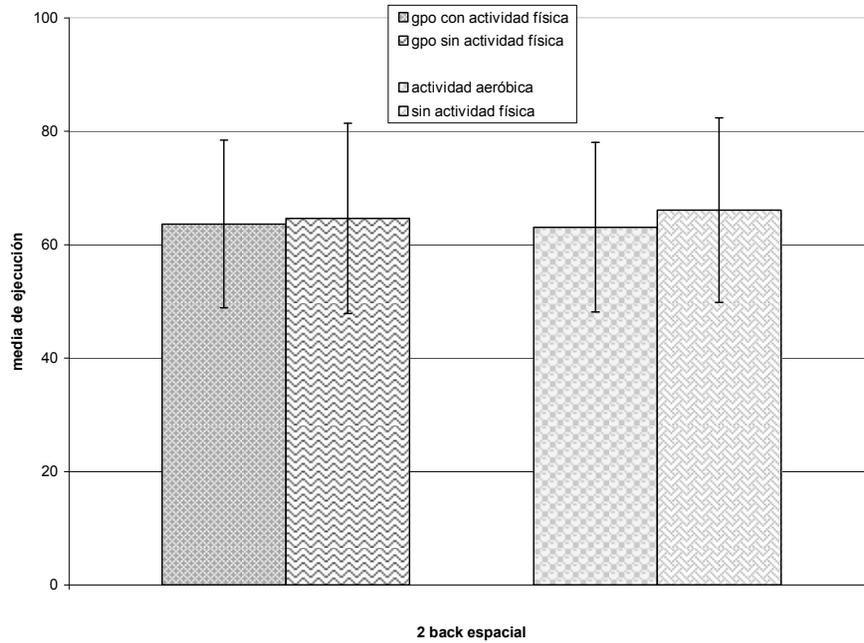


Figura 3. Media del porcentaje de respuestas correctas en la tarea de memoria de trabajo. Las dos primeras columnas corresponden a la muestra total y las dos últimas a la submuestra de sujetos que realizaba actividad sólo de tipo aeróbico (30 sujetos) y a una submuestra elegida al azar que no realizaba ninguna actividad física (30 sujetos).

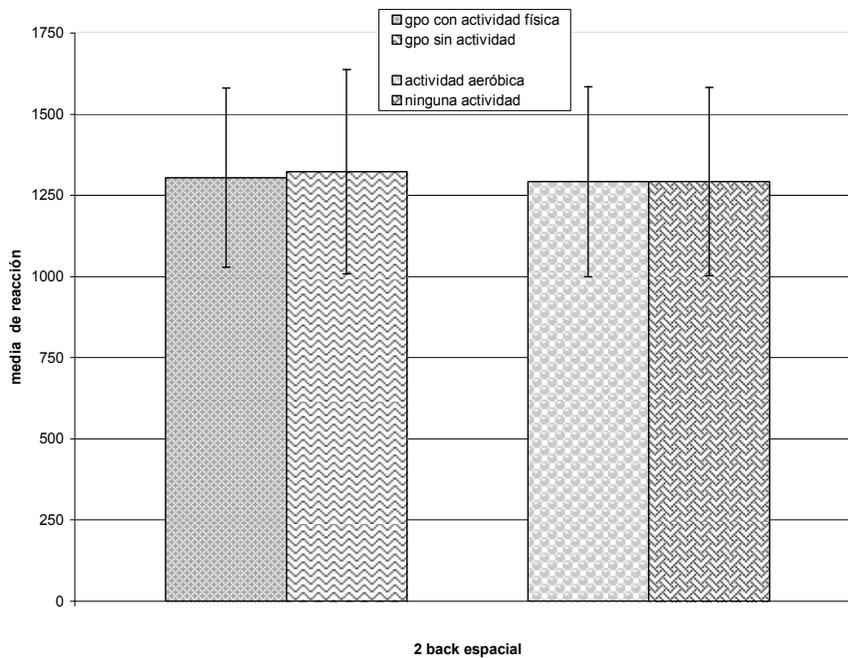


Figura 4. Media de los tiempos de reacción en las respuestas correctas de la tarea de memoria de trabajo. Las dos primeras columnas corresponden a la muestra total y las dos últimas a la submuestra de sujetos que realizaba actividad sólo de tipo aeróbico (30 sujetos) y a una submuestra elegida al azar que no realizaba ninguna actividad física (30 sujetos).

5. DISCUSIÓN

El aumento de la población de personas adultas mayores debido al incremento de la expectativa de vida y la estabilización de la tasa de mortalidad han incrementado el interés por mejorar la calidad de vida de este sector de la población. El deterioro cognoscitivo que aparece con más frecuencia en la población adulta mayor perjudica seriamente la calidad de vida de este grupo de personas. En particular, se ha propuesto que la actividad física podría tener beneficios sobre la cognición de los adultos mayores. Sin embargo, las investigaciones han mostrado resultados diversos, mientras algunos estudios (Baylor & Spiduso, 1998; Colcombe & Kramer, 2003; Colcombe *et al.*, 2006; Dustman *et al.*, 1990; Weuve *et al.*, 2004) han observado que la actividad física se asocia a un menor grado de deterioro cognoscitivo, otras investigaciones (Dik *et al.*, 2003; Hill, Storandt & Malley, 1993) no encontraron tal relación.

En el presente estudio los resultados mostraron que ninguna de las hipótesis planteadas se logró confirmar. Los adultos mayores que realizaban actividad física no se desempeñaron mejor en la tarea de memoria de trabajo que los adultos que no la realizaban. Realizar ejercicio exclusivamente aeróbico tampoco mostró que beneficiara a los adultos mayores en su desempeño en la tarea de memoria de trabajo espacial en comparación con los adultos mayores que no realizaban ninguna actividad física. Del mismo modo, tampoco se observó una relación significativa entre el desempeño de los adultos mayores en la tarea de memoria de trabajo y la frecuencia con la que reportaron realizar actividad física y el tiempo

que destinaban para realizar dicha actividad. Esta falta de relación entre el ejercicio físico y el desempeño en la tarea de memoria de trabajo no se observó ni en la exactitud para responder (porcentaje de respuestas correctas) ni en la velocidad para responder (tiempos de reacción en las respuestas correctas de la tarea de memoria de trabajo).

Los hallazgos de la presente investigación contradicen los resultados de otros estudios (Baylor & Spiduso, 1998; Chodzko-Zajko & Moore, 1994; Rebok & Plude, 2001; Weuve *et al.*, 2004) en los que se ha observado que realizar actividad física de manera regular se relaciona significativamente con mayores puntuaciones en tareas cognitivas. Es probable que en el presente estudio no se observara una relación entre actividad física y el desempeño en la tarea de memoria debido a que la actividad física que los sujetos reportaron realizar es de baja intensidad. La mayoría de los sujetos (18) que realizaban una actividad aeróbica, ésta consistía en caminar, actividad relativamente de poco impacto.

En el presente estudio no se encontró una relación significativa positiva entre mayor frecuencia o tiempo invertido en alguna actividad física y los puntajes en la tarea de memoria, para ninguno de los tipos de actividad física (aeróbico y anaeróbico), a pesar de que los sujetos reportaron realizar una gran variedad de actividades que requieren de capacidad cardiovascular como caminar, correr, jugar tenis, natación, etc. En un estudio en el que se evaluó la intensidad de la caminata y las horas invertidas en ella (Weuve *et al.*, 2004) se observó que los beneficios sobre la cognición son mayores cuando se invierten en promedio 1.5

horas a la semana y una intensidad mayor a 5.2 metros por hora a la semana; lo que equivale a caminar a un paso de 21 a 30 minutos por milla. En el presente estudio no se obtuvieron datos específicos sobre la intensidad de la caminata que la mayoría de los sujetos reportó realizar. Sin embargo, a juzgar por los resultados, es probable que la intensidad invertida en esta actividad no fuera lo suficientemente poderosa como para asociarse al desempeño de los sujetos en la tarea de memoria de trabajo.

Las investigaciones que han observado una relación entre capacidad cardiorrespiratoria, como producto de realizar actividad física, y funcionamiento cognoscitivo han aplicado protocolos de intervención que van desde cuatro meses con una frecuencia de tres veces a la semana durante una hora (Dutstam *et al.*, 1983), seis meses con una frecuencia de tres veces por semana con una duración de una hora (Colcombe *et al.*, 2006), hasta 12 meses con una frecuencia de tres a cinco veces a la semana por 50 minutos (Hill, Storandt & Malley, 1993). Lo anterior indica que para obtener un efecto positivo sobre la cognición se requiere realizar actividad física por lo menos tres veces a la semana, durante 50 minutos, por tres meses.

En la mayoría de los estudios (Dustman *et al.*, 1990; Hill, Storandt & Malley, 1993; Kramer *et al.*, 1999; Richards, Hardy & Wadsworth, 2002) se ha evaluado el cambio en la capacidad cardiovascular producida por los protocolos de intervención desde línea base hasta la finalización de la intervención, y en ellos se ha observado que el incremento del $VO_2 \text{ max}$ se relacionó con un mejor desempeño

cognoscitivo. Del mismo modo, cuando se han empleado métodos similares al del presente estudio para evaluar la actividad física (Dik *et al.*, 2003; Weuve *et al.*, 2004), como entrevistas telefónicas, entrevistas dentro de protocolos médicos, o visitas a los hogares de los sujetos, se ha encontrado una relación positiva entre valores metabólicos asignados a cada actividad realizada por el sujeto y su funcionamiento cognoscitivo. Sin embargo, en el presente estudio el reporte de los sujetos probablemente no resultó una medida sensible o exacta de la variable actividad física.

Los sujetos que han participado en algunas investigaciones (Barnes *et al.*, 2003; Colcombe *et al.*, 2004; Dustman *et al.*, 1990) provienen de casas o asilos en las que generalmente realizan actividades físicas que están adaptadas a cada una de las personas de la tercera edad, y se llevan a cabo de manera controlada y supervisada. En contraste, en el presente estudio no fue posible constatar si los sujetos reportaron sus actividades físicas de manera exacta, lo que pudo haber afectado la sensibilidad de los datos y por lo tanto los resultados. Por ejemplo, se utilizó el reporte verbal de los sujetos que está basado en su memoria, la cual se encuentra afectada con la edad.

En el presente estudio como se mencionó, no se observó una relación entre el tipo de actividad física (aeróbica o anaeróbica) y el desempeño en la tarea de memoria. Los hallazgos del presente estudio contradicen los observados por Dustman *et al.* (1990) y Kramer *et al.* (1999). Estos autores observaron que el ejercicio aeróbico tiene mayores efectos sobre el funcionamiento cerebral (tiempos de reacción

simples, memoria de trabajo, atención, planeación, programación e inhibición) que otro tipo de ejercicio, como los de flexibilidad y fuerza (ejercicio anaeróbico). El ejercicio aeróbico aumenta la capacidad cardiorrespiratoria, y un nivel mayor de capacidad cardiorrespiratoria provoca un buen funcionamiento cardiovascular y beneficia la plasticidad del cerebro humano, ya que amortigua el deterioro biológico y cognoscitivo asociado al envejecimiento (Barnes *et al.*, 2003).

La posible falta de beneficio del ejercicio aeróbico observado en el presente estudio puede deberse a la edad de la muestra de estudio. Las investigaciones que han observado el beneficio del ejercicio aeróbico en la cognición (Dustman *et al.*, 1990; Kramer *et al.*, 1999) se basan en muestras de personas con un promedio de 65 años de edad; mientras que en el presente estudio participaron personas de entre 70 y 80 años de edad, las cuales por su misma edad no tienen la fuerza física para realizar ejercicios aeróbicos intensos o de gran impacto en el sistema cardiovascular.

Del mismo modo, algunos estudios (Dik *et al.*, 2003; Richards, Hardy & Wadsworth, 2002; Weuve *et al.*, 2004) han empleado entrevistas y protocolos médicos con un seguimiento de hasta 6 años. A su vez, los estudios difieren en cuanto a los parámetros que se utilizan para tomar en cuenta una actividad como física. Por ejemplo, si ésta es rigurosa, moderada o mínima, aeróbica y anaeróbica, o las diferencias entre trotar, caminar a velocidad constante o correr. Estos parámetros se vigilan en algunos experimentos (Dustman *et al.*, Hill, Storandt & Malley, 1993; Kramer *et al.*, 1999) debido a que la intensidad de las actividades se modifica en

función de la resistencia de cada persona mayor. Además, existe gran variedad entre las investigaciones en cuanto a la frecuencia de actividad física que se requiere para que ésta sea tomada en cuenta. Algunos estudios (Barnes *et al.*, 2003) toman como frecuencia mínima, dos veces por semana, mientras que otros (Hill, Storandt & Malley, 1993), sólo incluyen sujetos que realizan actividad física más de dos veces a la semana. Del mismo modo, las horas destinadas al ejercicio son una variable relevante que puede influir en los resultados de las distintas investigaciones. Algunos estudios (Colcombe *et al.*, 2006) sólo incluyen en su muestra personas que realizan al menos 30 minutos de ejercicio físico, tres veces a la semana; mientras que otros (Colcombe *et al.*, 2004), al menos una hora o incluso diario. En el presente estudio se aceptaron en el grupo que realizaba actividad física a personas que lo hacían al menos una vez a la semana por mínimo 30 minutos. Este criterio pudo haber afectado los resultados y eliminado las diferencias entre el grupo que realizaba y no realizaba ejercicio debido a que el beneficio de realizarlo tan solo una vez a la semana por 30 minutos parece ser mínimo. La evaluación del funcionamiento cognoscitivo en los distintos estudios citados también es sumamente variable. La mayoría (Barnes *et al.*, 2003; Colcombe *et al.*, 2003; Dustman *et al.*, 1990; Hill, Storandt & Malley, 1993; Hillman *et al.*, 2004; Kramer *et al.*, 1999; Weuve *et al.*, 2004) ha utilizado baterías de pruebas neuropsicológicas que proporcionan una medida global del funcionamiento cognoscitivo a partir de pruebas de razonamiento, velocidad de procesamiento de la información, inteligencia, fluidez verbal, memoria a largo plazo y memoria de trabajo. De hecho, en ninguno de los estudios previos se ha utilizado una tarea de memoria de trabajo espacial computarizada, como se llevó a

cabo en el presente estudio. En particular, la tarea de memoria de trabajo que se utilizó tiene la ventaja de que no es vulnerable a los efectos del aprendizaje y ofrece medidas precisas de los tiempos de reacción, lo cual no se puede obtener mediante pruebas de lápiz y papel. Es probable que la falta de coincidencia entre los hallazgos de este estudio con los arriba citados se deba a que se empleó una tarea muy específica y quizá el beneficio del ejercicio sólo sea perceptible en medidas globales del funcionamiento cognoscitivo y no en procesos muy específicos como la memoria de trabajo espacial.

A pesar de que en el presente estudio se empleó una tarea computarizada que permite un gran control de la situación experimental, la actividad física no se relacionó con el desempeño de los sujetos en esta tarea. En cambio, se han observado relaciones significativas entre actividad física y una gran variedad de pruebas neuropsicológicas de lápiz y papel: la subescala de retención de dígitos de Wechsler (Dustman *et al.*, 1990), el Subtest de dígitos y símbolos del WAIS, (Hill, Storandt & Malley, 1993), la tarea de retención de dígitos (*Digit Span*) (Weuve *et al.*, 2004), tareas que requieren de control ejecutivo (prueba de interferencia *Stroop* y *Alphabet Coding Task*) (Piccinin & Rabbitt, 1999), así como, tareas para medir la velocidad del procesamiento de la información (Dik *et al.*, 2003) y la compatibilidad de la respuesta (Kamer *et al.*, 1999).

Colcombe & Kramer (2003) reportaron en un meta-análisis que existe una relación entre el entrenamiento cardiovascular y el desempeño en tareas que requieren el control de procesos ejecutivos, mientras que esta relación no se observa en tareas

visoespaciales. También reportaron estos autores que el ejercicio combinado benefició en mayor medida el funcionamiento cognoscitivo de los sujetos que sólo el ejercicio aeróbico. Así mismo, se reportó que hacer ejercicio por corto tiempo, uno a tres meses, o a mediano plazo, cuatro a seis meses, tiene efectos positivos sobre la cognición, pero los mayores efectos se observaron en periodos de más de seis meses y con sesiones mayores a 30 minutos. Los efectos positivos del ejercicio fueron más pronunciados en muestras integradas principalmente por mujeres que por hombres y en personas entre 66 y 70 años más que en otros grupos de edad (55-65, 71+). A pesar de que varios de los sujetos que participaron en el presente estudio tenían un patrón de actividad física similar al que se describió en este meta-análisis (Colcombe & Kramer, 2003) como relevante para obtener beneficios sobre la cognición, no se observaron relaciones significativas similares en la presente investigación.

Kramer *et al.* (1999) observaron que las regiones frontales y prefrontales encargadas de los procesos ejecutivos sufren importantes cambios estructurales con la edad. También se ha propuesto que el decremento del funcionamiento mental de los individuos mayores se debe, en parte, a que el cerebro sufre ligeramente de hipoxia (Dustman *et al.*; 1990), por lo que el ejercicio ayuda a aminorar este fenómeno. A pesar de que en el presente estudio se empleó una tarea de memoria de trabajo en la que intervienen procesos ejecutivos, no se observó una relación significativa entre la actividad física y el desempeño de los sujetos en esta tarea.

El ejercicio influye en la cognición no a través de mejorarla sino a través de lentificar su deterioro, el cual ocurre normalmente con la edad (Barnes *et al.*, 2003; Hill, Storandt & Malley, 1993; Richards, Hardy, Wadsworth, 2002). Por ejemplo, Weuve *et al.* (2004) encontraron que hacer ejercicio de manera regular se asoció a un 20% de menor riesgo de deterioro o daño cognoscitivo a lo largo de 3 años. Esto se debe probablemente a que la actividad física preserva la salud vascular del cerebro, ya que regula la presión sanguínea, mejora los perfiles de lipoproteína, la producción de óxido nítrico endotelial y asegura la perfusión cerebral adecuada.

Por otra parte, existe evidencia (Hill, Storandt & Malley, 1993) de que el ejercicio impacta el funcionamiento psicológico a través de incidir sobre la percepción de bienestar, más que a través de cambios objetivos en el estado físico de los individuos. De hecho, se ha observado que las personas que realizan ejercicio tienen un mejor cuidado de su salud, menores enfermedades cardiovasculares y un nivel socioeconómico mayor, lo que también podría influir en su cognición.

Un aspecto importante en el estudio de la actividad física y la cognición que regularmente se pasa por alto es la actividad física que la persona realizó durante su juventud. Dik *et al.* (2003) encontraron en un estudio retrospectivo que el ejercicio físico actual no se relacionó con la cognición de sus sujetos pero sí la actividad física realizada por los sujetos entre los 15 y 25 años de edad. Esta actividad se asoció a la velocidad de procesamiento de la información a la edad de 74.9 años. Los resultados de este estudio apoyan la teoría de la reserva cognitiva

o cerebral que se adquiere durante la juventud, y que permite afrontar las dificultades propias de la vejez.

6. CONCLUSIÓN

Los adultos mayores de la muestra estudiada, entre 71 y 80 años de edad, que realizaban alguna actividad física al menos durante 30 minutos una vez a la semana se desempeñaron de manera equivalente en una tarea de memoria de trabajo que los adultos mayores que no realizaban ningún tipo de actividad física. Tanto el porcentaje de respuestas correctas como los tiempos de reacción no difirieron significativamente entre estos dos grupos de adultos mayores. Del mismo modo, los adultos mayores que sólo realizaban ejercicio aeróbico tampoco tuvieron un mejor desempeño en la tarea de memoria de trabajo espacial que los adultos que no realizaban ningún tipo de actividad física. La frecuencia con que los adultos mayores reportaron realizar actividad física y el tiempo que destinaban a realizarla no se asoció ni con el porcentaje de respuestas correctas en la tarea de memoria de trabajo ni con los tiempos de reacción en dichas respuestas. Los hallazgos sugieren que el ejercicio físico de baja intensidad como caminar, actividad que más frecuentemente realizaban los sujetos de la muestra, no se asoció a una mayor exactitud o a una mayor velocidad en una tarea de memoria de trabajo espacial.

7. SUGERENCIAS Y LIMITACIONES

La falta de relación observada en el presente estudio entre el desempeño en una tarea de memoria de trabajo y la actividad física en adultos mayores puede deberse a que la información sobre frecuencia y tiempo con que realizaban actividad física se obtuvo únicamente mediante una entrevista estructurada en la que los sujetos estimaron estas variables pero no se midieron directamente. Debido a que se trata de una estimación y a que los adultos mayores padecen justamente de problemas de memoria, existió probablemente un margen de error en las mediciones de estas variables. Además, se carece de información sobre el periodo de tiempo que las personas tenían realizando ejercicio de manera ininterrumpida y constante.

Se sugiere por lo tanto, que en futuras investigaciones se tome en cuenta el tiempo que la persona ha realizado ejercicio de manera constante, ya que es probable que el beneficio del ejercicio sólo se refleje después de un tiempo relativamente prolongado de actividad física. Así mismo, se sugiere realizar medidas más objetivas de la actividad física de las personas, como el registro de las actividades que lleva a cabo una persona hora por hora. De igual forma, el estudio de la actividad física se beneficiaría de la medición de otras variables, como la resistencia, la condición física, la intensidad del ejercicio, la capacidad cardiorrespiratoria y el gasto metabólico, entre otras.

El empleo de tareas computarizadas reduce muchos errores que se cometen en las mediciones, la tarea de memoria de trabajo empleada en este estudio es muy precisa y la manipulación de información que se obtiene mediante ella es confiable. Por lo que para futuras investigaciones se recomienda emplear tareas implementadas de manera similar.

8. REFERENCIAS

Baddeley, A. D (2003). Working Memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 829-839.

Baddeley, A. D. (1992). Working Memory. *Science*, 255, 556 – 559.

Baddeley, A. D. (1996). The fractionation of working memory. *Proceeding of the National Academic of science of the United States of America*, 93, 13468-13472.

Baddeley, A. D. (2000). Short-Term. En E. Tulving & F. I. M. Craik (Eds.), *The Oxford Handbook of Memory* (pp. 77-92). Oxford: New York.

Baddeley, A. D. & Hitch, G. J. (1974). Working Memory. En G. Bower (Eds), *The Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 8, pp. 47-90). New York: Academic Press.

Barnes, E. D., Yaffe, K., Satariano, A. W. & Tager, M. D. (2003). A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51, 459-465.

Bartrés-Faz, D., & Junqué, C. C. (2001). Cambios en la sustancia blanca y rendimiento cognitivo en el envejecimiento. *Revista de Neurología*, 33 (4), 1-6.

Baylor, A. M., & Spirduso, W. W. (1998) Systematic and aerobic exercise and components of reaction time in older women. *Journal of Gerontology*, 43, 121-126.

- Berchtold, C. N., Kesslak, P. J. y Cotman W. C. (2002). Hippocampal Brain-derived neurotrophic factor gene regulation by exercise and the medial septum. *Journal of Neuroscience Research*, 68, 511-521.
- Blumenthal, J. A., Emery, C. F., Madden, D. J., Schniebolk, S., Walsh-Riddle, M., George, L. K., McKee, D. C., Higginbotham, M. B., Cobb, F. R., & Coleman, R. E. (1991). Long-term effects of exercise on psychological functioning in older men and women. *Journal of Gerontology*, 46 (6), 352-361.
- Breteler, M. M. (2001). Early life circumstances and late life Alzheimer disease. *Epidemiology*, 12, 378-379.
- Brigman, S. & Cherry, E. K. (2002) Aging and skilled performance: Contributions of Working memory and processing speed. *Brain and Cognition*, 50, 242-256.
- Brown, M., Taylor, J. y Gabriel, R. (2003). Differential effectiveness of low-intensity exercise in young and old rats. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, 58A (10), 889-894.
- Brown, W. D., Balluz, S. L., Heath, W. G., Moriarty, G. D., Ford, S. E., Giles, H. Wayne. & Mokdad, H. A. (2003). Associations between recommended levels of physical activity and health-related quality of live: finding from the 2001 behavioral risk factor Surveillance system (BRFSS) survey. *Preventive Medicine*, 37, 520-528.

- Bunce, D. (2001). The locus of age x health-related physical fitness interactions in serial choice responding as a function of task complexity: central processing or motor function. *Experimental Aging Research, 27*, 103-122.
- Bunce, D. & Birdi, K. (1998). Age and physical fitness as predictors of serial choice responding: the influence of task demands and motor function. *Applied Cognitive Psychology, 12*, 21-34.
- Cansino, S. (2008). Episodic memory decay along the adult lifespan: A review of behavioral and neurophysiological evidence. *International Journal of Psychophysiology, 71*, 64-69.
- Chodzco-Zajko, W. J. & Moore, K.A. (1994). Physical fitness and cognitive functioning in aging. *Exercise and Sport Sciences Reviews, 22*, 195-220.
- Colcombe, J. S., Erickson, I. K., Scalf, E. P., Jenny, S. K., Ruchika, P., McAuley, E., Steriani, E., Márquez, D., Hu, L. & Kramer, A. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *The Journals of Gerontology, 61A* (11), 1166-1170.
- Colcombe, J. S., Kramer, F. A., Erickson, I. K, Scalf, P., McAuley, E., Cohen, J. N., Webb, A., Jerome, J. G., Márquez, X. D. & Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and again. *Psychology, 110* (9), 3316-3321.

- Colcombe, S. & Kramer, A. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults. *Psychological Science*, 14 (2), 125-130.
- Dik, G. M., Deeg, D. J., Visser, M. y Joncker, C. (2003). Early life physical activity and cognition at old age. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25 (5), 643-653.
- Duncan, J. (2000). Common regions of the human lobe reemitted by diverse cognitive demands. *Trends in Neuroscience*, 23, 475-483.
- Dustman, R. E., Emmerson, R. Y., Ruhling, R. O., Russell, E. M., Shearer, D. E., Bonekat, H. W., Shigeoka. (1990). Age fitness effects on EEG, ERS, visual sensitivity, and cognition. *Neurobiology of Aging*, 11, 193-200.
- Etnier, J. L., & Sibley, B. A. (2004). Physical activity and hormone-replacement therapy: interactive effects on cognition?. *Journal of Aging and Physical Activity*. 12, 554-567.
- Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M., & Sibley, B. A. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Reseach Rewiews*, 52, 119-130.
- Federmeier. K., McLennan, D. B., De Ochoa, E., & Kutas, M. (2003). The impact of semantic memory organization and sentence contex information on spoken language processing by younger and older adults: an ERP study. *Psychophysiology*, 39, 684-687.

- Folstein, M.F., Folstein, S.E., McHugh, P.R. (1975). *Mini-Mental State*. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.
- Geerlings, M. I., Schmand, B., Jonker., C., Lindeboom, J., & Bouthier, L.M. (1999). Education and incident Alzheimer's disease: A biased association due to selective attrition and use of a two-step diagnostic procedure? *International Journal of Epidemiology*, 28, 492-497.
- Gómez-Pinilla, F., So, V. & Kesslak, J. P. (1998). Spatial learning and physical activity contribute to the induction of fibroblast growth factor: neural substrates for increased cognition associated with exercise. *Neuroscience*, 85 (1), 53-61.
- Grady, C. L. & Fergus, C. I. (2000). Changes in memory processing with age. *Current Opinion in Neurobiology*, 10, 224-231.
- Hall, D. J., Smit, L. A. y Keele, W. S. (2001). The impact of aerobic activity on cognitive function in older adults: A new synthesis based on the concept of executive control. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13 (1/2), 279-300.
- Hallal, O. C., Guma, D. E., Zarabozo, E.D. (2003) Estudio comparativo de memoria de trabajo visual-verbal-semántica entre mujeres mayores y jóvenes. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 11(2), 237-250.

- Hassmen, P., Cici, R. & Backman, L. (1992). Exercise for older women: a training method and its influences on physical and cognitive performance. *European Journal of Applied Physiology*, 64, 460-466.
- Hill, R. D., Storandt, M. & Malley, M. (1993) The impact of long-term exercise training on psychological function in older adults. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 48 (1), 12-17.
- Hillman, H. C., Belopolsky, V. A., Snook, M. E., Kramer, F. A., & McAuley. E. (2004) Physical activity and executive control: implications for increased cognitive health during older adulthood. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 75 (2), 176-185.
- Jennings, J. R., Van der Venn, F. M., & Meltzer, C. C. (2006) Verbal and spatial working memory in older individuals: A positron emission tomography study. *Brain Research*, 1092, 177-189.
- Jonides, J., Reuter, P. A., Smith, E. E., Awh, E., Barnes, L. L., Drain, M., Glass, J., Lauber, E. J., Patalano, A. L., Schumacher, E.H. (1996). Verbal and spatial working memory in humans. In D.L. Medin (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (pp. 43-88). USA: Academic Press.
- Ka, J. W., Wood, J. S. & Bradford, D. C. (1984). Aerobic exercise training and improved neuropsychological function of older individuals. *Neurobiology of Aging*, 5, 35-42.

- Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., Chason, J., Vakil, L., Bardell, L., Boileau, R. A., Colcombe, A. (1999). Ageing, Fitness and Neurocognitive Function. *Nature*, 400, 418-419.
- Logie, R. H. (2003). Spatial and visual working memory: A mental workspace. En D. Irwin & B. Ross (Eds.), *The Psychology of Learning and Motivation* (pp. 37-78). USA: Academic Press
- Mayerson, J., Hale, S., Rhee, S. H. & Jenkins, L. (1999). Selective interference with verbal o spatial working memory in young and older adults. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, 54 B (3), 161-164.
- McAuley, E., Kramer, F. A. y Colcombe, S. J. (2004). Cardiovascular Fitness and neurocognitive function in older adults: a brief review. *Brain Behavior and Immunity*, 18, 214-220.
- McEvoy, L. K., Pellouchoud, E., Smith, M. E. y Gevins, A. (2001). Neurophysiological signals of working memory in normal aging. *Cognitive Brain Research*, 11, 363 – 376.
- Milham, M. P., Erickson, K. I., Banich, M. T., Kramer, A., Webb, A., Wszalek, T., y Cohen, N. J. (2001). Attentional control in the aging brain: insights from an fMRI study of the stroop task. *Brain and Cognition*, 49, 277-296.
- Miller, G. A., Galanter, E., y Pribram, K. H. (1960). Plans and the structure of behaviour. *New York: Holt, Reinhart & Winston*.
- Miyake, A., Friedman, N., Rettinger, A., Shah, P and Hegarty, M, (2001). How are visoespatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A

latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130 (40), 621-640.

Neeper, S. A., Gómez-Pinilla, F., Choi, J., Cotman, C. W. (1996). Physical activity increases mRNA for brain-derived neurotrophic factor and nerve growth factor in rat brain. *Brain Research*, 726, 49-56.

Nyberg, L., Marklund, P., Persson, J., Cabeza, R., Forkstam, C., Petersson, K.M., Ingvar, M. (2003). Common prefrontal activations during working memory, episodic memory, and semantic memory. *Neuropsychology*, 41, 371-377.

Oberauer, K y Kliegl R. (2001). Beyond resources: formal models of complexity effects and age differences in working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13 (1/2), 187-215.

Phillips, L. H., Gilhooy, J. K., Logie, R. H., Wynn, E. V. (2003). *European Journal of Cognitive Psychology*, 15(3), 291-312

Rebok, W. R., Plude, J. D. (2001) Relation of physical activity to memory functioning in older adults. *Educational Gerontology*, 27, 241-259.

Reprovs, G., Baddeley, A. (2006). The multi-component or working memory: Explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience*, 139, 5-21.

Ricards, M., Hardy, R., Wadsworth, M. E. J. (2002). Does active leisure protect cognition? Evidence from national birth cohort. *Social Science & Medicine*, 56, 785-792.

Rosenzweig, M. R. & Bennett, E. L. (1996). Psycho-biology of plasticity: Effects of training and experience on brain and behavior. *Behavior and Brain Research*, 103, 403-428.

- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Reviews*, 103, 403-428.
- Shimamura, P. A. (1994). Neuropsychological perspectives on memory and cognitive decline in normal human aging. *Seminars in the Neurosciences*, 6, 387-399.
- Tisserand, D. J. & Jolles, J. (2003). On the involvement of prefrontal networks in cognitive ageing. *Cortex*, 39, 1107-1128.
- Uylings, H. B., West, M. J., Coleman, P. D, De Brabander, J. M. & Flood, D. G (2000). Neuronal and cellular changes in the aging brain. In CM Clark and JQ Trojanowski (Eds), *Neurodegenerative dementias*. (pp. 61-67). New York: McGraw-Hill.
- Van Praag, H., Shubert, T., Zhao, C. & Gage, H. F. (2005). Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice. *The Journal of Neuroscience*, 25 (38), 8680-8685.
- Wechsler, D. (1981) *Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised manual*. New York: Psychological Corporation.
- West, R. (2004). The effects of aging on controlled attention and conflict processing in the strop task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16 (1), 103-113.
- Weuve, J., Kang J. H., Manson, E. J., Breteler, M. M. (2004) Pshysical activity, including walking and cognitive Function in Older Women. *American Medical Association*, 292 (12), 1454-1461.