



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN PSICOLOGÍA  
MAESTRÍA EN PSICOLOGÍA  
RESIDENCIA EN NEUROPSICOLOGÍA CLÍNICA**

**MALABARISMO Y COGNICIÓN: UNA INTERVENCIÓN EN ADULTOS MAYORES  
CON MOVILIDAD LIMITADA**

**T E S I S**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
MAESTRA EN PSICOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**ANAID JUANITA VERA ROMERO**

**TUTOR PRINCIPAL:**

**DR. JORGE BERNAL HERNÁNDEZ  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

**COMITÉ TUTOR:**

**DRA. HERMELINDA SALGADO CEBALLOS  
DRA. DULCE MARÍA BELÉN PRIETO CORONA  
DR. MARIO ARTURO RODRÍGUEZ CAMACHO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UNAM**

**NEUROL. VICENTE GUERRERO JUÁREZ  
INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGIA Y NEUROCIROGIA “MANUEL VELASCO  
SUAREZ”**

**TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO, JUNIO DE 2021**



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.

El presente trabajo se realizó con el estímulo IN310619 del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) y con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), CVU 853631

*A mis padres, gracias por ser  
mi fuente infinita de amor.*

## Agradecimientos

A Dios, a la vida y a la UNAM, por ayudarme a llegar hasta aquí.

Al **Dr. Jorge Bernal** por su apoyo incondicional a lo largo de todos estos años, gracias por seguir confiando en mí y por mantenerse siempre al tanto de mi formación profesional, académica y personal.

A mi comité, la **Dra. Meli**, el **Dr. Mario**, la **Dra. Belén** y el **Dr. Vicente** por su apoyo para la realización de este trabajo y por su preocupación por mi formación profesional.

A la **Dra. Guille**, por su pasión y compromiso para dar una formación de excelencia en este programa.

A **mis padres**, mi mayor motor y apoyo, gracias por su comprensión, su compañía, su amor y sus palabras.

A mi familia, especialmente a ti **Llillita** y tus chaparros, por siempre estar para mi, y a ustedes **Lau** y **Carlitos** por su cariño y compañía.

Al laboratorio de neurometría y las personas maravillosas con las que he tenido la fortuna de trabajar ahí, gracias especialmente **Ros, Elisa, Lulú, Helenita** y **Miguel**.

**Carito**, por tus eternas porras, palabras de aliento y admiración, por siempre motivarme a ser mi mejor versión, por tu amistad por tantos años.

A la **Licenciada Carolina**, la **Fundación Concepción Beistegui**, las jefas de enfermería y todo el personal que ahí labora por su constante ayuda en mi estancia ahí, y a todos **los residentes** y sus familiares por ser parte de este proyecto.

**Argelia, Areli, Hirumy, Karina** y **Andrés**, gracias por su apoyo y compañía para realizar este trabajo, pero sobre todo gracias por su interés, por permitirme acompañarlos en un pequeño tramo de su formación.

Al programa de maestría, a todos los docentes, supervisores, compañeros y pacientes que aportaron sustancialmente en mi formación profesional, especialmente gracias a mi hermosa generación.

A los amigos que me han acompañado en este viaje llamado vida, haciéndola una experiencia maravillosa especialmente gracias **Vic, Val, Paulette, David, Gaby, Daniel, Fer, Mayte, Arturo, Carlos** y **José Luis**.

A mi segunda familia, **Fragoso, Alejandro, Beto, Ana**, y ahora ustedes, pequeños **Vali** y **Nicté**.

**Francisco**, por tu amor, apoyo y compañía que sumaron para la culminación de este proyecto, te todo.

## Índice

Resumen . . . . .	7
Introducción . . . . .	8
1. Envejecimiento . . . . .	11
1.1. Envejecimiento en México . . . . .	12
1.2. Teorías sobre el envejecimiento . . . . .	14
1.3. Limitaciones presentes en la vejez . . . . .	16
1.4. Neuropsicología de la vejez . . . . .	18
1.5. Estrategias de intervención en el envejecimiento . . . . .	20
2. Actividad física y ejercicio físico . . . . .	22
2.1 Clasificación . . . . .	22
2.2. Beneficios asociados . . . . .	24
2.3. Mecanismo de acción . . . . .	25
2.3.1 Nivel molecular . . . . .	26
2.3.2. Nivel celular . . . . .	26
2.3.3. Nivel estructural y funcional . . . . .	27
2.3.4. Nivel conductual . . . . .	28
2.4. Inactividad física en el adulto mayor . . . . .	28
3. Malabarismo . . . . .	30
3.1. Ventajas . . . . .	32
3.2. Cambios estructurales y funcionales asociados a su práctica . . . . .	33
3.3. Cambios conductuales asociados a su práctica . . . . .	34
4. Justificación . . . . .	36
5. Pregunta de investigación . . . . .	37
6. Objetivos . . . . .	37
7. Hipótesis . . . . .	37

8. Método . . . . .	38
8.1. Participantes . . . . .	38
8.2. Instrumentos . . . . .	39
8.3. Variables . . . . .	42
8.4. Diseño y tipo de estudio . . . . .	45
8.5. Diseño de la intervención . . . . .	47
8.6. Procedimiento . . . . .	48
8.7. Análisis de datos . . . . .	51
9. Resultados . . . . .	54
9.1 Programa de intervención . . . . .	55
9.2 Observaciones conductuales . . . . .	56
9.3 Depresión y ansiedad . . . . .	57
9.4 Deterioro cognitivo . . . . .	57
9.5 Funcionamiento cognitivo . . . . .	59
10. Discusión . . . . .	66
11. Conclusiones . . . . .	72
12. Limitaciones y sugerencias . . . . .	73
13. Referencias . . . . .	74
14. Anexos . . . . .	85

## Resumen

El ejercicio físico regular se ha propuesto como una estrategia de intervención para disminuir algunas de las alteraciones fisiológicas y cognitivas asociadas al envejecimiento. Sin embargo, su aplicación en poblaciones que presentan algún tipo de discapacidad que limita o condiciona su movilidad es restringida, por lo que resulta importante identificar estrategias de intervención que sean aplicables también a este sector poblacional. El malabarismo puede ser categorizado como una actividad física de coordinación, cuya práctica ha mostrado que produce cambios estructurales cerebrales y cognitivos a partir solo del movimiento coordinado de los miembros superiores del cuerpo, por lo que se sugiere que puede utilizarse como una herramienta de intervención para mejorar el funcionamiento cognitivo en poblaciones de adultos mayores con movilidad inferior limitada. Para probar su efectividad se aplicó un programa de intervención basado en los principios del malabarismo en cascada de tres pelotas conceptualizado en nueve niveles de dificultad ascendente; este programa estuvo conformado por 46 sesiones de una hora distribuidas a lo largo de seis meses. Para las mediciones pre y post intervención se realizó la evaluación del nivel de deterioro cognitivo, depresión y ansiedad y los procesos de atención, habilidades visoespaciales, planificación, control inhibitorio, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento, flexibilidad cognitiva y memoria en un grupo control y otro experimental. La muestra estuvo conformada por residentes de la Fundación para Ancianos Concepción Beistegui y finalmente quedó integrada por 10 mujeres con movilidad limitada, con un rango de edad de entre 65 y 105 años, de las cuales cinco pertenecieron al programa de intervención y cinco al grupo control emparejadas en función de la edad, escolaridad, tipo de entrenamiento rutinario y nivel de deterioro cognitivo. Las participantes del grupo que practicó el malabarismo obtuvieron mejores puntuaciones en las pruebas de planificación, velocidad de procesamiento, flexibilidad cognitiva y memoria, al comparar los resultados antes y después de la intervención y con relación a los resultados obtenidos por el grupo control. Así mismo, se identificó que en las participantes sin deterioro cognitivo o con un deterioro cognitivo moderado, también hubo un mejor desempeño después de la intervención en tareas relacionadas con memoria de trabajo visual y habilidades visoespaciales y hubo mayor estabilidad en el funcionamiento cognitivo global mediante la evaluación relacionada con la prueba Neuropsi Breve. Con esto, se sugiere que el malabarismo es una actividad que promueve procesos de neuroplasticidad aplicable en poblaciones de adultos mayores incluso con movilidad inferior limitada.



## **Introducción**

El envejecimiento suele acompañarse de pérdida de la autonomía y de la capacidad adaptativa que conllevan a una dependencia generalmente involuntaria, imprevista e indeseada por parte del adulto mayor (Vázquez, 2004) que puede llevar a una dependencia de cuidado de terceros (del Campo et al, 2018). Lo anterior hace necesario buscar estrategias eficaces y sostenibles que permitan mejorar la calidad de vida y aumentar la percepción de independencia y funcionalidad en el adulto mayor.

La investigación en torno al envejecimiento tiene como principales objetivos el conocer los procesos y los cambios celulares, estructurales y funcionales que subyacen a este proceso e identificar mecanismos de prevención e intervención para disminuir consecuencias negativas asociadas al envejecimiento biológico.

Aunado a los factores genéticos, se han identificado factores externos como moduladores en la expresión del envejecimiento, entre los cuales destacan la nutrición, el nivel de actividad física, la contaminación atmosférica y el consumo de sustancias como alcohol y tabaco, los cuales, influyen en la senescencia celular descrita en el envejecimiento (Rico-Rosillo et al, 2018).

El proceso de senescencia en el envejecimiento se relaciona con el declive de funciones orgánicas que conllevan al deterioro en otras áreas, por lo que el envejecimiento se sitúa en las dimensiones molecular, celular, fisiológica y morfológica que se expresa en el área social, psicológica, funcional y cognitiva del adulto mayor.

El deterioro en la fuerza y en la masa muscular y esquelética característicos de esta etapa de la vida, conlleva a un mayor riesgo de limitaciones en la movilidad, riesgo de caídas y aumento en la mortalidad (Liu et al, 2017).

A través de los años se han planteado diversas estrategias de intervención para atenuar o evitar los efectos discapacitantes del envejecimiento incluyendo terapias de reemplazo hormonal, modificaciones en la dieta, tratamientos farmacológicos y ejercicio físico (Fragala et al., 2015).

La práctica de ejercicio físico de forma regular, ha sido reconocido como una estrategia para disminuir algunos de los decrementos fisiológicos y cognitivos asociados al envejecimiento ya que se han demostrado diversos beneficios en esta población (Benton, 2015) al modificar favorablemente lo que se considera como envejecimiento normal (Fragala et al., 2015), por lo que se considera un factor protector para evitar la dependencia y discapacidad en esta población (Liu et al, 2017).

Se ha reportado, por ejemplo, que a nivel cardiovascular, el ejercicio físico permite disminuir los niveles totales de colesterol, presión sanguínea y ritmo cardíaco en reposo y disminuye el riesgo de infarto cardíaco. A nivel metabólico permite aumentar la sensibilidad a la insulina y disminuir los niveles de glucosa en la sangre; mientras que, a nivel psicológico, se ha asociado con mejora en el estado anímico y disminución en niveles de depresión y, a nivel físico, permite aumentar la tolerancia a la actividad física, velocidad de caminata y balance además de disminuir el riesgo de caídas (Benton, 2015).

En los adultos mayores, se ha identificado como una intervención clave para mejorar la función física y para enlentecer los cambios y resultados adversos que se asocian a la edad entre los cuales destaca el declive cognitivo y del estado emocional, así mismo, funciona como complemento en el manejo de enfermedades crónicas e influye positivamente en el desempeño y desplazamiento en las actividades de la vida diaria (Bherer et al, 2013; Chou et al, 2012).

Es importante destacar que los beneficios a nivel cerebral que pueden asociarse a su práctica, están bien descritos y se respaldan en evidencia a partir de pruebas de desempeño cognitivo, estudios de imagen y estudios electrofisiológicos (Guzmán-Cortés et al., 2015).

En términos generales, la práctica de ejercicio físico en adultos mayores se relaciona con un mejor desempeño del funcionamiento ejecutivo, atención y memoria, lo cual corresponde a un aumento en el volumen de la sustancia gris y blanca en sus correlatos neuroanatómicos en la corteza temporal, frontal, parietal e hipocampo (Guzmán-Cortés et al., 2015).

Adicionalmente, se ha identificado que el ejercicio físico actúa desde niveles moleculares (Mossner et al, 2017) y celulares (El-Sayes et al, 2019), lo que permite suponer un mecanismo de acción que probablemente incide también en algunos aspectos del envejecimiento celular.

Aunque se ha prestado gran atención al impacto del ejercicio físico para permitir el envejecimiento exitoso, una vasta cantidad de las investigaciones se centra en actividades de tipo aeróbico o que requieren de la movilización corporal completa para su ejecución, por lo que no puede ser realizada por la población de adultos mayores que presenta algún tipo de discapacidad que limita o condiciona su movilidad, actividades y funcionamiento, que de acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2014), en México representa el 26.3% del total de los adultos mayores, por lo que resulta importante identificar estrategias de intervención aplicables también en este sector poblacional.

El malabarismo es reconocido como un ejercicio anaeróbico de coordinación que depende de movimientos corporales de las extremidades superiores y que no requiere de espacios o materiales específicos para su práctica. Es además una actividad percepto-motora compleja que depende de habilidades motoras, sensoriales y cognitivas que permite su modificación para mantener un estado constante de demanda cognitiva para su aprendizaje (Beek & Lewbel, 1995), por lo que es importante evaluar su pertinencia como una alternativa de intervención en poblaciones de adultos mayores que presenten limitaciones en la movilidad.

## Capítulo 1

### Envejecimiento

El envejecimiento es un proceso de cambios morfofuncionales y celulares que se producen en el ser vivo con relación al paso del tiempo, en el cual, intervienen factores tanto genéticos como ambientales (Millán & Maseda, 2011), los cuales pueden llevar a debilitación sistémica y a la fragilidad fisiológica (Fragala et al, 2015). Este proceso puede ser dividido a su vez en envejecimiento primario y envejecimiento secundario (Papalia, Wendkos & Duskin, 2010).

El envejecimiento primario hace referencia al proceso gradual e inevitable de deterioro que tiene lugar a lo largo de los años, es decir, es el proceso biológico natural por el que pasan todos los seres humanos, mientras que el envejecimiento secundario es el resultado de factores individuales que, hasta cierto grado, pueden ser controlados por cada persona (Papalia et al, 2010) y que incluyen tipo de alimentación, régimen de actividad física, escolaridad, ocupación, consumo de sustancias y otros elementos que componen el estilo de vida de cada individuo.

Estos factores individuales, en conjunto con otros poblacionales y culturales conllevan a que algunas personas se deterioren más rápido que otras, lo que ha llevado a distinguir entre la edad cronológica y la edad biológica (Fragala 2015; Papalia et al 2010; Valero, 2010).

La edad cronológica se refiere a la edad numérica de una persona en años (Fragala et al., 2015), la cual es invariable de acuerdo con el año de nacimiento y permite la categorización de una persona en un grupo etario específico. Aunque puede existir una diferencia en el consenso del rango de edad cronológica que comprende a la vejez, la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2017) define como adulto mayor a aquellas personas mayores de 60 años.

Algunos autores han dividido además la vejez en tres etapas: viejo joven, comprendido por un grupo de edad de entre los 65 y 74 años, viejo viejo de entre 75 y 84 años y viejo de edad avanzada, grupo comprendido de los 85 años en adelante (Neugarten & Neugarten 1987 en Papalia et al, 2010).

Aunque esta división permite una mayor especificidad en la investigación del adulto mayor, hay que tomar en consideración que existe además una amplia variabilidad entre cada individuo (Fragala et al, 2015; Moody & Sasser, 2018), por lo que es necesario identificar la edad biológica, la cual se refiere al estado fisiológico y funcional de una persona (Fragala et al, 2015; Valero, 2010) y que es medible a partir de biomarcadores moleculares, basados en la expresión de la vejez a nivel genético y medidas clínicas como función metabólica, presión sanguínea, funcionamiento cognitivo, capacidad física, etc., que permiten identificar su expresión fenotípica (Jylhävä et al, 2017).

Con lo anterior, puede establecerse que la edad cronológica se encuentra estrechamente relacionada con el envejecimiento primario, mientras que la edad biológica es un reflejo del envejecimiento secundario, por lo que es posible encontrar dos individuos con una misma edad cronológica que difieran significativamente en el nivel de deterioro fisiológico y cognitivo que reflejan.

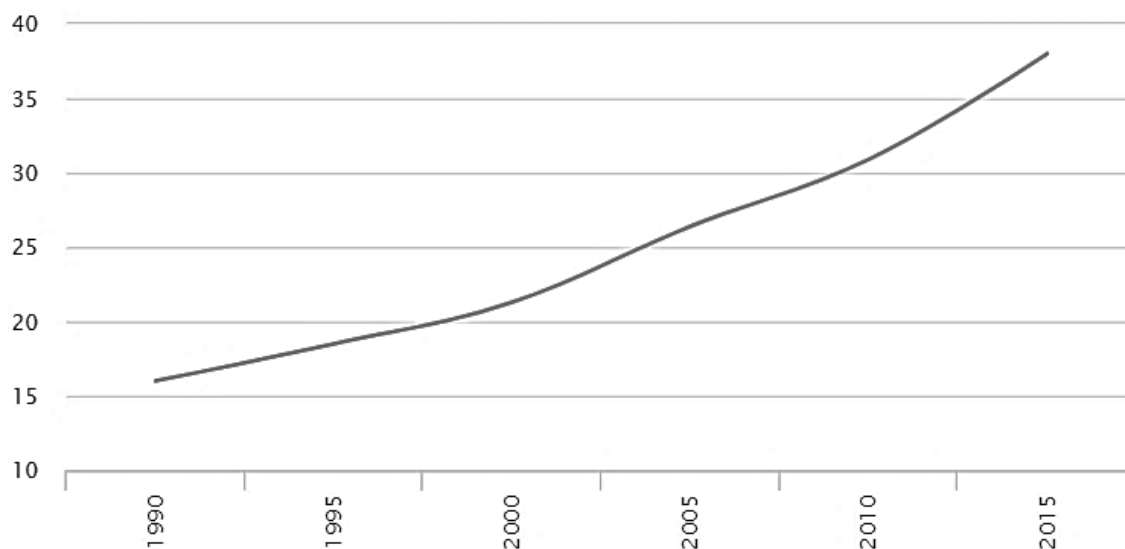
Así mismo, puede establecerse que el envejecimiento es un proceso sumamente específico, ya que la edad cronológica no necesariamente se corresponde con la edad biológica y, por lo tanto, no conlleva al mismo nivel de deterioro y dependencia en el adulto mayor.

Es por esto que, resulta importante analizar los factores individuales que pueden influenciar en el envejecimiento secundario para generar programas de intervención que se enfoquen en preservar el estado fisiológico y cognitivo así como la independencia durante la vejez.

## **Envejecimiento en México**

Como se puede observar en la figura 1, a nivel nacional existe una franca tendencia de aumento en el índice de envejecimiento de la población, ya que de 21 personas adultas mayores que había por cada 100 niños y jóvenes en el año 2000, para el 2015 habían 38 (INEGI, 2016). De forma general, en todos los estados de la República Mexicana habrá una transición de grupos de poblaciones jóvenes a una población más envejecida y, en 35 años más del 20% de los habitantes se encontrará en un rango de edad mayor a los

60 años, siendo estados como Quintana Roo, Baja California y el Estado de México aquellos en los que el envejecimiento demográfico se dará a un ritmo más acelerado (González, 2016).



**Figura 1.** Índice de envejecimiento en México.

Adultos mayores por cada 100 niños y adolescentes a nivel nacional de acuerdo con los datos obtenidos en la encuesta intercensal 2015. Tomada de INEGI (2016).

En relación con las dificultades físicas que pueden asociarse al envejecimiento, los datos estadísticos sugieren que el 26.9% de la población de adultos mayores en México presentan al menos una limitación en alguna actividad básica de la vida diaria y el 24.6% en alguna actividad instrumental (Manrique et al, 2013).

Es importante resaltar que del 26.3% del total de la población de este sector que presenta algún tipo de limitación (INEGI, 2014), el 18.4% presenta dificultad para caminar y el 34.9% ha sufrido al menos una caída en el lapso de un año (Manrique et al, 2013). En el año 2009, el 25.3% de los adultos mayores en México requirieron cuidados especiales en el hogar, de los cuales, un 74.8% refirió ser cuidado de tiempo completo y el 18.9% de estos fue debido a la presencia de alguna limitación física o mental (Inmujeres, 2010).

Adicionalmente, México cuentan con contextos socioeconómicos menos favorables que en países más desarrollados, lo que podría potenciar el deterioro en la calidad de vida de los adultos mayores (Vázquez, 2004).

Con respecto a los estilos de vida saludable, en el país se reporta que alrededor del 56% de la población de adultos mayores de 55 años, se mantienen sin ningún tipo de actividad física en su día a día y, que de todas las personas mayores de 18 años que realizan actividad física, alrededor del 45% no mantienen una activación física suficiente para obtener beneficios en la salud (INEGI, 2019).

### **Teorías del envejecimiento**

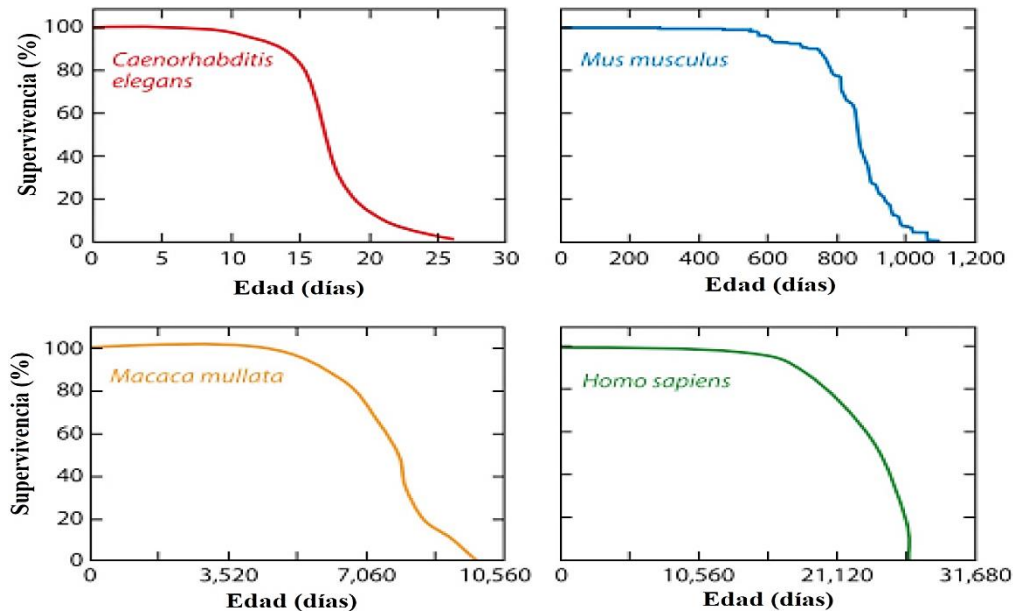
Para poder favorecer el envejecimiento saludable, es importante conocer los mecanismos que subyacen a este proceso con la finalidad de identificar áreas de oportunidad que permitan mejorar la calidad de vida a través de intervenciones.

Como se planteó previamente, aunque existen diferencias individuales en la expresión del envejecimiento, éste es un proceso biológico que tiene lugar en todos los seres vivos (Mitchell et al., 2015) que se acompaña de una pérdida progresiva de funciones tisulares y celulares lo que conlleva a un mayor riesgo de vulnerabilidad y enfermedad (Aulinas et al., 2013) y, que a su vez, disminuye la posibilidad de supervivencia en los organismos.

Se ha identificado que, aun cuando existen diferencias en la expectativa de vida dependiendo de la especie (figura 2), puede observarse una curva de envejecimiento muy consistente que puede relacionarse con el estado general de salud de los organismos (Mitchell et al., 2015), lo que apoya la universalidad del envejecimiento, siendo este un proceso constante en el que disminuye la capacidad para mantener la homeostasis en situaciones de estrés y, posteriormente, de reposo (Aulinas et al., 2013).

Respecto al envejecimiento en el ser humano, se han encontrado variaciones a nivel celular y metabólico que tienen una probable repercusión en la expresión del proceso (López-Otín et al, 2013). Sin embargo, existe un consenso en que la expresión fenotípica del envejecimiento, también llamada senectud,

es producto de una serie de cambios a nivel celular que, a su vez conllevan a alteraciones estructurales y metabólicas en los adultos mayores (Rico-Rosillo et al, 2018).



**Figura 2.** Universalidad del envejecimiento.

Se representan las curvas de envejecimiento expresadas en porcentaje de supervivencia a lo largo del ciclo de vida en cuatro diferentes especies. Tomada y modificada de Mitchell et al. (2015).

Aunque aún no se tiene una única tesis que explique el mecanismo exacto que conlleva al envejecimiento en los organismos, existen diversas teorías que conceptualizan los sucesos ocurridos en diferentes niveles, las cuales pueden considerarse como complementarias y no excluyentes entre sí.

Existe un grupo de teorías que apoya la idea de que el envejecimiento ocurre de forma secundaria al daño celular acumulado a través del tiempo, por lo que centran su objeto de estudio en los procesos y causas que conllevan a la senescencia celular, un proceso inevitable de gasto celular que es consecuencia del acúmulo progresivo y que lleva a un estado permanente de paro en el ciclo celular en respuesta a un estímulo dañino en una célula (De Jaeger, 2018).

Si bien existen diversas teorías que intentan explicar el proceso de envejecimiento, destacan tres que tienen su base de investigación en modelos animales y que han sido extrapoladas a modelos de envejecimiento en el ser humano:



- **Teoría del daño acumulativo en el ADN:** señala que existe un daño acumulativo debido a la deficiencia en la reparación del ADN lo que contribuye a un envejecimiento celular; se han identificado la inestabilidad genómica, el acortamiento de los telómeros, las alteraciones epigenéticas y la pérdida de proteostasis como los cuatro factores principales relacionados con este fenómeno, los cuales conllevan a la senescencia celular, disfunción mitocondrial y alteraciones en la sensibilidad a los nutrientes (del Campo et al, 2018).
- **Teoría de los radicales libres y el estrés oxidativo:** establece que las alteraciones asociadas con el envejecimiento son producto de la acumulación de destrucción de biomoléculas debido a reacciones con óxidos y peróxidos (Trevisan et al., 2019), numerosos estudios proponen un aumento del estrés en tejidos y células de animales de experimentación a lo largo de la edad, relacionándose con la expectativa de vida en los organismos (López-Otín et al., 2013).
- **Teoría mitocondrial:** señala que la senescencia celular es producto del daño causado al genoma mitocondrial en las células, en parte debido a la alta cantidad de agentes oxidantes generados en ellas. Este daño paulatino genera una pérdida progresiva de eficiencia e integridad funcional y aumenta la liberación de moléculas de oxígeno que a su vez provoca un aumento en el daño oxidativo (Rico-Rosillo et al., 2018) que trae consigo disfunciones mitocondriales asociadas al envejecimiento del organismo y presencia de patologías como deterioro cognitivo, desórdenes del movimiento, diabetes y fallas cardíacas (Rico-Rosillo et al., 2018), envejecimiento prematuro y reducción en la expectativa de vida de acuerdo con lo observado en modelos animales (López-Otín et al., 2013).

### **Limitaciones presentes en la vejez**

En conjunto, la acumulación excesiva de células senescentes en diferentes tejidos afecta las capacidades de regeneración en el organismo creando un ambiente favorable para la presentación y progresión de diversas patologías y deficiencias relacionadas con la edad (Hernandez-Segura et al., 2018).

Aunque se ha planteado que los factores individuales pueden influir en la expresión del envejecimiento secundario, existen procesos morfofuncionales y celulares que tienen lugar a través del paso del tiempo en todo individuo (Millán & Maseda, 2011) y, por lo tanto, tendrán su expresión eventual como parte del envejecimiento primario. Entre las consecuencias más evidentes del envejecimiento se encuentran el decremento en la función física, la pérdida en la resistencia fisiológica (Fragala et al., 2015) y el aumento progresivo en la susceptibilidad a enfermedades (Mitchell et al, 2015) lo cual impacta negativamente en la percepción de bienestar y calidad de vida en el adulto mayor.

Independientemente de la velocidad de envejecimiento, se sabe que este proceso trae consigo diversos cambios sistémicos en el individuo; por ejemplo, existen cambios en el sistema musculoesquelético aún en condiciones normales de envejecimiento, estos cambios se refieren a una disminución en la masa muscular que por lo regular comienza a partir de los 40 años y se acelera durante la sexta década de vida, lo que conlleva a una disminución en el mantenimiento de la postura, precisión de los movimientos y regulación de la temperatura corporal (Fragala, 2015).

La fuerza muscular es una de las capacidades físicas más relevantes en el adulto mayor y su pérdida se asocia a la disminución significativa de masa en la región transversal muscular secundaria a alteraciones en la regulación hormonal y al bajo nivel de actividad física (Ceballos et al, 2012). Así mismo, la debilidad muscular se ha descrito como un factor importante en la predicción de limitaciones en la movilidad y puede ser atribuida a alteraciones en la masa muscular, capacidad de contracción y activación neural (Fragala et al., 2015).

El envejecimiento también se encuentra relacionado con una disminución en la capacidad funcional del sistema cardiorrespiratorio debido a cambios estructurales y funcionales como hipertrofia miocárdica y disminución en la funcionalidad del ventrículo izquierdo que suele ser de un 5 a 14% por década. Sin embargo, este deterioro sólo es observable durante la ejecución de actividad física y no ante condiciones de descanso (Fragala, 2015).

Adicionalmente, diversos estudios describen la presencia de deficiencias en la síntesis de proteínas y disminución del anabolismo muscular (Kimball & Jefferson, 2002) y se ha sugerido que niveles altos de citocinas proinflamatorias forman parte de un mecanismo que contribuye a la distribución proteínica desproporcionada en el músculo envejecido que conlleva al decremento de la fuerza y de la masa muscular y con ello a la incapacidad motora (Fragala et al., 2015).

Con respecto al deterioro en otros sistemas sensoriales, se ha encontrado una alta incidencia de debilidad visual secundaria a causas funcionales como errores en la refracción no atendidos y a causas orgánicas, tales como cataratas, glaucoma, degeneración macular y retinopatía diabética (Pérès et al, 2017).

Así mismo, es común identificar pérdida de audición como resultado de cambios patológicos y fisiológicos asociados con la edad, que disminuyen de forma paulatina y progresiva el rango de percepción auditiva en esta población (Patel & McKinnon, 2018).

En conjunto, los cambios sistémicos y celulares anteriormente descritos pueden ser identificados como factores que llevan a limitaciones en la movilidad, independencia y funcionalidad en los adultos mayores, encontrándose por ejemplo, una mayor dificultad en la movilidad, mayor incidencia de caídas, fatiga, frustración y aislamiento, los que repercute a su vez en aspectos físicos, emocionales y cognitivos.

### **Neuropsicología de la vejez**

En cuanto a los cambios en el sistema nervioso, se ha observado una disminución en el número de neuronas y cambios en la organización sináptica, lo que a su vez conlleva a una reducción del tamaño del cerebro y deficiencias en la transferencia de información; lo que parcialmente es consecuencia de la disminución en el flujo sanguíneo cerebral debido a la acumulación de placas escleróticas (Fragala, 2015).

Los cambios neurobiológicos en el envejecimiento, producen a su vez cambios cognitivos graduales en diferentes procesos incluyendo las capacidades perceptivas visoespaciales (Habekost et al, 2013), atención (Podell et al, 2012), memoria (Casanova, Casanova & Casanova, 2004) y velocidad de

procesamiento (Eckert, 2011), aunado a alteraciones en el funcionamiento ejecutivo (Taconnat et al, 2007; Treitz et al, 2007).

Se ha descrito que en el adulto mayor se presenta una disminución en la velocidad de procesamiento de la información (Eckert, 2011), por lo que durante el proceso normal de envejecimiento tienden a decaer todas las tareas en donde es importante la velocidad. Esta lentificación general se ha relacionado con la degeneración de la sustancia blanca (Penke et al, 2010), lo que afecta procesos cognitivos específicos en distintos grados.

Uno de los problemas más frecuentes en el envejecimiento es el declive de la memoria, especialmente de la memoria episódica y de la memoria de trabajo (Cassanova et al, 2004). Las tareas de recuerdo libre sin pistas declinan con la edad, mientras que las de tareas de memoria por reconocimiento con pistas, se mantienen (Lorenzo & Fontán, 2003), además de que se conserva la capacidad para registrar nueva información y aunque los adultos mayores pueden retener prácticamente la misma información que los jóvenes, para lograrlo deben realizar un mayor número de ensayos (Nyberg et al, 2012).

Otro ejemplo de cómo algunas funciones cognitivas sufren una disminución en el envejecimiento es el de las habilidades visoespaciales y visoconstructivas (Habekost et al, 2013), ya que los adultos mayores presentan una disminución en el reconocimiento de figuras incompletas y errores en la copia de figuras bidimensionales y tridimensionales con pobre integración de los elementos y perseveraciones, además de una menor reproducción de elementos en orden al realizar la copia de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth (Rosselli & Ardila, 2003).

Con la edad también disminuye la flexibilidad mental y aumentan las perseveraciones en el Test de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin –WSCT- (Bugg et al, 2006) y hay una disminución en la fluidez verbal por categoría semántica o fonológica (Brickman et al, 2005).

Después de cumplir los 60 años de edad, se presentan cambios en la capacidad de planeación y solución de problemas, observándose un declive en los puntajes de la prueba de Torre de Londres (Bugg et

al, 2006; Köstering et al, 2014), así como un declive en la planeación de metas y en el tiempo de resolución de problemas demostrado por medio de distintas pruebas ejecutivas como el WSCT, la Torre de Hanoi y el Trail Making Test (Tacconnat et al, 2007; Treitz et al, 2007), además de fallas en el control atencional y en la memoria de trabajo (Podell et al, 2012).

Aunque en términos generales los cambios cognoscitivos asociados con el envejecimiento se inician alrededor de la cuarta o quinta década de la vida, dichos cambios se hacen evidentes en la memoria y en las habilidades espaciales a partir de la sexta, mientras que para las habilidades verbales es a partir de la octava década (Ardila, 2012).

En el envejecimiento no se ve alterada la capacidad para la denominación de imágenes, la memoria implícita (Nyberg et al, 2012) y los procesos lingüísticos (Ardila, 2012). Al parecer, las tareas de procesamiento automático del lenguaje no se ven alteradas mientras que el procesamiento que requiere un esfuerzo, sí se altera (Lindeboom & Weinstein, 2004).

Lo anterior permite comprender que el proceso de envejecimiento trae consigo también un declive a nivel cognoscitivo, por lo que resulta importante un constante monitoreo del estado de salud físico, afectivo y cognitivo de las personas de la tercera edad y señala la necesidad de encontrar alternativas que ayuden a detener dicho declive procurando así una mayor independencia y calidad de vida en el adulto mayor.

### **Estrategias de intervención en el envejecimiento**

Los modelos animales de intervención permiten realizar modificaciones y restricciones rigurosas para identificar la influencia de componentes genéticos y biológicos en la expresión del envejecimiento.

Estudios en ratones han demostrado que la restricción calórica y de aminoácidos esenciales como la metionina, aumenta la expectativa de vida máxima, siendo estas las únicas alternativas no genéticas ni farmacológicas de intervención (Miller et al, 2005).

Más aún, se han identificado variaciones en la longevidad de ratones en función a la manipulación del contenido de macronutrientes en la dieta, donde aquellos con una dieta baja en proteínas y alta en carbohidratos tienen una expectativa de vida (Solon et al, 2014).

Sin embargo, y pese a la potencial eficacia de las intervenciones nutricionales, su aplicación en humanos resulta complicada, puesto que se requiere de modificaciones muy rigurosas, tales como una disminución sustancial del consumo calórico o restricción de grandes grupos alimenticios presentes en la cotidianeidad, que pueden resultar contraproducentes y de difícil aplicación, especialmente en grupos con patologías de base como diabetes mellitus o hipertensión arterial sistémica.

En cuanto a las ciencias aplicadas como medicina, psicología y gerontología, se pueden realizar intervenciones que modifiquen los hábitos para impactar en el estado psicológico, cognitivo y funcional.

La neuropsicología, toma en cuenta los componentes psicológicos y cognitivos del envejecimiento y permite realizar mediciones en diversas áreas, que a su vez permiten la comprensión de los procesos afectados que pueden comprometer la calidad de vida, independencia y/o funcionamiento de cada individuo, permitiendo así, diseñar programas de intervención enfocados a la preservación, restitución, compensación o sustitución de los procesos afectados.

En los últimos años, se ha prestado una mayor atención a estrategias de intervención que tienen como finalidad la preservación de un estado cognitivo óptimo, ya que se ha identificado que el deterioro cognitivo es una de las principales variables que impacta en el funcionamiento y, de forma secundaria, en la calidad de vida del adulto mayor.

Si bien, existen diversas estrategias y programas de intervención, la activación física constituye un conjunto de estrategias que han mostrado su efectividad en diferentes aspectos cognitivos y sistémicos en el ser humano.

## Capítulo 2

### Actividad física y ejercicio físico

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020) la actividad física representa cualquier movimiento corporal producido a partir de los músculos esqueléticos y que tiene su gasto energético correspondiente, incluyendo cualquier movimiento realizado en contextos de ocio, trabajo, juego, cotidianeidad, etc.

De forma general, se ha demostrado que la activación física regular ayuda en el control y prevención de enfermedades no hereditarias ni transmisibles tales como padecimientos cardiacos, eventos cerebrovasculares, obesidad y diabetes mellitus y ayuda a mejorar el estado muscular, cardiorrespiratorio, óseo y funcional en poblaciones de cualquier grupo etario (OMS, 2020).

Es importante hacer una distinción entre la actividad física y el ejercicio físico, puesto que la mayoría de las investigaciones se centran en los beneficios obtenidos a partir del ejercicio físico.

Se entiende por ejercicio físico a la actividad física que requiere de movimientos corporales de grandes masas musculares, los cuales son planeados, estructurados y repetitivos, realizados con el fin de generar, mejorar o mantener uno o más componentes del acondicionamiento físico (American College of Sports Medicine, 2006).

A diferencia de la actividad física, tiene lugar en contextos determinados y bajo un conjunto de reglas, rutinas, equipamientos, requerimientos, etc. para su correcta práctica. De manera general, el ejercicio físico ha sido reconocido como una variable relacionada con la salud general, vinculándolo con beneficios a nivel físico, psicológico y cognitivo.

#### **Clasificación**

Existe una amplia variedad de ejercicios físicos los cuales pueden ser agrupados de acuerdo con diferentes clasificaciones, entre los que destaca la división en función de su tipo e intensidad en el ámbito de investigación. La clasificación del ejercicio físico con relación al tipo, permite dividirlo en ejercicio

aeróbico y ejercicio anaeróbico y responde al uso de los sustratos energéticos de ATP por cada molécula de glucosa durante su ejecución (Fernández, 2011).

El ejercicio aeróbico se basa en movimientos rítmicos continuos de regular intensidad con una duración mínima de 20 minutos con los cuales se movilizan grandes masas musculares al tiempo que se eleva la frecuencia cardiaca y se mejora la resistencia músculo-esquelética y cardiovascular, lo que a su vez induce cambios metabólicos, cardiovasculares y respiratorios en el organismo (Domínguez, 2010).

En cambio, el ejercicio anaeróbico afecta en menor medida los procesos energéticos y metabólicos e involucra actividades de intensidad variable con movimientos episódicos y de corta duración, caracterizadas por movimientos que conllevan al aumento de la fuerza muscular y con un escaso movimiento muscular y articular (Domínguez, 2011).

Con respecto a la clasificación en función de su intensidad le corresponde la misma clasificación planteada para la división de la actividad física, es decir en moderado e intenso en función del gasto metabólico requerido para su ejecución.

La actividad física se mide a partir de su gasto energético o consumo calórico en equivalentes metabólicos (MET) que representan la razón entre el metabolismo durante la realización de una actividad y el metabolismo en estado basal, donde cada MET equivale a 1 kilocaloría/kilogramo/hora (OMS, 2019).

De acuerdo con la OMS (2019) cuando el esfuerzo es moderado y el gasto es de entre 3 y 6 MET se considera una ejecución de actividad o ejercicio físico moderado, mientras que cuando se requiere de un gasto >6 MET y una alta cantidad de esfuerzo acompañado del aumento sustancial de la frecuencia cardiaca y respiratoria se considera como una actividad o ejercicio físico intenso.

Estas clasificaciones permiten realizar una categorización de los ejercicios realizados y estimar los mecanismos y beneficios asociados de acuerdo con lo establecido en diversas investigaciones, ya que aun cuando no se haya realizado una investigación exhaustiva en cada tipo de ejercicio físico, se puede estimar su equivalente con otros ejercicios que correspondan a la misma clasificación.



## **Beneficios asociados**

La práctica regular del ejercicio físico ha sido reconocida como un factor que beneficia el estado de salud y mejora el proceso de envejecimiento (Orozco et al, 2016) reduciendo rangos de morbilidad y mortalidad en diversas patologías no hereditarias ni transmisibles, sin embargo, dichos beneficios dependerán de factores como el tipo, intensidad y tiempo de práctica de cada ejercicio.

En términos generales, se ha encontrado una correlación negativa entre la práctica del ejercicio físico, independientemente del tipo, y problemas de la salud como sobrepeso, enfermedades de las arterias coronarias, diabetes mellitus tipo 2 (Reiner et al, 2013) y depresión (Josefsson et al, 2014).

Con respecto a la activación física en adultos mayores, se recomienda la realización de 150 a 300 minutos de actividad física moderada o entre 75 y 150 minutos de actividad física intensa distribuidos a lo largo de cada semana para poder obtener beneficios en el estado de salud (OMS, 2020).

En relación con el dominio cognitivo, se ha identificado que la práctica regular de ejercicio físico de tipo aeróbico representa un factor benéfico (Chou et al, 2012) que promueve la neuroplasticidad aumentando el volumen de la sustancia gris hipocampal (Erickson et al, 2011) y mejora el desempeño en tareas dependientes de atención alternante, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento, control ejecutivo (Penke et al, 2010) y memoria (Erickson et al, 2011; Griffin et al, 2011).

Además, la práctica regular de ejercicio físico parece disminuir el riesgo de padecer demencia vascular y demencia tipo Alzheimer, probablemente debido a la mejora en la circulación y el flujo sanguíneo cerebral (Arslan et al, 2010).

Si bien, un gran número de investigaciones se ha centrado en estudiar el impacto del ejercicio aeróbico en la cognición es importante prestar atención también al ejercicio anaeróbico y sus subtipos como los ejercicios de coordinación, estiramiento, fuerza y resistencia; esto debido a que los beneficios asociados serán diversos en función de cada tipo de ejercicio, aeróbico o anaeróbico, y sus correspondientes subtipos.

Aunque estos han sido estudiados en menor medida que los de tipo aeróbico (Voelcker-Rehage & Niemann, 2013) se han encontrado resultados satisfactorios y de una intensidad similar aunque con ciertas diferencias en los dominios beneficiados.

Se ha identificado, por ejemplo, que mientras el ejercicio físico de tipo aeróbico trae consigo un mejor desempeño en tareas de memoria episódica (Hötting et al, 2012) y una mayor activación cerebral en regiones sensoriomotoras (Voelcker-Rehage et al, 2011), el de tipo anaeróbico permite una mayor activación en regiones visoespaciales (Voelcker-Rehage et al, 2011) y un mejor desempeño en tareas relacionadas con procesos del funcionamiento ejecutivo, tales como atención (Hötting et al, 2012; Liu-Ambrose et al., 2015), resolución de problemas (Liu-Ambrose et al., 2015) y control inhibitorio (Liu-Ambrose, 2012).

Así mismo, se ha prestado atención a los beneficios a partir de ejercicios de coordinación, encontrándose que aquellos de mayor complejidad tienen un mayor efecto debido a su dependencia de circuitos frontales complejos (Best, 2010) y procesos cognitivos y perceptuales, relacionándose con cambios en el procesamiento de información y tareas dependientes de atención y habilidades de procesamiento y manipulación de información visoespacial (Voelcker-Rehage & Niemann, 2013).

De manera general, e independientemente de la duración, intensidad y tipo de ejercicio practicado existe evidencia que respalda que la actividad física impacta positivamente en aspectos psicológicos, fisiológicos y cognitivos, sin embargo, y a pesar de los beneficios asociados, existe una inactividad física generalizada a nivel mundial, que ha ido en aumento a pesar de las estrategias públicas implementadas en diferentes ámbitos, pasando de un 31.6% en 2001 a tan sólo un 36.8% en 2016 (OMS, 2020).

### **Mecanismo de acción**

Aunque, existen diferentes teorías e investigaciones que respaldan y describen el mecanismo de acción implicado en la neuroplasticidad secundaria a la práctica constante del ejercicio físico, Stillman y cols. (2016) proponen un modelo con cuatro niveles de análisis que describe los fenómenos ocurridos a

nivel molecular, celular, funcional-anatómico y estructural que dan lugar a los beneficios observables a partir de la práctica del ejercicio físico a largo plazo.

### *Nivel molecular*

En este primer nivel surgen alteraciones en la concentración de tres factores neurotróficos que participan en el cuidado y eficiencia del sistema nervioso (El-Sayes et al., 2019):

- 1. Factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF por sus siglas en inglés):** pertenece a la familia de los factores de crecimiento de las neurotrofinas y regula aspectos de la plasticidad neuronal (Mossner et al. 2007). Se ha descrito que el ejercicio físico permite el aumento de concentraciones de este factor, aumenta la eficacia de su transporte al sistema nervioso central (SNC) y mejora la regulación de las cascadas de señalización y transcripción (El-Sayes et al., 2019).
- 2. Factor de crecimiento tipo insulina - 1 (IGF-1 por sus siglas en inglés):** es un factor importante para el crecimiento y mantenimiento cerebral (Nieto-Estevez et al, 2016) y se ha descrito que la disminución de su concentración contribuye al deterioro cognitivo en adultos mayores (Tsai et al 2015). Aunque no existe evidencia consistente de la modificación de su concentración en adultos mayores, se ha identificado una correlación positiva entre el nivel de actividad física y los niveles de IGF-1 en adultos jóvenes (Ardawi et al, 2012).
- 3. Factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF, por sus siglas en inglés):** promueve la proliferación de precursores neuronales y brinda un ambiente vascular óptimo para el crecimiento neuronal (El-Sayes et al. 2019). Se ha identificado una correlación negativa entre sus niveles de concentración en muestras periféricas y el nivel de actividad física aeróbica, lo que sugiere una mayor demanda y transporte de este factor al SNC (El-Sayes et al. 2019).

### *Nivel celular*

El incremento de los factores anteriormente descritos facilita la presencia de procesos de génesis en el sistema nervioso, describiéndose cuatro principales procesos (El-Sayes et al, 2019):

1. **Gliogénesis:** mediado por el aumento de la concentración de BDNF e IGF-1, permite un ambiente óptimo para la formación de astrocitos, oligodendrocitos y microglías en el SNC.
2. **Neurogénesis:** proceso mediante el cual se generan nuevas neuronas en relación con el aumento en la concentración de BDNF, IGF-1 y VEGF en el SNC, enmarcándolos como reguladores de este proceso.
3. **Sinaptogénesis:** se sugiere que los factores BDNF e IGF-1 funcionan como reguladores para la formación y fortalecimiento de nuevas sinapsis como producto del ejercicio crónico, esto a través de modificaciones en la expresión de receptores AMPA y GABA.
4. **Angiogénesis:** el factor VEGF presenta un papel importante en la promoción de este proceso, a través del cual se favorece la formación de nuevos vasos sanguíneos que a su vez garantizan soporte y nutrición a las células del sistema nervioso.

### *Nivel estructural y funcional*

Los procesos de génesis inducen a su vez cambios en la estructura cerebral al aumentar el volumen de las sustancias gris y blanca, principalmente en las regiones corticales temporal, frontal, parietal e hipocampo (Guzmán-Cortés et al., 2015), adjudicándose esto a mejoras en la integridad neuronal, al aumento en la densidad de las mismas y en la mielinización (El-Sayes et al. 2019).

El ejercicio físico tiene una influencia en procesos del sistema nervioso que conllevan a cambios a partir de la experiencia. Redes neuronales, musculares y otros sistemas psicológicos se rigen bajo la ley de “úsalo o piérdelo” (Archer, 2014), por lo que la estimulación a partir del ejercicio permite el fortalecimiento de circuitos neuronales que son observables como modificaciones en el volumen cortical cerebral (Oliviero, 1986 en Tamorri, 2004).

Así mismo, se ha descrito una correlación entre los cambios estructurales y el funcionamiento cerebral entre los cuales destacan el mayor flujo sanguíneo cerebral y el aumento de la actividad neuronal

y de los receptores (El-Sayes et al. 2019), lo que a su vez facilita un funcionamiento cognitivo óptimo de diversos procesos.

### ***Nivel conductual***

Este último nivel es el más fácilmente observable y medible en poblaciones humanas y está caracterizado por cambios en el desempeño motor y cognitivo de los practicantes de actividad y ejercicio físico, producto de la cadena de cambios descritos anteriormente (El-Sayes et al. 2019).

Las demandas en el sistema cardiovascular del cuerpo mientras se realiza ejercicio inducen cambios que impactan en la cognición y pueden interactuar con componentes del ejercicio que dependen de procesamiento cognitivo (Best, 2010). A su vez, el ejercicio físico se encuentra estrechamente relacionado y depende de funciones ejecutivas y procesos cognitivos de orden superior, puesto que requiere un constante comportamiento dirigido a metas y de la coordinación de movimientos motores para alcanzar este fin (Best, 2010), lo que respalda los cambios en el desempeño encontrados a partir de la práctica del ejercicio físico.

Independientemente del mecanismo asociado, cada tipo de ejercicio físico requiere de diferentes habilidades para su correcto desempeño, las cuales se agrupan para generar los resultados esperados en la práctica con la máxima certeza, procurando el menor gasto temporal y energético por parte del individuo (Jarvis, 2006), con esto, el desarrollo de habilidades y mejora en el funcionamiento cognitivo dependerán también del tipo específico de ejercicio que se esté practicando.

### **Inactividad física en el adulto mayor**

En México, el 56% de los hombres y el 67.3% de las mujeres del total de la población mayor de 55 años se mantienen en inactividad física (INEGI, 2019), destacando entre las principales causas falta de espacios adecuados y seguros, falta de motivación, preferencia por actividades sedentarias, problemas de salud y desagrado por realizar actividad física (Secretaría de Salud, 2016).

Las etapas avanzadas de la adultez se acompañan de cambios fisiológicos que repercuten en la movilidad, funcionalidad e independencia de los individuos, entre las cuales destacan la disminución de la

capacidad aeróbica, la fuerza y la flexibilidad, así como los cambios en la composición corporal (Calero-Saa & Chaves-García, 2016).

Se ha establecido en esta población, que la debilidad muscular en extremidades inferiores es un fenómeno más común que el experimentado en extremidades superiores, representando un factor de riesgo importante para la presentación de caídas (Calero-Saa & Chaves-García, 2016).

A su vez, los adultos mayores con capacidad física limitada experimentan una disminución en la fuerza muscular, limitaciones motoras, dificultades en la ejecución de actividades básicas como desplazamiento y movimiento y presentan una mayor probabilidad de presentar caídas (Liu et al, 2017).

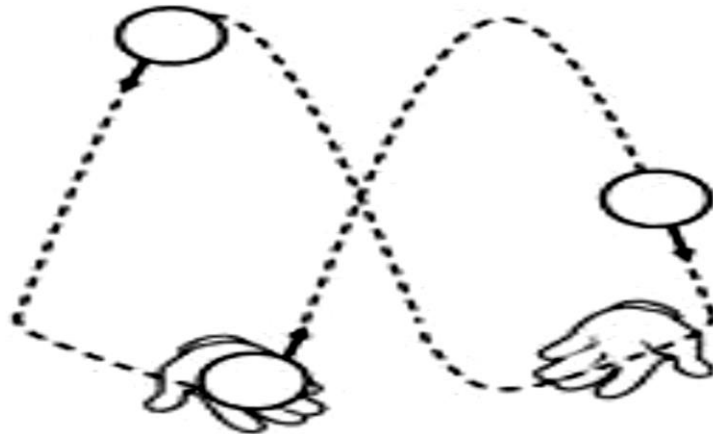
Lo anterior, presenta un panorama complicado en la implementación de programas de ejercicio físico que respondan a las necesidades y limitaciones propias de un sector de esta población, por lo que es importante buscar alternativas de ejercitación física viables en contextos de hogar y que no requieran de espacios ni equipos especializados, aplicables incluso en poblaciones con limitaciones motoras.

### Capítulo 3

#### Malabarismo

Existen diversas formas de malabarismo y su conceptualización dependerá del número y tipo de objetos manipulados y método empleado (Bebko et al, 2003), parte o partes del cuerpo con las que se realiza y patrón de manipulación entre otros, sin embargo, para fines del presente trabajo se hará referencia únicamente al malabarismo en cascada de tres pelotas a partir de la manipulación con las manos.

Para estos fines, el malabarismo puede ser definido como una tarea motora compleja caracterizada por la coordinación de movimientos cíclicos de extremidades superiores donde un objeto es lanzado a la mano contraria trazando una trayectoria elíptica y mientras este se encuentra en el punto más elevado de la trayectoria, se lanza otro objeto en dirección contraria; esta secuencia de movimientos se realiza de manera cíclica, alternada y repetitiva cada que un objeto es atrapado con una mano, con lo que se forma un patrón de figura en forma de ocho girada 90°; este patrón de manipulación puede ser realizado con diferente número de objetos, aunque generalmente se emplea un número non (Beek & Turvey, 1992; Hashizume & Matsuo, 2004).



**Figura 3.** Patrón formado durante el malabarismo en cascada de tres pelotas

El malabarismo puede ser categorizado como un ejercicio anaeróbico de coordinación ya que involucra movimientos episódicos, de corta duración y de intensidad variable (Cashmore, 2008), para el cual se requiere un gasto energético estimado de 4.0 METs (Ainsworth et al, 2011), con lo que puede ser categorizado como una actividad física de intensidad moderada (OMS, 2019).

De manera general, depende de elementos cognitivos y perceptuales necesarios para la adaptación y anticipación tales como coordinación motora fina, coordinación ojo-mano, orientación espacial y reacción a los objetos en movimiento (Voelcker-Rehage & Niemann, 2013).

Aun cuando la base motora necesaria para su producción es de carácter repetitivo, existe un proceso de aceleración y desaceleración en los objetos lanzados por lo que resulta en una secuencia compleja de sincronización de los movimientos de las manos (Haibach et al, 2004) por lo que requiere de procesos complejos y el entrenamiento de habilidades y aspectos específicos para su correcta ejecución.

Así, puede establecerse que es una actividad percepto-motora compleja, la cual mantiene su fundamento esencial en elementos y relaciones espaciotemporales (Haibach et al, 2004), habilidades visomotoras complejas (Sampaio-Baptista et al., 2014), de coordinación sensoriomotora y búsqueda visual (Dessing et al, 2012) que se complementan con la participación de componentes temporales y de anticipación (Wolfensteller, 2009).

Aunque su ejecución es una tarea bimanual que requiere principalmente de movimientos de brazos y manos (Sampaio-Baptista et al., 2014) se basa en un ajuste intencional y flexible del cuerpo y sus movimientos con su correspondiente estimación de efecto y fuerza, lo que se relaciona con aspectos visomotores complejos (Wolfensteller, 2009) y se apoya en las habilidades de búsqueda visual y coordinación sensoriomotora para la manipulación de los objetos (Dessing et al, 2012).

Adicional a la participación de sistema sensoriomotor (Tsukazaki et al 2012) requiere la activación de los sistemas visual, propioceptivo, háptico y respiratorio (Mapelli et al, 2012; Tsukazaki et al 2012) para la integración de información de fuentes aferentes como la visión, información muscular y sensación cinemática entre otras.

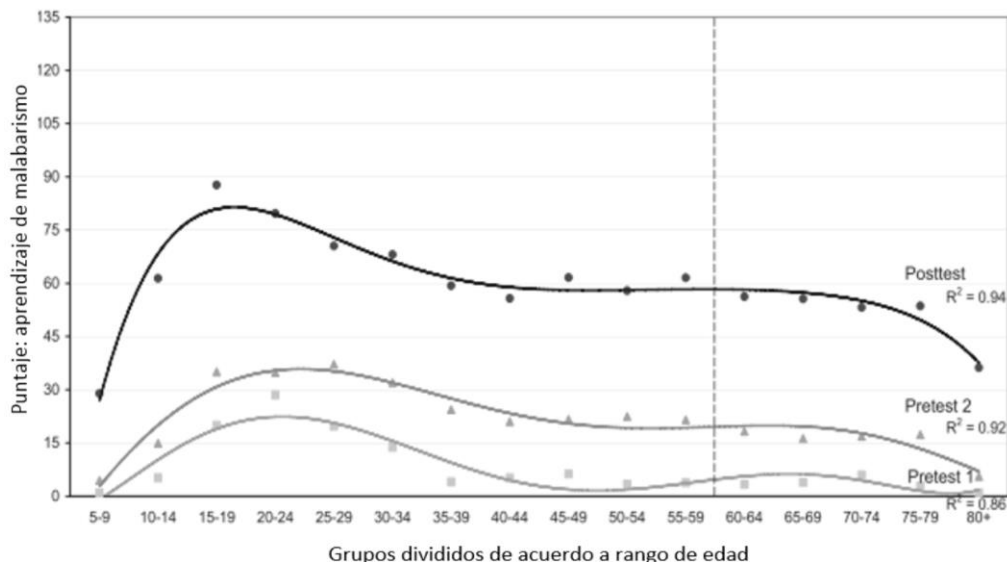
El malabarismo representa una actividad compleja ya que depende de las tres categorías de habilidades que se han establecido como necesarias para la práctica, aprendizaje y ejecución de un deporte (Jarvis, 2006): habilidades motoras para la producción de las secuencias complejas de movimiento,



habilidades sensoriales para la constante recepción de información y su correspondiente adaptación y habilidades cognitivas importantes para la anticipación y la toma de decisiones de los movimientos necesarios para mantener una adecuada fluidez en la ejecución de la tarea. Es decir, su ejecución requiere de la dualidad pensamiento-acción para ejecutar la tarea satisfactoriamente, basándose en una serie de procesos interdependientes que se encuentran interconectados en diversas estructuras cerebrales (Wolfensteller, 2009).

## Ventajas

El malabarismo es un ejercicio físico novedoso que puede distinguirse por ser motivante, factible de aprendizaje a lo largo de todo el ciclo de vida y no necesitar experiencia previa ni habilidades físicas como resistencia o flexibilidad para completar la tarea (Voelcker-Rehage & Willimczik, 2006), por lo que se ha sugerido que solo se requieren de algunas horas de práctica para comprender la base necesaria para su ejecución (Beek & Lewbel, 1995) y que puede ser practicado y aprendido por individuos en edades desde los 5 hasta los 89 años (Figura 4), encontrándose una diferencia de un aprendizaje más rápido en adolescentes y adultos jóvenes (Voelcker-Rehage & Willimczik, 2006).



**Figura 4.** Aprendizaje de malabarismo en diferentes rangos de edad.

Se representa el proceso de aprendizaje antes de enseñanza (Pretest 1), después de instrucciones semánticas (Pretest 2) y después de seis meses de práctica (Posttest). Tomada y modificada de Voelcker-Rehage & Willimczik, (2006).

La adquisición de las habilidades necesarias para su ejecución sigue un proceso gradual que pasa por una etapa cognitiva que depende de la concentración para analizar el patrón de desempeño, una etapa asociativa en la cual la práctica disminuye el nivel de pensamiento acerca del desempeño y por una última etapa autónoma en la cual se domina la habilidad y el esfuerzo consciente para ejecutarla se vuelve mínimo, llevando a una automatización de la tarea (Jarvis, 2006).

Sin embargo, a diferencia de otras actividades es posible incrementar el nivel de dificultad de la tarea agregando más objetos o patrones para regresar a una etapa cognitiva durante su práctica, convirtiéndolo en una actividad con propiedades complejas, pero al mismo tiempo ampliamente moldeable (Beek & Lewbel, 1995).

Es además una actividad de baja intensidad particularmente adecuada para poblaciones de adultos mayores, para quienes se sugiere cuidar el nivel de intensidad de las actividades en los programas de intervención y que no requiere de espacios o equipos especiales, pudiendo emplearse tres objetos del mismo peso tales como pelotas, bufandas, calcetines, etc. en cualquier espacio del hogar.

Por último, la primacía de movimientos de extremidades superiores para su ejecución lo convierte en una actividad aplicable en condiciones de movilidad limitada, fragilidad muscular, deficiencias en el equilibrio y discapacidad de los miembros inferiores.

### **Cambios estructurales y funcionales asociados a su práctica**

Aunque la investigación del malabarismo desde el ámbito de las neurociencias es relativamente nueva y existen pocos estudios al respecto, existe una relación entre los resultados obtenidos a nivel estructural y conductual, lo que lo convierte en una estrategia de intervención plausible para su aplicación.

La primera investigación realizada en esta área fue realizada por Draganski y colaboradores (2004) quienes identificaron que tres meses de entrenamiento de malabarismo en adultos jóvenes aumentan el volumen de la sustancia gris de manera bilateral en el área temporomedial de la corteza visual (hMT/V5) y en el surco intraparietal izquierdo, mismos que disminuyen después de suspender el entrenamiento, esto

medido mediante estudios de resonancia magnética realizados antes, después del periodo de entrenamiento y después de tres meses sin entrenamiento.

Empleando la misma metodología Driemeyer y colaboradores (2008) encontraron cambios en el área hMT/V5 después de tan solo 7 días de práctica y posterior a un mes aumento en el volumen de la sustancia gris en el lóbulo parietal inferior, giro frontal superior, giro temporal medial y corteza cingulada, los cuales disminuyen nuevamente ante la suspensión del entrenamiento.

También se han identificado variaciones a partir de periodos más cortos de entrenamiento, encontrándose modificaciones en la anisotropía factorial de la sustancia blanca subyacente al surco intraparietal y aumento del volumen de la sustancia gris en corteza parietal y medial después de 6 meses de entrenamiento (Sholz et al 2009). En relación con su influencia en adultos mayores, se han reportado cambios en hMT/V5, corteza frontal, corteza cingulada, hipocampo y giro precentral después de 3 meses de entrenamiento, los cuales disminuyen nuevamente al suspender el entrenamiento, aunque sin llegar al mismo volumen de la línea base (Boyke et al, 2008).

Es importante mencionar que no se ha identificado que la intensidad de la práctica defina el rango de aprendizaje, encontrándose un aumento de volumen en hMT/V5, corteza parietal e ínsula después de 6 semanas de entrenamiento sin ser diferentes de forma significativa entre grupos con variaciones en la intensidad de entrenamiento (Sampaio-Baptista et al, 2014).

### **Cambios conductuales asociados a su práctica**

El malabarismo ha sido empleado como programa complementario de intervención en pacientes con ansiedad, demostrando ser de ayuda para la disminución del estado de ansiedad, depresión y puntuaciones en escalas de enojo-hostilidad después de 6 meses de práctica (Nakahara et al, 2007).

Se ha encontrado también que tres meses de su práctica influyen en la mejora tareas de rotación mental mejorando la velocidad de procesamiento en niños (Jansen et al, 2011) y adultos (Jansen et al, 2009) y el desempeño en niños con espina bífida (Lehmann & Jansen, 2012).

Adicionalmente, se ha reportado que adultos jóvenes malabaristas tienen un mejor desempeño en tareas que evalúan control inhibitorio, toma de decisiones, memoria y atención relacionados con estímulos visuales, al ser comparados con adultos jóvenes no practicantes de esta actividad (Vera, 2017).

Existe una correspondencia entre los resultados encontrados a nivel estructural y conductual reportados en las investigaciones que se han centrado en el estudio de esta práctica en adultos jóvenes; existiendo una posible relación entre el mejor desempeño en tareas de rotación mental (Jansen et al, 2009), memoria y atención visoespaciales (Vera, 2017) y las variaciones observadas en el área hMT/V5 (Draganski et al., 2004; Driemeyer et al, 2008; Sampaio-Baptista et al, 2014; Sholz et al., 2009) y surco intraparietal izquierdo (Draganski et al, 2004; Sholz et al 2009).

Sin embargo, si bien se ha explorado la viabilidad de su enseñanza (Voelcker-Rehage & Willimczik, 2006) y los cambios a nivel estructural secundarios a su práctica (Boyke et al, 2008) en adultos mayores, no existe evidencia sobre su impacto en el nivel conductual o funcionamiento cognitivo, por lo que es importante identificar si esta actividad tiene un impacto en este grupo etario.

## Justificación

El envejecimiento es un proceso irreversible que trae consigo el deterioro de funciones sistémicas, físicas y cognitivas que afectan el funcionamiento cognitivo y la calidad de vida de los adultos mayores, por lo que es importante generar programas enfocados a disminuir este deterioro.

A través de los años se han probado diversas estrategias de intervención que permiten atenuar algunas de las consecuencias propias del envejecimiento, señalando al ejercicio físico aeróbico como una de las estrategias más efectivas. Sin embargo, las estadísticas en México sugieren que más de un 25% del total de la población de adultos mayores presenta algún tipo de limitación motora (Manrique et al, 2013) que le impide realizar este tipo de ejercicio.

Adicionalmente, se ha identificado que la falta de equipo e instalaciones adecuadas en el hogar, falta de instituciones deportivas cerca de sus hogares, percepción de inseguridad en la calle, parques e instituciones deportivas y poca capacidad de disfrute de la actividad, son variables que pueden llevar a los adultos mayores a no realizar algún ejercicio físico (Ceballos et al, 2012).

Debido a lo anterior se deben explorar alternativas para poblaciones que no cuenta con las condiciones necesarias para realizar algún tipo de ejercicio físico o cuya movilidad es limitada.

El malabarismo, es un ejercicio físico de coordinación de intensidad moderada que requiere solo la movilidad de los miembros superiores del cuerpo, pudiendo ser practicado incluso sentado. Cuenta además con un carácter lúdico, requiere de materiales de bajo costo y es de fácil enseñanza a poblaciones en diferentes rangos de edad.

En la actualidad, existe información acerca de cambios benéficos estructurales obtenidos a partir de su práctica tanto en adultos jóvenes como en adultos mayores, en los cuales se han observado mejorías funcionales, lo que sugiere que el malabarismo puede ser una actividad útil para mejorar el funcionamiento cognitivo en poblaciones de adultos mayores incluso con movilidad limitada.

## **Pregunta de investigación**

¿Es el malabarismo un ejercicio físico de coordinación que mejora el funcionamiento cognitivo de adultos mayores con movilidad inferior limitada?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Identificar si un programa de intervención de 6 meses de malabarismo mejora el funcionamiento cognitivo en adultos mayores con movilidad limitada.

### **Objetivos específicos**

1. Identificar si existen diferencias en el funcionamiento cognitivo antes y después de una intervención de 6 meses de malabarismo en adultos mayores con movilidad inferior limitada.
2. Identificar si el nivel de deterioro cognitivo (sin deterioro, o con deterioro leve, moderado o severo) influye en los beneficios obtenidos a partir del entrenamiento de malabarismo.

## **Hipótesis**

**H1.** Existirá un mejor funcionamiento cognitivo después de una intervención de 6 meses de malabarismo en un grupo de adultos mayores con movilidad inferior limitada.

**H0.** No existirán un mejor funcionamiento cognitivo después de una intervención de 6 meses de malabarismo en un grupo de adultos mayores con movilidad inferior limitada.

**H2.** El nivel de deterioro cognitivo será una variable que influya en los beneficios obtenidos a partir del entrenamiento de malabarismo.

**H0.** El nivel de deterioro cognitivo no será una variable que influya en los beneficios obtenidos a partir del entrenamiento de malabarismo.

## Método

### Participantes

La recolección inicial de la muestra estuvo conformada por 114 participantes, de los cuales solo quedaron 10 adultos mayores que conformaron la muestra final del estudio. Todos tenían movilidad de miembros inferiores limitada, lo cual los obligaba a permanecer en silla de ruedas o limitaba su capacidad para desplazarse con autonomía o mantenerse de pie por periodos prolongados de tiempo. Todos los participantes fueron mujeres, residentes de la Fundación para Ancianos Concepción Beistegui que cumplieron con los siguientes criterios:

#### *Criterios de inclusión*

- Edad  $\geq$  de 60 años
- Movilidad limitada de miembros inferiores (A)
- En caso de padecer hipertensión arterial sistémica, diabetes mellitus y/u otro padecimiento crónico, se requiere control mediante tratamiento farmacológico
- Firma de consentimiento informado por parte del residente y el familiar responsable

#### *Criterios de exclusión*

- Limitación motora en extremidades superiores
- Limitaciones sensoriales no corregibles
- Enfermedades neurológicas y/o psiquiátricas
- Pertenecer a otro programa de estimulación en la fundación
- Práctica de actividad física de alto impacto
- Diagnóstico confirmado de Trastorno Neurocognitivo Mayor de acuerdo con los criterios del DSM-5 (Asociación Americana de Psiquiatría, 2013).

Adicionalmente, todas las participantes se mantuvieron bajo las mismas condiciones de cuidado, alimentación, higiene y aliño, instalaciones, seguimiento médico y esquema de actividades y visitas.

Las participantes fueron incluidas en el estudio mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia en función a las características establecidas para cumplir los objetivos de esta investigación. De las 10 participantes seleccionadas, cinco pertenecieron al grupo de enseñanza de malabarismo y fueron pareadas de acuerdo con su edad, escolaridad, antigüedad en la fundación, nivel de deterioro cognitivo y tipo de actividad rutinaria con otras cinco participantes que constituyeron el grupo control.

Por tipo de actividad rutinaria se hace referencia a la terapia practicada de forma cotidiana por cada participante siendo estas: terapia ocupacional (dos horas diarias de actividades de dibujo y manualidades), terapia física (20 minutos diarios de ejercicios de estiramiento y caminata con apoyo de barras) o ambas.

### **Instrumentos**

Se realizaron tres fases de evaluación para las cuales se eligieron dos baterías de instrumentos, la primera de ellas para valorar la pertinencia de su inclusión en el proyecto a partir de la revisión de casos y pruebas de screening y la segunda para la evaluación neuropsicológica previa y posterior a la intervención (Tabla 1), las pruebas de screening se aplicaron nuevamente al finalizar el periodo de intervención.

**Tabla 1.** Instrumentos aplicados por cada fase

	<b>Instrumentos</b>
<b>Valoración para inclusión</b>	Revisión de expedientes* Cuestionario de entrevista
<b>Screening*</b>	Evaluación Cognitiva Montreal (MoCA) Evaluación neuropsicológica breve (Neuropsi Breve) Escala geriátrica de depresión de Yesavage (GDS) Inventario de Ansiedad de Beck (BAI)
<b>Evaluación neuropsicológica*</b>	Figura compleja de Rey -Osterich (FCR-O) Test Stroop (TS) Test modificado de clasificación de cartas Wisconsin (M-WCST) Torre de Londres (ToL) Subpruebas Neuropsi Atención y Memoria (NAyM): Cubos en progresión y cubos en regresión Subpruebas Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos (WAIS-IV): diseño con cubos, dígitos, búsqueda de símbolos y clave de números Subpruebas Programa Integrado de Evaluación Neuropsicológica (PIEN): memoria de textos y aprendizaje de palabras

NOTA: \*Conjuntos de pruebas aplicados antes y después del programa de intervención



### *Valoración para inclusión al proyecto*

- **Revisión de expedientes:** Se realizó una revisión de los datos contenidos en los expedientes para descartar a aquellos residentes que no cumplieran con los criterios establecidos para esta investigación, así mismo se obtuvo a partir de ellos los datos demográficos, antecedentes personales patológicos y no patológicos, esquema de tratamiento farmacológico y registro de visitas.
- **Cuestionario de entrevista:** Se realizó un cuestionario semiestructurado breve para obtener información acerca de las actividades diarias y la escolaridad, ocupación, entrenamiento físico y otros antecedentes de importancia.

### *Pruebas de Screening*

- **Evaluación Cognitiva Montreal -MoCA- Versión en Español** (Nasreddine et al, 2005): Instrumento diseñado para evaluar las disfunciones cognitivas leves. Las puntuaciones <24 consideran deterioro cognitivo severo, 24, 25 y 26 deterioro cognitivo leve y puntuaciones >26 consideran un funcionamiento cognitivo sin deterioro (Aguilar-Navarro et al, 2018).
- **Evaluación Neuropsicológica breve en español – Neuropsi Breve-** (Ostroski et al, 2015): Batería neuropsicológica que permite categorizar el nivel de deterioro cognitivo en cuatro grupos: sin deterioro, deterioro leve, deterioro moderado y deterioro severo; considerando edad y escolaridad.
- **Escala de depresión geriátrica de Yesavage -GDS-** (Salamero, 1992): Cuestionario diseñado para la evaluación de la presencia de indicadores de depresión en adultos mayores. Las puntuaciones consideran la presencia de depresión en puntuaciones iguales o mayores a 11.
- **Inventario de ansiedad de Beck -BAI-** (Sanz et al, 2011): Inventario que evalúa la severidad de la presencia de 21 síntomas de ansiedad fisiológica y cognitiva. La puntuación media en pacientes con ansiedad es de 25 y en sujetos normales es de 15.

### *Evaluación Neuropsicológica*

- **Figura compleja de Rey-Osterrieth -FCR-O-** (Rey, 1994): Evalúa habilidades visoespaciales, mediante la calificación de puntuación de copia y recuerdo empleando los datos

normativos para población mexicana de acuerdo con edad y escolaridad (Rivera et al, 2015a).

- **Test Stroop -TS-** (Golden, 2010): Permite evaluar control inhibitorio mediante la calificación de las puntuaciones directas palabra, color, palabra-color, errores palabra-color e interferencia a partir de la nacionalidad, edad y escolaridad de los participantes (Rivera et al, 2015b).
- **Test modificado de clasificación de tarjetas Wisconsin -M-WCST-** (Shretlen, 2001): Versión breve del WCST que permite evaluar la flexibilidad cognitiva mediante las categorías completadas, errores perseverativos y número de errores de acuerdo con la nacionalidad, edad y escolaridad (Arango-Lasparilla et al, 2015) y considerando porcentaje de errores perseverativos.
- **Torre de Londres -ToL-** (Culberstone & Zillmer, 2005): Evalúa el funcionamiento ejecutivo mediante el total de correctas y movimientos, tiempos de inicio, ejecución y total y violacioness
- **Subpruebas Neuropsi Atención y Memoria -NAyM-** (Ostroski et al, 2012):
  - **Cubos en progresión y cubos en regresión:** Tareas de dificultad creciente que permiten evaluar memoria de trabajo y atención en relación con procesos visoespaciales mediante el registro de elementos máximos recordados en orden directo e inverso.
- **Subprueba Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos -WAIS-IV-** (Wechsler, 2014): Las puntuaciones fueron comparadas con las puntuaciones estandarizadas de acuerdo con el país y la edad en los siguientes rubros:
  - **Diseño con cubos:** Subprueba empleada para la evaluación de praxias visuoconstructivas mediante la calificación de puntuación total.
  - **Dígitos:** Evalúa atención, memoria auditiva inmediata y memoria de trabajo, mediante los elementos máximos recordados en orden directo, inverso y creciente y puntuación total.
  - **Búsqueda de símbolos y Claves:** Evalúa la velocidad de procesamiento y la atención mediante la calificación de la puntuación total para cada una.
- **Subpruebas Programa Integrado de Evaluación Neuropsicológica -PIEN-** (Peña, 1991):

- **Memoria de textos:** tareas empleadas para la evaluación de memoria mediante la evaluación de recuerdo inmediato y diferido en las condiciones espontáneo y con preguntas comparados con los baremos para población mexicana de acuerdo con el grupo de edad y escolaridad.
- **Aprendizaje de palabras:** aprendizaje mediante el número de aciertos comparados con baremos de población equivalente de acuerdo con la edad y escolaridad.

## **Variables**

### ***Variable independiente***

- **Programa de intervención de malabarismo:** el malabarismo es un ejercicio anaeróbico de coordinación caracterizado por la coordinación de movimientos cíclicos de extremidades superiores donde un objeto es lanzado a la mano contraria trazando una trayectoria elíptica y mientras este se encuentra en el punto más elevado de la trayectoria, se lanza otro objeto en dirección contraria; esta secuencia de movimientos se realiza de manera cíclica, alternada y repetitiva cada que un objeto es atrapado con una mano, con lo que se forma un patrón de figura en forma de ocho girada 90°; este patrón de manipulación puede ser realizado con diferente número de objetos (Beek & Turvey, 1992; Hashizume & Matsuo, 2004).

### ***Variable interviniente***

- **Nivel de deterioro cognitivo:** disminución del rendimiento en al menos una de las capacidades cognitivas, categorizado mediante los resultados obtenidos en la prueba Neuropsi Breve categorizados en: sin deterioro, deterioro leve, deterioro moderado y deterioro severo.

### ***Variables dependientes***

- **Depresión:** presencia o ausencia de estado anímico deprimido de acuerdo con el resultado obtenido en la escala de depresión geriátrica de Yesavage.
- **Ansiedad:** presencia o ausencia de ansiedad de acuerdo con el resultado obtenido en el Inventario de Ansiedad de Beck.

- **Habilidades visoespaciales:** son el conjunto de habilidades necesarias para el procesamiento espacial el cual permite percibir e integrar información perteneciente a un lugar determinado en el espacio (Ruocco & Irani, 2011). Evaluadas mediante las puntuaciones obtenidas en la tarea de diseño con cubos del WAIS-IV y la copia de la FCR-O.
- **Atención:** proceso que se encarga de realizar la selección de la información que ha entrado al sistema nervioso para su procesamiento adicional, permitiendo al individuo responder a un evento logrando un cambio en su ambiente (Anderson, 2008). Este proceso fue evaluado mediante el número total de elementos recordados en su modalidad visual mediante la tarea de cubos en progresión del NAYM y en su modalidad audioverbal con dígitos en orden directo del WAIS-IV.
- **Planificación:** es la capacidad para identificar la serie de pasos necesarios para completar una meta o resolver un problema, mediante la habilidad de percibir acciones futuras y sus efectos (Friedman & Scholnick, 2014). Evaluada mediante el total correctas y de movimientos de ToL.
- **Control inhibitorio:** permite anular una parte o la totalidad de otros procesos mentales (Macleod, 2007) para regular y controlar las tendencias a generar respuestas impulsivas originadas en otras estructuras cerebrales (Flores, Ostrosky & Lozano, 2012). Este proceso fue evaluado mediante los puntajes de violaciones totales de ToL, Total palabra-color e índice interferencia del TS.
- **Memoria:** se refiere a la serie de procesos involucrados en la adquisición de información y su subsecuente recuerdo (Louse, 2011). Fue evaluada mediante los puntajes obtenidos en las tareas de memoria de textos y aprendizaje de palabras del PIEN y recuerdo de FCR-O
- **Memoria de trabajo:** sistema que permite trabajar contenidos de la memoria en línea, guiando y planificando el comportamiento dirigido a fines. Es un sistema activo que mantiene y manipula la información (Fuster, 2007). Fue evaluada en su modalidad visual mediante el total de elementos en cubos en regresión de NAYM y en su modalidad audioverbal mediante los elementos en orden inverso y creciente de dígitos del WAIS-IV.

- **Velocidad de procesamiento:** tiempo de reacción y ejecución para la realización de tareas evaluado mediante las puntuaciones de tiempo de inicio, ejecución y total de Torre de Londres, total palabra y total color del TS y la puntuación en claves y búsqueda de símbolos del WAIS-IV.
- **Flexibilidad cognitiva:** capacidad para adaptar respuestas a nuevas contingencias o estímulos generando nuevos patrones de conducta, al mismo tiempo que se inhiben aquellas respuestas que resultan inadecuadas (Portellano & García, 2014). Evaluada mediante los puntajes de la tarea M-WSCT.

**Tabla 2.** Descripción de variables evaluadas

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL		
		INSTRUMENTO	INDICADOR	PUNTUACIÓN
<b>Deterioro cognitivo</b>	Disminución del rendimiento de al menos, una de las capacidades cognitivas. Delimitado en ausente, leve, moderado o severo	MoCA	Puntuación Total	Directa
		Neuropsi breve	Puntuación total Nivel de deterioro	Directa
<b>Presencia depresión</b>	Presencia o ausencia de indicadores relacionados con Trastorno depresivo mayor	Escala de depresión geriátrica de Yesavage	Puntuación total*	Directa
<b>Presencia ansiedad</b>	Presencia o ausencia de indicadores relacionados con expresión fisiológica y somática de la ansiedad	Inventario de ansiedad de Beck	Puntuación total*	Directa
<b>Atención</b>	Proceso encargado de realizar la selección de la información para su procesamiento adicional, permitiendo una respuesta	Subprueba WAIS-IV: Dígitos	Elementos orden directo	Directa
		Subprueba NAYM: Cubos de Corsi	Elementos orden directo	Directa
<b>Presencia ansiedad</b>	Presencia o ausencia de indicadores relacionados con expresión fisiológica y somática de la ansiedad	Inventario de ansiedad de Beck	Puntuación total*	Directa
<b>Habilidades visoespaciales</b>	Habilidades necesarias para el procesamiento espacial el cual permite percibir e integrar información perteneciente a un lugar determinado en el espacio	Subprueba WAIS-IV: diseño con cubos	Puntuación total	Escalar
		Figura compleja de Rey-Osterrieth	Puntuación copia	Percentil
<b>Planificación</b>	Capacidad para identificar los pasos necesarios para completar una meta o resolver un problema, mediante la habilidad de percibir acciones futuras y sus efectos	Torres de Londres	Total correctas Movimientos totales	Percentil Percentil
<b>Control inhibitorio</b>	Permite anular una parte o la totalidad de otros procesos mentales para regular y controlar las tendencias a generar respuestas impulsivas	Torre de Londres	Violaciones totales	Percentil
		Test Stroop	Total palabra-color Índice interferencia	Percentil Percentil

**Tabla 2 (Continuación).** Descripción de variables evaluadas

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL		
		INSTRUMENTO	INDICADOR	PUNTUACIÓN
<b>Flexibilidad cognitiva</b>	Capacidad para adaptar respuestas a nuevos patrones de conducta, al mismo tiempo que se inhiben aquellas respuestas que resultan inadecuadas	Test de clasificación de cartas Wisconin (M-WSCT)	Categorías correctas Errores perseverativos Total errores Porcentaje perseveraciones*	Percentil Percentil Percentil Directa
		Subprueba WAIS-IV: dígitos	Elementos orden inverso Elementos orden creciente Puntuación total	Directa Directa Escalar
<b>Memoria de trabajo</b>	Sistema que permite trabajar contenidos de la memoria en línea, guiando y planificando el comportamiento dirigido a fines.	Subprueba NAYM: Cubos de Corsi	Elementos orden inverso	Directa
		Torre de Londres	Tiempo de inicio Tiempo de ejecución Tiempo Total Violación tiempo	Percentil Percentil Percentil Percentil
<b>Velocidad de procesamiento</b>	Tiempo de reacción y ejecución para la realización de tareas	Test Stroop	Total palabras Total color	Percentil Percentil
		Subprueba WAIS-IV: Clave de números	Puntuación total	Escalar
		Subprueba WAIS-IV: Búsqueda de símbolos	Puntuación total	Escalar
		Puntuaciones subpruebas PIEN: Memoria textos y Aprendizaje de palabras	Textos inmediato espontáneo Textos inmediato preguntas Textos diferido espontáneo Textos diferido pregunta Aprendizaje de palabras	Percentil Percentil Percentil Percentil Percentil
<b>Memoria</b>	Serie de procesos involucrados en la adquisición de información y su subsecuente recuerdo	Figura compleja de Rey-Osterrieth	Puntuación recuerdo	Percentil

NOTA: Resumen de la definición operacional y conceptual de las variables consideradas en la presente investigación.

\*Variables para las cuales se esperan menores puntuaciones ante mejor desempeño.

### Diseño y tipo de estudio

La presente investigación tuvo un enfoque mixto con un diseño transformativo concurrente (DISCTRAC) realizándose una recolección de datos cuantitativos y cualitativos de forma concurrente bajo una perspectiva metodológica predominantemente cuantitativa (Hernández et al, 2014) que dio lugar a un diseño de series de casos y controles.

Se empleó un diseño de investigación experimental ya que se realizó la manipulación de la variable independiente (programa de intervención) y se realizó la comparación con un grupo control estático equivalente (Kerlinger, 2002) mediante mediciones pre y post a un periodo de seis meses de intervención.

Para la recolección de datos de tipo cuantitativo se empleó una serie de pruebas psicológicas y neuropsicológicas mientras que para la recolección de datos de enfoque cualitativo se empleó la observación de la conducta de los participantes durante ambos puntos de evaluación y durante las sesiones del programa de intervención, en el caso del grupo experimental.

Dado que se trató de un estudio cuya finalidad fue evaluar las características de una población específica, se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia para seleccionar a los participantes empleando un juicio intencional para elegir una muestra que se ajustó a las características definidas de acuerdo con los fines de la investigación (Hernández et al, 2014).

También se considera como estudio comparativo, ya que se evaluó una población dividida en dos grupos con manipulaciones diferentes y una serie de variables que fueron comparadas para contrastar con una hipótesis central (Kerlinger, 2002) y longitudinal, puesto que los datos obtenidos fueron recolectados en dos momentos temporales a lo largo de seis meses (Kerlinger, 2002).

Se procuró un control de la validez interna de la situación experimental y de otras variables extrañas que pudieran tener una influencia en las variables dependientes mediante el empleo de una población inmersa en las mismas condiciones ambientales permitiendo una variación mínima de otras variables adicionales a la variable independiente establecida.

La metodología de esta investigación se llevó a cabo en cinco fases:

1. **Revisión de casos:** Se realizó una primera revisión de los expedientes de los residentes de la fundación para detectar a aquellos que no cumplían con los criterios planteados para su selección, y se realizó una recolección de datos de interés de los probables participantes.

2. **Evaluación para inclusión y screening:** Se realizó una entrevista de primer contacto con los residentes seleccionados para realizar el cuestionario de entrevista y hacer un screening sobre el estado emocional y nivel de deterioro cognitivo mediante MoCA y el test Neuropsi Breve, Escala Geriátrica de depresión de Yesavage y el Inventario de Ansiedad de Beck; a partir de esta primer evaluación se eliminaron aquellos con los que no se logró una cooperación para la evaluación o no comprendieron las instrucciones dadas para estas tareas.
3. **Evaluación previa a la intervención:** se realizó una primera evaluación neuropsicológica de los procesos de habilidades visoespaciales, planeación, control inhibitorio, memoria, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento y flexibilidad cognitiva a partir de los instrumentos planteados.
4. **Intervención:** se inició un programa de intervención con una duración de seis meses para enseñar a los participantes las bases del malabarismo en cascada de tres pelotas a través de diversos niveles de dificultad. No se realizó ninguna actividad de intervención con el grupo control durante este periodo, sin embargo, al igual que el grupo experimental, siguieron realizando sus actividades institucionales, se mantuvo contacto con ellos y se realizó un seguimiento constante.
5. **Evaluación posterior a la intervención:** después de los 6 meses de entrenamiento de malabarismo, se realizó una revaloración de los procesos de habilidades visoespaciales, planeación, control inhibitorio, memoria, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento y flexibilidad cognitiva y se aplicaron nuevamente las pruebas de screening.

### **Diseño de la intervención**

Siguiendo los principios planteados por Voelcker y colaboradores (2006), la enseñanza del malabarismo fue con bufandas enredadas a manera de pelota para facilitar su manipulación. Puesto que la coordinación bimanual en esta población era escasa, se conceptualizaron nueve niveles de dificultad ascendente orientados a lograr el patrón de malabar en cascada con tres pelotas. Se estableció como criterio para avanzar en cada nivel el lograr series de 30 tiros fluidos, la distribución de los niveles fue la siguiente:

1. Lance y cache de una bufanda con una trayectoria horizontal de mano a mano



2. Lance y cache de una bufanda con una trayectoria vertical en una sola mano
3. Lance y cache de una bufanda con una trayectoria elíptica de mano a mano
4. Lance y cache de una bufanda con una trayectoria elíptica de mano a mano con un aplauso intermedio durante la trayectoria
5. Lance y cache de dos bufandas en una trayectoria vertical en cada mano alternando movimientos (una mano y una mano)
6. Lance y cache de dos bufandas una trayectoria elíptica y otra en trayectoria horizontal
7. Lance y cache de dos bufandas con trayectoria elíptica de forma simultánea
8. Lance y cache de dos bufandas con trayectoria elíptica a destiempo
9. Lance y cache de tres bufandas con trayectoria elíptica

Se plantearon dos sesiones semanales de una hora cada una distribuidas a lo largo de seis meses, teniéndose un total de 46 sesiones. Para cada sesión se reunió a los residentes del grupo de enseñanza de malabarismo para sesiones grupales donde se mostraba y monitoreaba de forma personalizada el patrón de movimientos a realizar de acuerdo con su avance en cada nivel de dificultad.

Con respecto al grupo control, se realizaron dos visitas mensuales, individual con una duración aproximada de una hora con el propósito de mantener el contacto con ellos, monitorear su estado de ánimo y brindar una red de apoyo en caso de ser necesario.

## **Procedimiento**

### ***Fase 1***

El proyecto fue enviado al Comité de Ética de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la UNAM donde fue avalado sin recomendaciones. Posteriormente se estableció contacto con la Fundación para ancianos Concepción Beistegui exponiéndoles el proyecto de investigación y sus objetivos donde se aceptó el desarrollo del mismo con la participación de sus residentes.

Se revisaron los expedientes de los 114 residentes de la fundación para obtener información demográfica, antecedentes personales no patológicos y patológicos, diagnósticos previamente brindados y esquema de tratamiento farmacológico, así mismo, se analizó el perfil de cada residente con el geriatra responsable y el personal directivo para valorar la pertinencia de su inclusión en el proyecto.

De los 114 residentes, uno falleció antes de llegar a la etapa de screening, 21 fueron excluidos debido a limitaciones motoras superiores, 11 debido a limitaciones sensoriales, 4 debido a antecedentes neurológicos, 9 por antecedentes psiquiátricos y 26 por contar con un diagnóstico previo de trastorno neurocognitivo mayor confirmado por el geriatra responsable.

### ***Fase 2***

Debido a lo anterior, se consideró a 42 residentes para participar en el proyecto, sin embargo, 2 de ellos no permitieron el acercamiento para plantear su participación y 4 presentaron una mala disposición ante el planteamiento del posible proceso de intervención, quedando un total de 36 residentes con los cuales se realizó el protocolo de entrevista y screening mediante las pruebas MoCA, Neuropsi Breve, Escala de depresión geriátrica e Inventario de Ansiedad de Beck las cuales fueron aplicadas en una o dos sesiones dependiendo del rendimiento de cada participante.

Durante esta primera etapa se excluyó a 9 residentes, uno de ellos debido a que no tuvo una actitud de cooperación y 8 debido a deficiencias significativas en la comprensión y seguimiento de instrucciones, por lo que no fue posible realizar la evaluación de screening.

Con los 27 residentes seleccionados, se prosiguió a la fase de firma de consentimiento informado y entrega de resultados del screening con los familiares para proceder con la evaluación neuropsicológica previa a la intervención.

### ***Fase 3***

La evaluación neuropsicológica fue realizada en dos o tres sesiones de una duración máxima de hora y media cada una, esto dependiendo del rendimiento de cada participante y constó de la aplicación de

las siguientes pruebas: Figura compleja de Rey, Test Stroop, WCST versión breve, Torre de Londres, subpruebas WAIS-IV (diseño con cubos, clave de números, búsqueda de símbolos y retención de dígitos), Subpruebas PIEN (recuerdo de historias y aprendizaje de palabras), Subprueba Neuropsi Atención y memoria (Cubos en progresión y regresión).

Durante esta etapa de evaluación 1 residente abandonó la fundación y 5 residentes decidieron suspender su participación en el proyecto con lo que se lograron 21 evaluaciones completas. De éstas, 12 residentes aceptaron continuar con el proceso de enseñanza de malabarismo y 9 no estuvieron interesados, por lo que fueron asignados como grupo control.

#### ***Fase 4***

Se inició con el programa el 20 de noviembre de 2018 y se finalizó el 5 de junio de 2019 teniendo un total de 46 sesiones distribuidas dos veces por semana con una duración de una hora por sesión. Se trabajó en sesiones grupales con los residentes seleccionados e interesados en el programa, avanzando de acuerdo con el desempeño individual para aumentar el nivel de complejidad de la tarea.

Durante el periodo del proceso de intervención 1 participante no quiso continuar con las sesiones, 3 abandonaron la fundación y 3 fallecieron, por lo que sólo 5 residentes concluyeron el seguimiento con el programa de intervención completo.

Adicionalmente, y en respuesta a la petición del personal médico y directivo se realizó el acercamiento con 4 residentes que contaban con el diagnóstico previo de trastorno neurocognitivo mayor, no fue posible valorar su desempeño en las pruebas para la evaluación de los criterios de inclusión, por lo que su participación fue con fines de observación.

No se logró que 3 de ellos hicieran un seguimiento de la actividad o se integraran durante las sesiones grupales, por lo que se continuó trabajando únicamente con uno de ellos, sin embargo, este paciente falleció en el transcurso de seguimiento.

## ***Fase 5***

Al término del programa de intervención se realizó una segunda evaluación con las 5 participantes del grupo de enseñanza de malabarismo con quienes se pudo completar el programa, esto mediante los mismos instrumentos empleados en el screening y en la primera evaluación neuropsicológica.

Para establecer los casos de comparación se seleccionaron 5 de los 9 participantes que no iniciaron con el programa de intervención quienes coincidían con las variables demográficas edad, escolaridad, antigüedad en la fundación, tipo de actividad rutinaria y nivel de deterioro cognitivo de acuerdo con los resultados obtenidos en la primera evaluación mediante la prueba Neuropsi Breve, del grupo que sí recibió el programa y se realizó una segunda evaluación con los mismos instrumentos.

Por último, se realizó una segunda revisión de los expedientes y se estableció comunicación con el geriatra, nutrióloga y jefa de enfermería de la fundación para identificar la existencia de nuevas patologías, cambios en el esquema farmacológico, esquema de alimentación, régimen de visitas familiares, esquema de actividades y otras condiciones ambientales.

## **Análisis de datos**

Las puntuaciones obtenidas en la evaluación fueron transformadas a puntuaciones escalares o percentil según correspondiera (Tabla 2, Descripción de variables). Para la transformación de las puntuaciones en aquellos participantes que superaron la edad máxima establecida en las pruebas se realizó una comparación con el grupo de mayor edad disponible: 85 años; mientras que para las pruebas de screening, condiciones de elementos máximos recordados y porcentaje de perseveraciones, se emplearon las puntuaciones directas.

Debido al tamaño de la muestra y a la heterogeneidad en la edad y condición de deterioro cognitivo de las participantes, se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados obtenidos en las cinco diadas del grupo control y experimental, a partir de las puntuaciones y observaciones obtenidas.

Para el análisis cuantitativo se realizó el cálculo de un índice de cambio por cada proceso el cual permitió reducir el número de mediciones, realizar comparaciones aún entre las pruebas con diferentes transformaciones de puntuaciones y agrupar a las participantes para su comparación.

Para obtener este índice de cambio por proceso se calculó la proporción de cambio para cada puntuación, realizando la división entre la puntuación post-intervención y la puntuación pre-intervención, y posterior a esto se realizó un promedio a partir de todos los indicadores planteados para cada proceso (Tabla 2), se realizó un ajuste de la fórmula de acuerdo con el número de indicadores obtenidos en los casos en los que no se contó con la evaluación completa de los participantes.

Con este índice se obtuvo una única medida por cada proceso evaluado (atención, habilidades visoespaciales, planificación, control inhibitorio, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento, flexibilidad cognitiva y memoria); los valores obtenidos pueden ser interpretados de la siguiente manera:

- **Valor =1:** mismas puntuaciones en ambos puntos de evaluación; mantenimiento del desempeño
- **Valor < 1:** menor puntuación en el segundo punto de evaluación; empeoramiento del desempeño
- **Valor > 1:** mayor puntuación en el segundo punto de evaluación; mejora del desempeño

Se realizó un análisis no paramétrico mediante la prueba U de Mann-Withney para comparar las variables demográficas y el índice de cambio por proceso entre ambos grupos (grupo de enseñanza de malabarismo versus grupo control) y se analizaron los resultados generales obtenidos. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software STATISTICA versión 7.0 (StatSoft Inc, 2004).

El análisis cualitativo de cada caso-control se basó en los índices de cambio obtenidos para cada participante y se complementó con las observaciones conductuales obtenidas durante los procesos de evaluación y sesiones de intervención con el grupo experimental y la descripción cualitativa de las puntuaciones obtenidas de acuerdo con los resultados esperados en relación con los datos normativos, considerando los siguientes parámetros:

- **Puntuaciones escalares:** puntuaciones esperadas dentro de una distribución de  $\pm 1$  desviación estándar con respecto a la media (10), abarcando las puntuaciones contenidas entre 7 y 13, considerando como deficiencias graves aquellas menores a 4.
- **Percentiles:** se consideraron como puntuaciones dentro de los parámetros esperados aquellas mayores a 15, como deficiencias leves aquellas los percentiles 10 y 15 y, como deficiencias graves aquellas iguales o menores a un percentil 5.
- **Puntuaciones directas:** los elementos máximos recordados de las subpruebas dígitos y letras y números del WAIS-IV y cubos de NAYM se compararon con la media directa establecida, mientras que las puntuaciones del MoCA, Test de Yesavage y BAI se compararon con la puntuación de corte establecida para cada uno.

## Resultados

En la tabla 3 se muestra el rango de edad de la población estudiada (grupo malabarismo X=85.2, d.e.=14.35; grupo control X=87.2, d.e.=11.45), escolaridad (grupo malabarismo X=9.8, d.e.=2.38; grupo control X=6.4, d.e.=2.96), antigüedad en la fundación (grupo malabarismo X=39.4, d.e.=38.22; grupo control X=71.6, d.e.=78.46) y nivel de deterioro cognitivo, variables para las que no se encontraron diferencias significativas al aplicar la prueba U de Mann-Withney

**Tabla 3.** Características demográficas por cada diada de participantes.

	GRUPO MALABARISMO	GRUPO CONTROL
<b>CASO-CONTROL 1</b>		
Edad	65	71
Escolaridad	14	9
Antigüedad en la fundación	12	12
Tipo de entrenamiento rutinario	Físico	Físico
Puntuación Neuropsi Breve	126	107
Nivel de deterioro	Sin deterioro	Sin deterioro
<b>CASO-CONTROL 2</b>		
Edad	82	85
Escolaridad	9	9
Antigüedad en la fundación	22	27
Tipo de entrenamiento rutinario	Físico y ocupacional	Físico y ocupacional
Puntuación Neuropsi Breve	37	54
Nivel de deterioro	Severo	Severo
<b>CASO-CONTROL 3</b>		
Edad	85	85
Escolaridad	8	7
Antigüedad en la fundación	15	202
Tipo de entrenamiento rutinario	Físico y ocupacional	Físico y ocupacional
Puntuación Neuropsi Breve	64	64
Nivel de deterioro	Moderado	Moderado
<b>CASO-CONTROL 4</b>		
Edad	89	93
Escolaridad	9	5
Antigüedad en la fundación	44	29
Tipo de entrenamiento rutinario	Físico y ocupacional	Físico y ocupacional
Puntuación Neuropsi Breve	72	69
Nivel de deterioro	Moderado*	Moderado*
<b>CASO-CONTROL 5</b>		
Edad	105	102
Escolaridad	9	2
Antigüedad en la fundación	104	88
Tipo de entrenamiento rutinario	Ninguno	Físico y ocupacional
Puntuación Neuropsi Breve	33	45
Nivel de deterioro	Severo*	Severo*

NOTA: La antigüedad en la fundación está dada en meses.

\*El nivel de deterioro fue calculado con base en una edad media poblacional menor (85 años)

Durante los procesos de evaluación, no fue posible aplicar todas las pruebas seleccionadas en 4 de las participantes debido a las siguientes circunstancias:

- **Diada 2:** la participante del grupo de malabarismo presentó dificultades en la comprensión de las instrucciones dadas para las tareas de ToL y las subpruebas del WAIS-V clave de números y búsqueda de símbolos, lo que la llevó a realizarlas de forma incorrecta.
- **Diada 3:** la participante del grupo control presentó deficiencias en la percepción visual que la llevaron a referir no lograr percibir la diferencia entre los colores verde y azul en los estímulos de ToL, por lo que no se pudo realizar la aplicación de esta prueba.
- **Diada 5:** ambas participantes presentaban debilidad visual que no podía ser corregida, por lo que únicamente les fueron aplicadas las tareas verbales de las baterías de pruebas seleccionadas.

De acuerdo con la información recabada mediante la revisión de expedientes y entrevista con el personal médico y de cuidado a cargo, no hubo variaciones en la alimentación, esquema de tratamiento farmacológico, régimen de visita de familiares u otras condiciones ambientales con ninguna de las 10 participantes antes y después del periodo propuesto para la intervención.

### ***Programa de intervención***

Si bien todas las participantes lograron avanzar en los niveles planteados para el programa de intervención, se identificó un desempeño heterogéneo en el aprendizaje del mismo, alcanzando diferentes niveles al término de la intervención.

Solo la participante de 65 años logró alcanzar el último nivel de dificultad del programa, aunque no logró superar los 30 tiros sin dificultades, la participante 3 alcanzó el nivel 7, las participantes 2 y 4 alcanzaron el nivel 6, y la participante de mayor edad (105 años) únicamente logró alcanzar el cuarto nivel de dificultad.

Para las participantes 2 y 4 se intercaló el trabajo de los niveles 4, 5 y 6, esto debido a que al retomar las sesiones de intervención se encontraban dificultades para recordar e iniciar desde el nivel planteado en



la sesión anterior por lo que era necesario retomar niveles de dificultad previos lo que dificultó el logro de los 30 tiros necesarios para el avance al séptimo nivel del entrenamiento.

Por otro lado, la debilidad visual no corregible de la participante 5 representó la mayor limitante durante el proceso de intervención, esto debido a que únicamente podía percibir siluetas, por lo que en todas las condiciones de lance y cache la distancia recorrida por las bufandas fue de alrededor de 15cm

### ***Observaciones conductuales***

A lo largo de los procesos de evaluación e intervención se identificó que algunas de las participantes no tenían una adecuada consciencia sobre el lugar en el que se encontraban, argumentando, por ejemplo, que estaban en una escuela, que solo se encontraban en espera de que regresaran sus hijos o incluso no podían referir en dónde se encontraban.

Sin embargo, a lo largo del proceso de intervención se identificó que incluso las participantes con un mayor nivel de deterioro cognitivo del grupo de enseñanza de malabarismo generaron un nivel de consciencia sobre la actividad que se iba a realizar, que cuando se les iba a buscar, al ver a la persona encargada de la intervención se percataban de que se realizaría la actividad de entrenamiento con las bufandas y de cuál era su dinámica. De esta manera, cuando se iniciaba con las sesiones de intervención las participantes eran conscientes sobre la actividad que se realizaría y comenzaban con el lance y cache de las bufandas en cuanto el material les era entregado.

A lo largo de la intervención las participantes del grupo de enseñanza de malabarismo manifestaron su interés en la actividad y su deseo de querer mejorar su desempeño y lograr el control de mayores niveles de dificultad en la manipulación con las bufandas. Así mismo, se mostraron con una adecuada conducta de cooperación a lo largo de todo el proceso y se identificó una aparente mejoría en el estado de ánimo a lo largo de las sesiones de entrenamiento (Figura 5A, 5B y 5C).

Por el contrario, no se observaron variaciones en el estado de ánimo y conducta de las residentes del grupo control a lo largo del periodo de seguimiento y evaluaciones. Adicionalmente se identificó que

los controles 2 y 4 no presentaron un reconocimiento de la evaluadora durante las visitas de seguimiento ni de las pruebas aplicadas en el segundo punto de evaluación, a pesar de la interacción constante con ellas.



**Figura 5.** Desempeño de la participante 3 del grupo de enseñanza de malabarismo durante las sesiones 3(A), 24(B) y 40(C) del programa de intervención.

### ***Depresión y ansiedad***

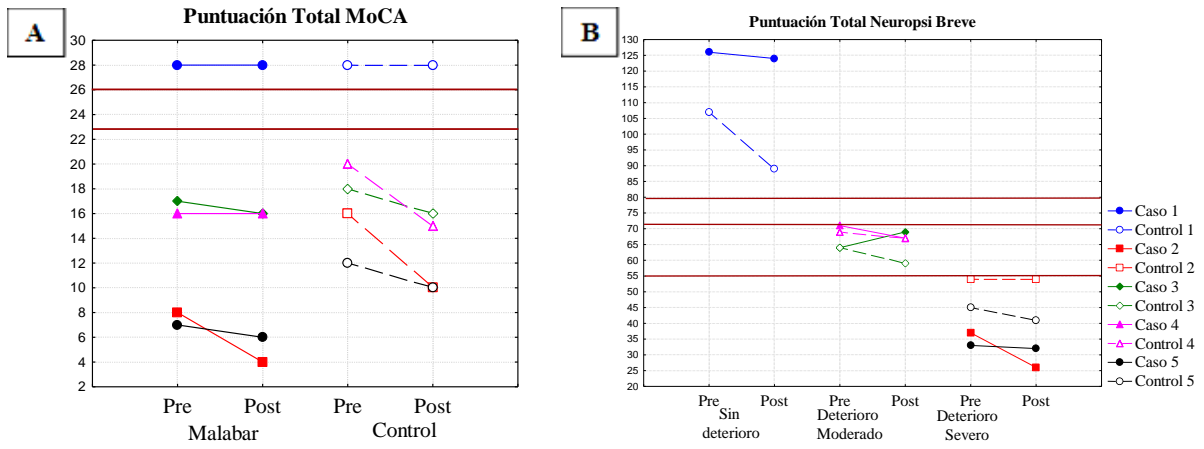
La evaluación del estado emocional mediante la escala de Depresión Geriátrica de Yesavage no mostró indicadores de depresión en 9 de las 10 participantes. La participante 3 del grupo control presentó indicadores de síntomas de depresión en ambas evaluaciones, de acuerdo con la información obtenida durante los procesos de entrevista estos indicadores pueden ser atribuibles a que ya llevaba mucho tiempo viviendo en el asilo.

Por otro lado, utilizando el Inventario de Ansiedad de Beck no se identificaron indicadores de ansiedad en ninguno de los momentos de la evaluación de las participantes en la presente investigación.

### ***Deterioro cognitivo***

Las participantes de la diada 1 fueron las únicas categorizadas sin deterioro cognitivo; las participantes restantes puntuaron con deterioro cognitivo mediante la evaluación con la prueba MoCA y fueron categorizadas como deterioro cognitivo moderado (diadas 3 y 4) y severo (diadas 1 y 5), mediante

la evaluación con la prueba Neuropsi Breve. Estas categorizaciones se mantuvieron en ambos momentos de la evaluación a pesar de las variaciones en las puntuaciones obtenidas.



**Figura 6.** A) Puntuaciones naturales obtenidas por todos los casos y controles en la evaluación del deterioro cognitivo mediante la Evaluación Cognitiva Montreal -MoCA- y B) la prueba Neuropsi Breve. NOTA: La puntuación indicativa en el MoCA de ausencia de deterioro cognitivo es >26, deterioro cognitivo leve 24-26 y presencia de deterioro cognitivo <24 (Aguilar-Navarro et al, 2018). La gráfica de la prueba Neuropsi Breve presenta los resultados obtenidos antes y después del periodo de intervención, para observar el efecto del nivel de deterioro cognitivo en las variaciones en el perfil, cada caso-control fue agrupado de acuerdo con el nivel de deterioro obtenido en el primer punto de evaluación.

La evaluación mediante la prueba MoCA mostró una tendencia a la disminución de las puntuaciones totales obtenidas tanto en el grupo control (4/5 casos) como en el grupo de enseñanza de malabarismo (3/5 casos), sin embargo, la disminución fue más pronunciada en el grupo control (Figura 6A), llegando a disminuir hasta seis puntos en el total obtenido.

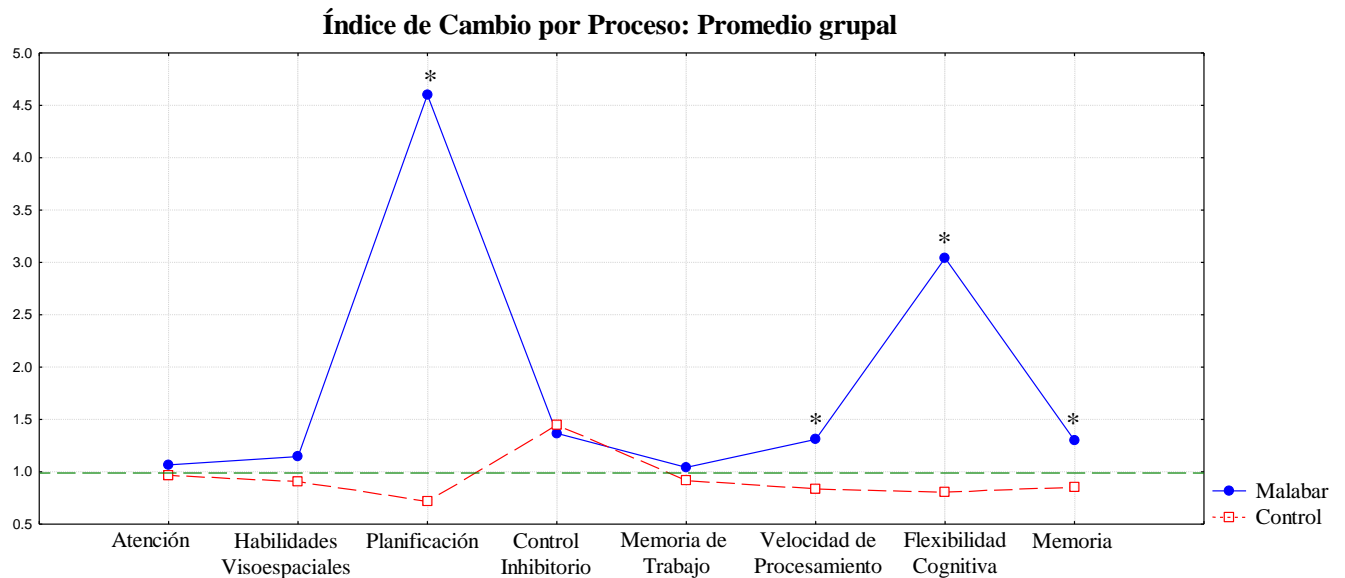
Por otro lado, la evaluación mediante el Neuropsi Breve permitió encontrar una mayor estabilidad de las puntuaciones obtenidas antes y después del periodo de intervención en todas las participantes, así mismo se identificó que los casos 1, 3 y 5 del grupo de enseñanza de malabarismo tendieron a mantener o aumentar sus puntuaciones mientras que sus controles equivalentes presentaron una disminución en el desempeño (Figura 6B).

Es importante recalcar que, para la diada de mayor edad, participante de malabarismo de 105 y control de 102 años, la evaluación del desempeño cognitivo general para la participante del grupo de

malabarismo fue más estable, disminuyendo únicamente un punto en la puntuación total de MoCA y manteniendo una misma puntuación en la prueba Neuropsi Breve ambos puntos de evaluación, mientras que la participante del grupo control disminuyó de manera más pronunciada en la evaluación mediante ambas pruebas.

### ***Funcionamiento cognitivo***

De manera general, el promedio del índice de cambio encontrado en el grupo de enseñanza de malabarismo fue mayor al del grupo control, con lo que se encontró un perfil con puntuaciones mayores a 1 en todos los procesos evaluados, mientras que el grupo control obtuvo puntuaciones menores a uno en todos los procesos excepto control inhibitorio (Figura 7).



**Figura 7.** Índice de cambio obtenido por grupo

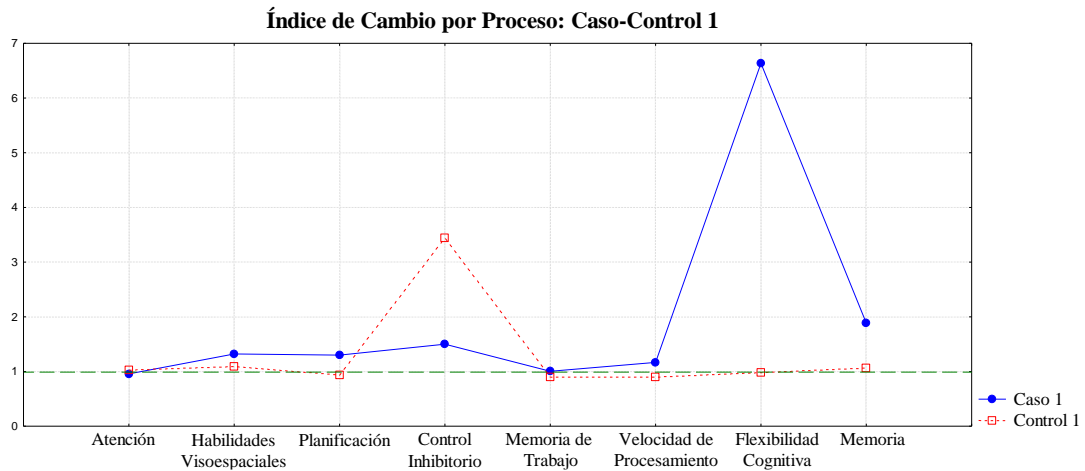
La comparación entre grupos mediante la prueba U de Mann-Whitney mostró diferencias significativas en los procesos de planificación ( $Z=1.96$ ,  $P<.05$ ), velocidad de procesamiento ( $Z=2.30$ ,  $P<.05$ ), flexibilidad cognitiva ( $Z=1.30$ ,  $P<.05$ ) y memoria ( $U=2.08$ ,  $P<.05$ ).

Para estos procesos se encontró que las participantes del grupo de enseñanza de malabarismo mantuvieron o aumentaron las puntuaciones relacionadas mientras que las participantes del grupo control

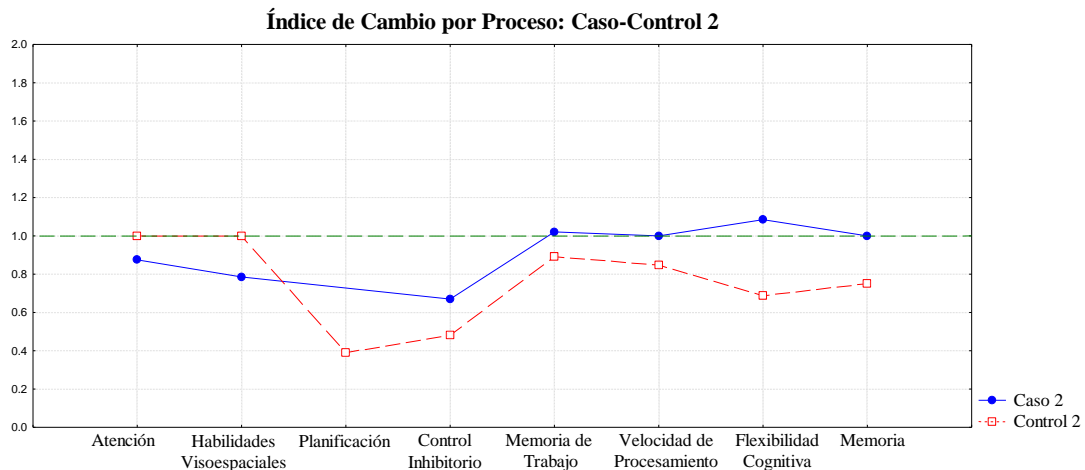
tendieron a mantenerlas o a disminuirlas (figuras 8-11). Para el caso-control 5 no se identificó ninguna variación en los procesos evaluados (Figura 12).

**Perfil de cambio obtenido por cada Caso-Control.**

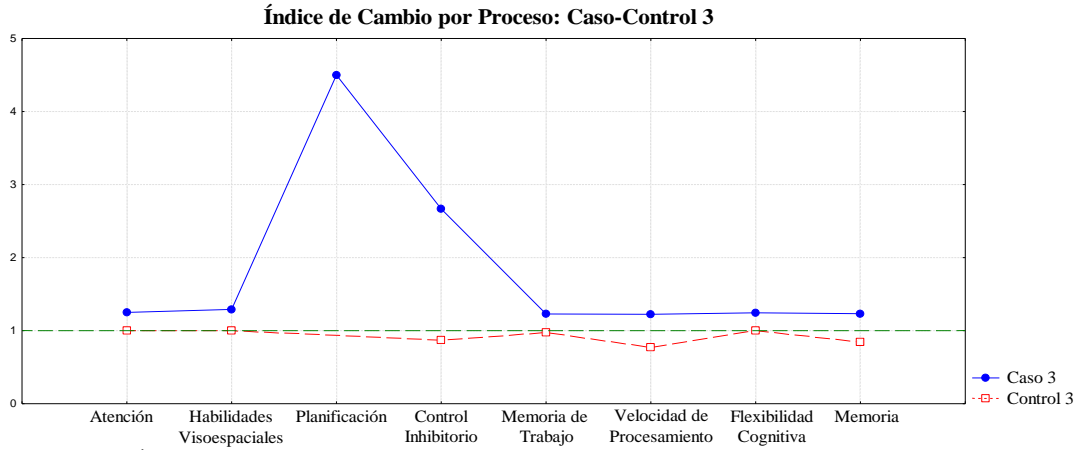
Para profundizar en los hallazgos encontrados a partir del programa de intervención se presenta el perfil de cambio obtenido por cada diada y se describen los resultados encontrados por cada proceso evaluado.



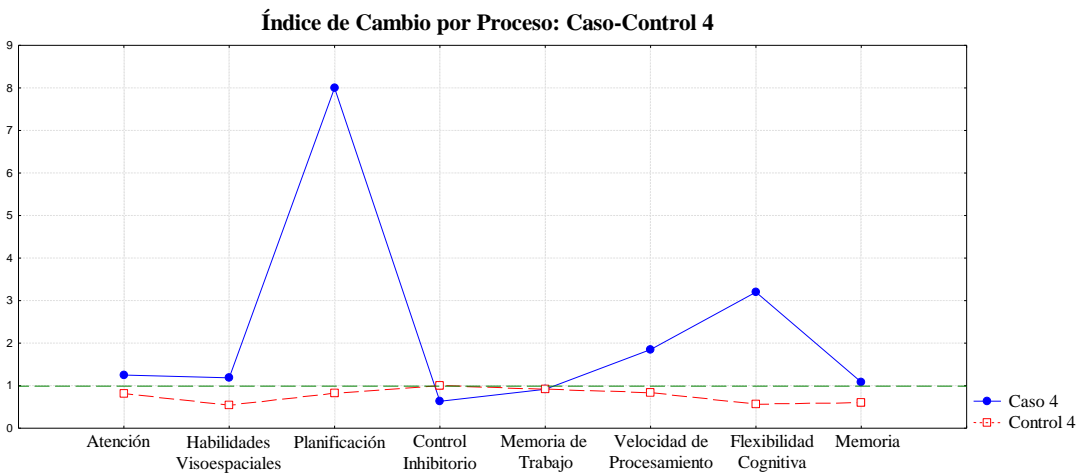
**Figura 8.** Índice de cambio obtenido por cada proceso para el caso-control 1: <75 años sin deterioro cognitivo



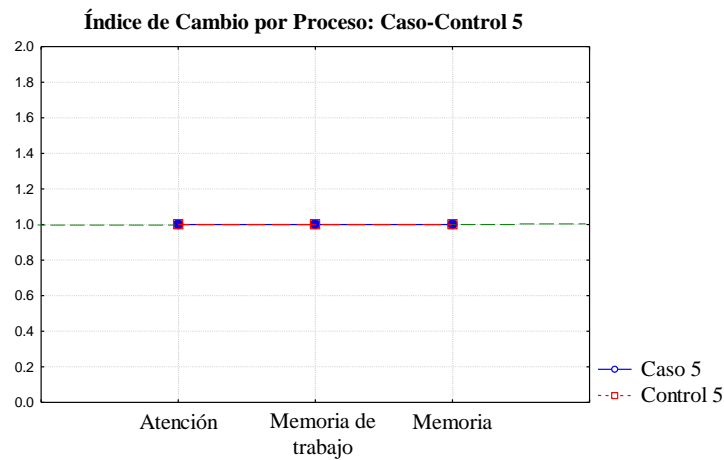
**Figura 9.** Índice de cambio obtenido por cada proceso para el caso-control 2: >80 años con deterioro cognitivo severo



**Figura 10.** Índice de cambio obtenido por cada proceso para el caso-control 3: 85 años con deterioro cognitivo moderado



**Figura 11.** Índice de cambio obtenido por cada proceso para el caso-control 4: >85 años con aparente deterioro cognitivo moderado



**Figura 12.** Índice de cambio obtenido por cada proceso para el caso-control 5: >100 años con aparente deterioro cognitivo severo

### **Atención.**

Aunque de manera general no se identificaron diferencias significativas en la evaluación de este proceso, las participantes 3 y 4 del grupo de enseñanza de malabarismo, tuvieron un índice de cambio mayor que sus controles equivalentes.

Ambas participantes aumentaron su spam atencional en la condición verbal (dígitos en orden creciente, WAIS-IV) en uno (Caso 3) y dos elementos (Caso 4) y la participante 3 aumentó un elemento en el visual (cubos en orden directo, NAYM), mientras que sus controles equivalentes disminuyeron (Control 4) o mantuvieron (Control 3) la manipulación de los mismos elementos en ambos puntos.

De manera contraria, la participante 2, con deterioro cognitivo grave, del grupo de enseñanza de malabarismo pasó de 4 a 3 elementos en la tarea de cubos en orden directo del NAYM mientras que su control equivalente mantuvo un mismo desempeño con 3 elementos en ambas evaluaciones.

### **Habilidades visoespaciales.**

Se encontró que solo la participante con deterioro cognitivo severo (caso 2) tuvo un índice de cambio menor que su control equivalente en la evaluación de este proceso mientras que las participantes 1, 3 y 4 obtuvieron uno mayor.

Con respecto a la subprueba diseño con cubos del WAIS-IV, solo la participante 1 del grupo de enseñanza de malabarismo aumentó en la puntuación en la segunda evaluación pasando de un desempeño dentro de un rango promedio (PE=10) a uno por arriba del promedio (PE=15) mientras que su control se mantuvo en un rango promedio en ambos puntos.

De manera contraria, la participante 2 del grupo de intervención pasó de una puntuación escalar 7 (promedio) a 4 (fallas leves), igualando con esto la puntuación obtenida por la participante del grupo control en ambos puntos de evaluación

En la condición de copia de la Figura Compleja de Rey Osterrieth, las participantes 1, 3 y 4 del grupo de enseñanza de malabarismo aumentaron el percentil obtenido; mientras que los controles 1 y 3

mantuvieron un mismo desempeño y el control 4 disminuyó, pasando de un desempeño promedio ( $P_c=60$ ) a uno con fallas graves ( $P_c=5$ ).

### **Planificación.**

Este fue uno de los procesos en los que se identificaron diferencias significativas, representando el proceso de mayor incremento para las participantes 3 y 4 del grupo de enseñanza de malabarismo.

Se encontró un aumento en el total de movimientos de la ToL mejorando la categorización cualitativa obtenida pasando de la presentación de fallas graves a un desempeño con fallas leves (Caso 1) o incluso promedio (Casos 3 y 4) mientras que sus controles mantuvieron un mismo desempeño.

Adicionalmente, la participante 3 del grupo de enseñanza de malabarismo aumentó de un percentil 25 a 50 en la condición de total de correctas de la prueba ToL y la participante 4 pasó del percentil 40 a 70 en la puntuación obtenida en la condición palabra-color del Test Stroop.

Con respecto a la participante 2 del grupo de enseñanza de malabarismo se encontró un peor desempeño pasando de un percentil 25 (promedio) a 10 (fallas leves) en el total de correctas y del percentil 65 (promedio) a 25 (promedio) en el total de movimientos de la prueba Torre de Londres. Desafortunadamente, no se cuentan con los datos de comparación con su control.

### **Control inhibitorio.**

Se identificaron resultados heterogéneos en la evaluación de este proceso, para el cual las participantes 1 y 4 del grupo de enseñanza de malabarismo tuvieron un peor desempeño que sus controles equivalentes y las participantes 2 y 3 tuvieron uno mejor.

En los casos con peor desempeño las variaciones en el índice de cambio fueron debido a las puntuaciones obtenidas en el índice de interferencia del Test Stroop en la segunda evaluación. Para el caso-control 1 la participante del grupo control pasó de un percentil 5 (desempeño con fallas graves) a un percentil 40 (desempeño promedio), mientras que la participante del grupo de enseñanza de malabarismo solo pasó de 40 a 70; para el caso-control 4 la participante del grupo control mantuvo el mismo desempeño



y la participante del grupo de enseñanza disminuyó en el percentil obtenido, aunque se mantuvo dentro de un desempeño promedio en ambos puntos de evaluación.

Por otro lado, las participantes que mejoraron su desempeño lo hicieron en las condiciones de total palabra-color del Test Stroop para el caso 2 e índice de interferencia para el caso 3; para esta segunda puntuación la participante del grupo de enseñanza de malabarismo pasó del percentil 5 (desempeño con fallas graves) al 30 (promedio) mientras que la participante del grupo control disminuyó.

### **Memoria de trabajo.**

Todos los casos y controles mantuvieron un desempeño similar en ambos puntos de evaluación, sin embargo, se identificaron algunas variaciones en las puntuaciones que componen este proceso.

Para la modalidad verbal, hubo cambios en el número de elementos manipulados en la condición de dígitos orden creciente del WAIS-IV donde la participante 2 del grupo de enseñanza de malabarismo mantuvo una manipulación de 3 elementos y la participante 3 aumentó de 4 a 6 elementos, mientras que sus controles disminuyeron en un elemento.

En cuanto a la modalidad visual evaluada mediante la tarea de cubos inversos de la prueba NAYM, las participantes 1 y 3 del grupo de enseñanza de malabarismo aumentaron el control de un elemento mientras que sus controles mantuvieron el mismo desempeño que en la evaluación previa.

### **Velocidad de procesamiento.**

En este proceso las participantes 1, 2, 3 y 4 del grupo de enseñanza de malabarismo mejoraron su desempeño en todos los indicadores de evaluación mientras que sus controles equivalentes disminuyeron y se identificaron cambios en la categorización cualitativa para ambos grupos.

Para las participantes del grupo de enseñanza de malabarismo se encontró que la participante 4 pasó de un desempeño con fallas graves ( $P_c=5$ ) a uno promedio ( $P_c \geq 15$ ) en el tiempo de ejecución y tiempo total de la prueba Torre de Londres.

De manera contraria, las participantes del grupo control pasaron de un desempeño promedio a uno con fallas leves en las condiciones de violaciones al tiempo de la prueba ToL (Control 4), claves del WAIS-

IV (Control 4) y total color del Test Stroop (Control 2) y de fallas leves a fallas graves en la condición de total color del Test Stroop (Control 3)

### **Flexibilidad cognitiva.**

Al igual que en el proceso anterior, las participantes 1, 2, 3 y 4 del grupo de enseñanza de malabarismo mejoraron su desempeño en todos los indicadores de evaluación mientras que sus controles equivalentes mantuvieron (Control 3) o disminuyeron en las puntuaciones obtenidas (Controles 1, 2 y 4).

Es importante mencionar que para los controles 2 y 4 se encontraron variaciones que modificaron su clasificación cualitativa; el control 2 empeoró en las condiciones de categorías completas y total de errores pasando de un desempeño con fallas leves ( $P_c=10$ ) a uno con fallas graves ( $P_c=5$ ) mientras que el control 4 de un desempeño promedio ( $P_c=15$ ) a uno con fallas graves ( $P_c=5$ ) en todos los indicadores.

### **Memoria.**

Se encontraron diferencias significativas en este proceso para el cual las participantes del grupo de enseñanza de malabarismo mantuvieron (Casos 2 y 4) o aumentaron (Casos 1 y 3) sus puntajes, mientras que todos los controles los disminuyeron.

En la modalidad verbal, las variaciones más grandes fueron en el caso 4 en los textos de recuerdo inmediato con apoyo de preguntas del PIEN pasando de un desempeño con fallas leves a uno promedio y en el control 2 que pasó de promedio a tener fallas leves en textos inmediatos con recuerdo y apoyo de preguntas y, ambas condiciones de recuerdo de textos diferidos del PIEN.

Para la modalidad visual evaluada mediante la condición de recuerdo de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth, la mayor variación se encontró en el caso-control 1 donde la participante del grupo de enseñanza de malabarismo obtuvo un índice de cambio de 4.75, mientras que su control obtuvo uno de 1.21. La participante 4 del grupo control pasó de un desempeño promedio ( $P_c=20$ ) a uno con fallas leves ( $P_c=10$ ), mientras que la participante del grupo de enseñanza de malabarismo mantuvo un desempeño promedio en ambas evaluaciones.

## Discusión

El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad de la aplicación y el impacto de un programa de intervención mediante la enseñanza de malabarismo en adultos mayores con movilidad limitada con diferentes niveles de deterioro cognitivo.

El programa de intervención tomó como base algunos de los principios propuestos por Voelcker-Rehage & Wilimczik (2006) y estuvo compuesto por nueve niveles de dificultad ascendente, combinando el número de pelotas de bufandas a manipular y los patrones de trayectoria de estas.

La enseñanza de este programa se realizó en participantes de 65 a 105 años de edad y en todos los casos se obtuvo un avance en el desempeño a lo largo del periodo de intervención, aunque la velocidad de aprendizaje, desempeño obtenido y nivel máximo de destreza alcanzado, fue heterogéneo.

La participante de menor edad, que contaba con 65 años, fue en quien se identificó el mayor avance, alcanzando el máximo nivel de dificultad planteado, mientras que la participante de mayor edad, quien alcanzó los 105 años, presentó el menor avance en los niveles del programa. Cabe aclarar que la ejecución en esta participante se vio afectada por deficiencias visuales graves que no podían ser corregidas.

En relación con las participantes restantes, de entre 82 y 89 años, quienes alcanzaron patrones de manipulación complejos de hasta con dos bufandas, los cuales llegaron a dominar adecuadamente a lo largo del periodo de intervención.

El desempeño obtenido a partir de la intervención es congruente con el encontrado en investigaciones anteriores (Voelcker-Rehage & Wilimczik, 2006), donde se identificó una alta variabilidad en el aprendizaje de esta actividad en participantes con edades mayores a los 70 años y un alcance adecuado de al menos 5 ciclos de tiros en participantes de entre 60 y 69 años.

Con lo anterior, se puede plantear que el aprendizaje de malabarismo es una actividad viable en poblaciones de adultos mayores con movilidad limitada y que el desempeño esperado no se verá afectado si la práctica de esta actividad se realiza estando sentado.

Este programa fue aplicable en todas las participantes independientemente del nivel de deterioro cognitivo, encontrándose un mayor avance en el programa en la participante sin deterioro cognitivo, quien además presentaba la menor edad y, un desempeño similar entre las participantes con deterioro cognitivo moderado y grave, lo que sugiere que el nivel de deterioro cognitivo no es una limitante en el aprendizaje del malabarismo, mientras esté preservada la capacidad atenta.

Puesto que el malabarismo cumple con un gasto energético aproximado de 4.0 METs (Ainsworth et al, 2011) cuando se evalúa su ejecución continua a partir de la manipulación de múltiples objetos, puede ser considerado como una alternativa de actividad física moderada en poblaciones de adultos mayores aun con movilidad limitada y con diversos niveles de deterioro cognitivo, que permite alcanzar el nivel de activación física recomendada para esta población (OMS, 2020).

En relación con los beneficios cognitivos asociados a la práctica de esta actividad, se encontró que las participantes del grupo de enseñanza de malabarismo tendieron a mejorar o mantener un perfil cognitivo estable comparado con el de sus controles equivalentes. Así mismo, se encontraron diferencias significativas que mostraron un mejor nivel de ejecución en los procesos de planificación, velocidad de procesamiento, flexibilidad cognitiva y memoria, siendo estas diferencias visibles aún en las participantes con deterioro cognitivo moderado y grave.

La diada 5 fue en la única que no se detectaron diferencias en los procesos cognitivos evaluados y no se encontró un aprendizaje sustancial de malabarismo (participante de 105 años), sin embargo, no es posible establecer de forma conclusiva si esto fue debido a la menor dificultad en la ejecución de los niveles alcanzados de entrenamiento, a los instrumentos que permitieron únicamente la evaluación de la modalidad verbal de los procesos de atención, memoria de trabajo y memoria, o si para este caso particular, la edad representa un factor que compromete la eficacia del programa de intervención.

Es poca la información disponible acerca de intervenciones basadas en el aprendizaje de habilidades motoras en adultos mayores a 90 años, esto ya que la mayoría de los trabajos relacionados con estas variables se centran en poblaciones comprendidas entre 60 y 80 años (Voelcker-Rehage, 2008); Chen y

colaboradores (2020) en un metaanálisis sobre el impacto del ejercicio físico en el funcionamiento ejecutivo de adultos mayores sugieren que, a mayor edad no se identifican efectos significativos en el funcionamiento ejecutivo de los participantes, por lo que es probable que los procesos de neuroplasticidad observables en poblaciones más jóvenes se vean comprometidos o limitados al alcanzar edades más avanzadas.

En este sentido, es necesario ampliar la información acerca del impacto de intervenciones en adultos mayores a 90 años con la finalidad de identificar si existen limitaciones en los probables beneficios asociados, sin embargo, y a partir de la limitada información disponible podría sugerirse que, aunque el malabarismo no tuvo un impacto cuantificable en los procesos cognitivos evaluados de forma aislada en la participante centenaria, tuvo un probable papel como factor protector para mantener un funcionamiento cognitivo global más estable antes y después de los 6 meses transcurridos en la presente intervención.

Los resultados encontrados en este trabajo son similares a los reportados por Jansen et al (2009), Jansen et al (2011) y Vera (2017) y son parcialmente congruentes con el perfil neuropsicológico asociado a la práctica de malabarismo en niños y adultos jóvenes, en quienes se han identificado beneficios en los procesos de rotación mental (Lehmann & Jansen, 2012), velocidad de procesamiento (Jansen et al, 2009; Jansen et al, 2011), control inhibitorio, toma de decisiones, memoria y atención relacionados con procesos visoespaciales (Vera, 2017).

Estos beneficios quizás pueden explicarse por la complejidad del entrenamiento que requiere el malabarismo, ya que cada movimiento corporal trae consigo una consecuencia en la trayectoria de los objetos lanzados y se requiere de sincronización para su correcta ejecución, por lo que deben cuidarse los aspectos espaciales tanto de los objetos manipulados como del esquema corporal del malabarista; así mismo, cualquier movimiento erróneo puede afectar la trayectoria de los objetos lanzados y la secuencia de tiros del patrón de cascada, para lo cual el malabarista requiere de la habilidad para seleccionar el movimiento más adecuado para afectar en el menor grado posible su ejecución, mismo que depende estrechamente de un adecuado funcionamiento ejecutivo.

A pesar de que en la presente investigación no se identificaron diferencias significativas al analizar el índice de cambio grupal en relación con la evaluación de las habilidades visoespaciales, al analizar los casos individuales se encontró un aumento en las puntuaciones obtenidas en la condición de copia de la Figura Compleja de Rey-Osterrieth por parte de la participante sin deterioro cognitivo y por ambas participantes con deterioro cognitivo moderado, lo que podría indicar que este proceso también se puede mejorar con la práctica del malabarismo, aunque es necesario estudiarlo en más casos.

Esto es posible, ya que las investigaciones previas en torno al malabarismo que emplearon técnicas de imagen para estudiar el cerebro en los practicantes de esta actividad encontraron consistentemente un aumento en el volumen del área hMT/V, la cual se encuentra estrechamente relacionada con el procesamiento visoespacial, tanto en adultos jóvenes (Draganski et al, 2004; Driemeyer et al, 2008; Sampaio-Baptista et al, 2014; Sholz et al, 2009) como en adultos mayores (Boyke et al, 2008). De manera similar, las diferencias encontradas en el proceso de memoria pueden asociarse al aumento hipocampal reportado a partir de la práctica de malabarismo en esta población (Boyke et al, 2008).

Se ha reportado que existe una disminución en estos cambios estructurales reportados cuando se suspende la práctica del malabarismo (Boyke et al, 2008, Draganski et al 2004), lo que podría deberse a que al suspender la práctica constante de la actividad se detiene también el mecanismo de acción asociado al ejercicio físico (Stillman et al, 2016)

En este sentido, es importante explorar al malabarismo como una actividad aplicable a lo largo de amplios periodos temporales procurando con esto que su práctica constante de lugar a la cascada de eventos relacionados con el mecanismo de acción asociado al ejercicio físico, sin que se llegue a una etapa de automatización en su práctica (Jarvis, 2006), esto, debido a que el malabarismo permite una escalada constante en su nivel dificultad mediante el aumento del número de objetos manipulados o mediante la modificación de los patrones de movimiento, permitiendo así, mantener una constante demanda cognitiva para su correcta ejecución.

Se ha demostrado que la actividad física en los adultos mayores tiene un efecto significativo para el mantenimiento de la salud cognitiva, mejorando su funcionamiento y reduciendo el riesgo de presencia de deterioro cognitivo (Erickson et al., 2015) y se ha sugerido que los programas de actividad física estructurada son más efectivos que los programas de educación de la salud, para reducir el riesgo de limitaciones motoras en adultos mayores con limitaciones físicas (Liu et al, 2017).

Sin embargo, aún se carece de alternativas suficientes que incluyan poblaciones vulnerables como niños, adultos mayores y personas con algún tipo de discapacidad física o cognitiva (Coalición México Salud-Hable, 2020), con lo que el malabarismo podría surgir como una alternativa viable de activación física en estas poblaciones.

Aunque en otros trabajos se ha demostrado que el perfil cognitivo asociado al envejecimiento normal se acompaña de una disminución en la capacidad de procesos tales como la planificación, velocidad de procesamiento y flexibilidad cognitiva (Bugg et al, 2006; Tacconnat et al, 2007; Treitz et al, 2007), en el presente trabajo se mostró que estos procesos, junto con la memoria y probablemente las funciones visoespaciales, pueden mejorarse o se puede detener su deterioro a partir de un programa de rehabilitación bien estructurado. Así, puede pensarse que la práctica del malabarismo es una alternativa que se puede aplicar a las personas de la tercera edad para mejorar su nivel cognitivo y detener su deterioro.

Lo anterior debido a que el malabarismo es un ejercicio físico que permite la adquisición de habilidades motoras complejas que requieren de adaptación continua a estrategias y comportamiento de acuerdo con sus demandas, al tiempo que se promueven procesos de plasticidad cerebral y se mantienen o mejoran procesos del funcionamiento cognitivo en sus practicantes (Best, 2010).

Aun cuando la mayoría de las participantes no alcanzaron el máximo nivel de dificultad en el programa de intervención planteado, el malabarismo involucra la integración y coordinación compleja de una serie de mecanismos perceptuales, cognitivos y motores involucrados en el lance, cache, rastreo, estimación de trayectorias y compensación de los pesos de los objetos malabareados (Bebko et al, 2003),

por lo que se tiene una demanda cognitiva constante para su ejecución, manteniendo tanto una activación física como un constante nivel cognitivo para la práctica de esta tarea.

Dado lo anterior, es probable que el malabarismo tenga un impacto directo en la estructura y funcionamiento cerebral que hacen posible los efectos benéficos en la cognición observados, permitiendo realizar variaciones en su implementación y práctica siendo aplicable ante diversas condiciones y poblaciones, incluyendo adultos mayores con diferentes edades y niveles de deterioro cognitivo, aún ante la presencia de limitaciones motoras en extremidades inferiores.



## **Conclusiones**

El malabarismo es una actividad física anaeróbica de coordinación de intensidad moderada que puede aplicarse como entrenamiento físico en adultos mayores con movilidad limitada con diferentes niveles de deterioro cognitivo que permite contribuir a la activación física recomendada para mantener beneficios en la salud cuando se realiza de manera continua.

Adicionalmente, es una actividad perceptomotora compleja de demanda cognitiva constante para sus practicantes y que puede traer consigo mejorías en los procesos de planificación, velocidad de procesamiento, flexibilidad cognitiva y memoria en adultos mayores con 6 meses de práctica.

Los resultados encontrados a nivel conductual son congruentes con los hallazgos en estudios de imagen, con lo que puede concluirse que el malabarismo es un ejercicio físico que promueve procesos de neuroplasticidad en poblaciones de adultos mayores.

## **Limitaciones y sugerencias**

La principal limitación encontrada en la presente investigación fue el tamaño final de la muestra empleada, lo que limita la generalización de las conductas observadas y los resultados obtenidos, por lo que se sugiere emplear muestras con un mayor número de participantes para evaluar el impacto de esta actividad.

Adicionalmente, la debilidad visual no corregible presente en las participantes mayores a 100 años no permitió realizar una evaluación completa de los procesos planteados, por lo que no es posible establecer si el malabarismo tiene un efecto en el funcionamiento cognitivo a partir de procesos no verbales en adultos mayores de mayor edad.

Para permitir la medición de la eficacia a partir de la intervención con este tipo de programas se recomienda el empleo de tareas estandarizadas en poblaciones clínicas, que permitan la obtención de índices de cambio confiables y así poder determinar de manera precisa los efectos de la aplicación de este tipo de programas en poblaciones clínicas con características similares

Adicionalmente, se recomienda el empleo de técnicas de evaluación cognitiva complementarias que permiten el análisis de los procesos cognitivos de manera independiente a las posibles limitaciones encontradas para la comparación de sujetos mayores a 85 años con los datos normativos existentes, como es el caso de los Potenciales Relacionados con Eventos.

Es importante profundizar también en la estabilidad de los beneficios encontrados a partir de su práctica incluso si se suspende su entrenamiento, esto, debido a que las investigaciones que han empleado técnicas de imagen para evaluar su influencia en procesos de neuroplasticidad han descrito una regresión en el incremento del volumen después de suspender la actividad.

## Referencias

- Aguilar-Navarro, S., Mimenza-Alvarado, A.J., Palacios-García, A.A., Samudio-Cruz, A., Gutiérrez-Gutiérrez, L.A. & Ávila-Funes, J. (2018). Validez y confiabilidad del MoCA (Montreal Cognitive Assessment) para el tamizaje del deterioro cognoscitivo en México. *Rev Colomb Psiquiat.* 47(4):237–243
- Ainsworth B.E., Haskell W.L., Herrmann S.D., Meckes N., Bassett Jr D.R., Tudor-Locke C., Greer J.L., Vezina J., Whitt-Glover M.C., Leon A.S. (2011). Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(8):1575-1581.
- Alcon, D. (2017). *Envejecimiento y cáncer de mama: ¿Comparten marcas distintivas comunes?* (Tesis de Pregrado). Universidad D Salamanca, Salamanca, España.
- Arango, J. C., Fernández, S. & Ardila, A. (2003). *Las demencias: Aspectos clínicos, neuropsicológicos y tratamiento*. México: Manual Moderno.
- Arango-Lasparilla, J.C., Rivera, D., Longoni, M., Saracho, C.P., Garza, M.T., Aliaga, A., Rodríguez, W., Rodríguez-Agudelo, Y., ... & Perrin, P.B. (2015). Modified Wisconsin Card Sorting Test (M-WCST): Normative data for the Latin American Spanish speaking adult population. *NeuroRehabilitation* 37: 563-590.
- Ardawi MS, Rouzi AA, Qari MH. 2012. Physical activity in relation to serum sclerostin, insulin-like growth factor-1, and bone turnover markers in healthy premenopausal women: a cross-sectional and a longitudinal study. *J Clin Endocrinol Metab* 97(10):3691–9.
- Ardila, A. (2012). Neuropsicología del envejecimiento normal. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 12(1), 1-20
- Arsland D., Sardahaee F., Anderssen S. & Ballard C. (2010). Is physical activity a potential preventive factor for vascular dementia? A systematic review. *Aging Ment Health* 14(4):386–95.
- Aulinas, A., Santos, A., Valassi, E., Mato, E., Crespo, I., Resmini, E., Roig, O., Bell, O., & Webb, S. M. (2013). Telómeros, envejecimiento y síndrome de Cushing: ¿están relacionados? *Endocrinología y*

*Nutrición*, 60(6), 329–335.

- Bebko, J. M., Demark, J. L., Osborn, P. A., Majumder, S., Ricciuti, C. J., & Rhee, T. (2003). Acquisition and Automatization of a Complex Task: An Examination of Three-Ball Cascade Juggling. *Journal of Motor Behavior*, 35(2), 109–118.
- Beek, P. J., & Lewbel, A. (1995). The science of juggling. *Scientific American*, 93–97
- Beek, P. J., & Turvey, M. T. (1992). Temporal patterning in cascade juggling. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(4), 934–947.
- Benton, (2015). Benefits of exercise for older adults. En Sullivan, G. & Pomidor, A. (Ed) *Exercise for aging adults* (pp. 13-27).
- Best, J. R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331–351.
- Bherer, L., Erickson, K. I., & Liu-Ambrose, T. (2013). A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. *J Aging Res.*
- Boyke, J., Driemeyer, J., Gaser, C., Büchel, C., & May, A. (2008). Training-induced brain structure changes in the elderly. *The Journal of Neuroscience*, 28(28), 7031–7035.
- Brickman, A. M., Paul, R. H., Cohen, R. A., Williams, L. M., MasGregor, K. L., Jefferson, A. L., ... & Gordon, E. (2005). Category and letter verbal fluency across the adult lifespan: Relationship to EEG theta power. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20 (5), 561-573.
- Bugg, J. M., Zook, N.A., DeLosh, E. L., Davalos, D.B. & Davis, H. P. (2006). Age differences in fluid intelligence: Contributions of general slowing and frontal decline. *Brain and Cognition*, 62(1), 9-16.
- Calero-Saa, P. A., & Chaves-García, M. A. (2016). Cambios fisiológicos de la aptitud física en el envejecimiento. *Revista Unvestig Salud Univ Boyacá*, 3(2), 176–194.

- Cashmore, E. (2008). *Sport and exercise psychology*. (2nd ed.). Routledge.
- Cassanova-Sotolongo, P., Cassanova-Carrillo ap. & Cassanova- Carrillo, C. (2004). Deterioro cognitivo en la tercera edad. *Revista Cubana de medicina general integral*, 20(5-6), 1-2.
- Ceballos, O., Álvarez, J. & Medina, R. (2012). Actividad física y calidad de vida en adultos mayores: un análisis en la ciudad de Monterrey. En O. Ceballos (Ed.) *Actividad física en el adulto mayor* (pp.1-34). Manual Moderno.
- Chen, F.T., Etnier, J., Chan, K.H., Chiu, P.K., Hung, T.M. & Chang, Y.K. (2020). Effects of Exercise Training Interventions on Executive Function in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 50:1451-1468.
- Chou, C.-H., Hwang, C.-L., & Wu, Y.-T. (2012). Effect of Exercise on Physical Function, Daily Living Activities, and Quality of Life in the Frail Older Adults: A Meta- Analysis. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 93(2), 237–245.
- Coalición México Salud-Hable. (2020). *Inactividad física en México: un primer acercamiento*. Reporte de la sociedad civil, México.
- De Jaeger, C. (2018). Fisiología del envejecimiento. *EMC - Kinesiterapia - Medicina Física*, 39(2), 1–12.
- del Campo, L., Hamczyk, M. R., Vicente, A., Martínez-González, J., & Rodríguez, C. (2018). Mecanismos de envejecimiento vascular: ¿Qué podemos aprender del síndrome de progeria de Hutchinson-Gilford? *Clínica e Investigación En Arteriosclerosis*, 30(3), 120–132.
- Dessing, J. C., Rey, F. P., & Beek, P. J. (2012). Gaze fixation improves the stability of expert juggling. *Experimental Brain Research*, 216, 635–644.
- Dominguez, A. (2011). *Efectividad del ejercicio anaeróbico vs aeróbico más anaeróbico en pacientes con factores de riesgo cardiovascular en la UMFRRXXI 2010*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U., & May, A. (2004). Changes in grey matter induced by training. *Nature*, 427(22), 311–312.

- Draganski, B., & May, A. (2008). Training-induced structural changes in the adult human brain. *Behavioural Brain Research*, 192, 137–142.
- Driemeyer, J., Boyke, J., Gaser, C., Büchel, C., & May, A. (2008). Changes in Gray Matter Induced by Learning-Revisted. *PLoS ONE*, 3(7), e2669.
- Eckert, M. A. (2011). Slowing down: age-related neurobiological predictors of processing speed. *Frontiers in neuroscience*, 5(25), 1-13.
- El-Sayes, J., Harasym, D., Turco, C. V., Locke, M. B., & Nelson, A. J. (2019). Exercise-Induced Neuroplasticity: A Mechanistic Model and Prospects for Promoting Plasticity. *Neuroscientist*, 25(1), 65–85.
- Erickson, K. I., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. (2015). Physical activity, brain, and cognition. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 4, 27–32.
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., ... Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(7), 3017–22.
- Fernández, G. (2011). *Efectividad de un programa de ejercicio aeróbico vs anaeróbico y aeróbico en la reducción del índice de masa corporal en pacientes obesos de la UMFR SXXI*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Flores, L. J. C., Ostrosky-Solís, F. & Lozano, A. (2012). *Batería de funciones frontales y ejecutivas (BANFE)*. Manual. Manual Moderno: México.
- Fragala, M. (2015). The physiology of Aging and Exercise. En Sullivan, G. & Pomidor, A. (Ed) *Exercise for aging adults* (pp. 1-11).
- Fragala, M. S., Kenny, A. M., & Kuchel, G. A. (2015). Muscle Quality in Aging: a Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. *Sports Medicine*, 45(5), 641–658.

- Gonzalez, K. (2016). Envejecimiento demográfico en México: Análisis comparativo entre las entidades federativas. México: *Secretaría de gobernación* Recuperado de: [http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Envejecimiento\\_demografico\\_en\\_Mexico](http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Envejecimiento_demografico_en_Mexico)
- Griffin, É. W., Mullally, S., Foley, C., Warmington, S. A., O'Mara, S. M., & Kelly, Á. M. (2011). Aerobic exercise improves hippocampal function and increases BDNF in the serum of young adult males. *Physiology and Behavior*, 104(5), 934–941.
- Guzmán-Cortés, J. A., Villalva-Sánchez, A. F., & Bernal, J. (2015). Cambios en la estructura y función cerebral asociados al entrenamiento aeróbico a lo largo de la vida. Una revisión teórica. *Anuario de Psicología*, 45(2), 203–217.
- Habekost, T., Vogel, A., Rostrup, E., Bundensen, C., Kyllingsbaek, S., Garde, E., ... & Waldemar, G. (2013) Visual processing speed in old age. *Scandinavian journal of psychology*, 54(2), 89-94.
- Haibach, P. S., Daniels, G. L., & Newell, K. M. (2004). Coordination changes in the early stages of learning to cascade juggle. *Human Movement Science*, 23, 185–206.
- Hashizume, K., & Matsuo, T. (2004). Temporal and spatial factors reflecting performance improvement during learning three-ball cascade juggling. *Human Movement Science*, 23(2), 207–233.
- Hernández, R.F. (2015). El complejo proceso de la duplicación de los telómeros. *Revista Cubana de Genética Comunitaria* 9 (3): 4-13.
- Hernandez-Segura, A., Nehme, J., & Demaria, M. (2018). Hallmarks of Cellular Senescence. *Trends in Cell Biology*, 28(6), 436–453.
- Hötting, K., Reich, B., Holzschneider, K., Kauschke, K., Schmidt, T., Reer, R., ... Röder, B. (2012). Differential cognitive effects of cycling versus stretching/coordination training in middle-aged adults. *Health Psychology*, 31(2), 145–155.
- INEGI (2014). *Perfil sociodemográfico de adultos mayores*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- INEGI (2016). *Población*. Recuperado de: [https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/default.html#Informacion\\_general](https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/default.html#Informacion_general)
- INEGI (2019). *Resultados noviembre 2019*. Módulo de práctica deportiva y ejercicio físico. Instituto Nacional de Estadística y Geografía de la República Mexicana. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/moprade/def/doc/resultados\\_moprade\\_nov\\_2019](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/moprade/def/doc/resultados_moprade_nov_2019)
- Inmujeres (2010). *Las desigualdades de género vistas a través del estudio del uso del tiempo. Resultados de la Encuesta Nacional sobre uso del Tiempo, 2009*.
- Jansen, P., Lange, L. F., & Heil, M. (2011). The influence of juggling on mental rotation performance in children. *Biomedical Human Kinetics*, 3, 18–22.
- Jarvis, M. (2006). *Sport Psychology: A Student's Handbook*. Routledge.
- Josefsson, T., Lindwall, M., & Archer, T. (2014). Physical exercise intervention in depressive disorders: Meta-analysis and systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 24(2), 259–272.
- Jylhävä, J., Pedersen, N. L & Hägg, S. (2017). Biological age predictors. *EBioMedicine* 21: 2352 -2964.
- Kimball, S. & Jefferson L. (2002). Control of protein synthesis by amino acid fibres. *Acta physiol* 190 (3): 239-241.
- Lehmann, J., & Jansen, P. (2012). The influence of juggling on mental rotation performance in children with spina bifida. *Brain and Cognition*, 80(2), 223–229.
- Lindeboom, J. & Weinstein, H. (2004). Neuropsychology of cognitive ageing, minimal cognitive impairment, Alzheimer's disease, and vascular cognitive impairment. *European journal of pharmacology*, 490(1-3), 83-86.
- Liu, C.; Chang, W.P; Araujo de Carvalho, I.; Savage, K. E. L.; Radford, L. W.; Amuthavalli Thiyagarajan, J. (2017). *Effects of physical exercise in older adults with reduced physical capacity: meta-analysis*



*of resistance exercise and multimodal. 40(4).*

Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L., Graf, P., Beattie, L., Ashe, M., & Handy, T. (2015). Resistance Training and Executive Functions. *Arch Intern Med*, 170(2), 170–178.

Liu-ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Voss, M. W., & Khan, K. M. (2012). Resistance training and functional plasticity of the aging brain: a 12-month randomized controlled trial. *NBA*, 33(8), 1690–1698.

López-Otín, C., Blasco, M. A., Partridge, L., Serrano, M., & Kroemer, G. (2013). The hallmarks of aging. *Cell*, 153, 1194–1217.

Lorenzo, J. & Fontán, L. (2003). Las fronteras entre el envejecimiento cognitivo normal y la enfermedad de Alzheimer: El concepto de deterioro cognitivo leve. *Revista Médica de Uruguay*, 19(1)4-13.

Manrique, B., Salinas, A., Moreno, K. M., Acosta, I., Sosa, A. L., Gutiérrez, L. M., & Téllez, M. M. (2013). Condiciones de salud y estado funcional de los adultos mayores en México. *salud pública de méxico*, 55, S323-S331.

Millán, J. C., & Maseda, A. E. (2011). En: Millán JC, editor. *Gerontología y Geriatría: Valoración e Intervención. Madrid: Editorial Médica Panamericana*, 1-19.

Miller, R. A., Buehner, G., Chang, Y., Harper, J.M., Sigler R. & Smith-Wheelock, M. (2005). Methionine-deficient diet extends mouse lifespan, slows immune and lens aging, alters glucose, T4, IGF-I and insulin levels, and increases hepatocyte MIF levels and stress resistance. *Aging Cell* 4, 119-125-.

Mitchell, S. J., Scheibye-Knudsen, M., Longo, D. L., & de Cabo, R. (2015). Animal Models of Aging Research: Implications for Human Aging and Age-Related Diseases. *Annual Review of Animal Biosciences*, 3(1), 283–303.

Moody, H. & Sasser, J. (2018). Basic Concepts I. A Life Course Perspective on Aging, En H. Moody & J. Sasser *Aging (9th ed.)*. SAGE, publications, Inc.

- Mossner R, Mikova O, Koutsilieri E, Saoud M, Ehlis AC, Muller N, et al. (2007). Consensus paper of the WFSBP Task Force on Biological Markers: biological markers in depression. *World J Biol Psychiatry* 8:141 – 174.
- Nakahara, T., Nakahara, K., Uehara, M., Koyama, K., Li, K., Harada, T., ... Inui, A. (2007). Effect of juggling therapy on anxiety disorders in female patients. *BioPsychoSocial Medicine*, 1, 10.
- Nieto-Estevez V, Defterali C, Vicario-Abejon C. 2016. IGF-I: a key growth factor that regulates neurogenesis and synapto- genesis from embryonic to adult stages of the brain. *Front Neurosci* 10:52.
- Nyberg, L., Lövdén, M., Riklund, K., Lindenberger, U. & Bäckman, L. (2012). Memory aging and brain maintenance. *Trends in cognitive sciences*, 16(5), 292-305.
- Organización Mundial de la Salud. (12 de diciembre de 2017). *Mental health o folder adults*. Recuperado de <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mental-health-of-older-adults>
- Organización Mundial de la Salud. (5 de febrero de 2018). *Envejecimiento y salud*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/envejecimiento-y-salud>
- Organización Mundial de la Salud (2019). *¿Qué se entiende por actividad moderada y actividad vigorosa?* Recuperado de [https://www.who.int/dietphysicalactivity/physical\\_activity\\_intensity/es/](https://www.who.int/dietphysicalactivity/physical_activity_intensity/es/)
- Organización Mundial de la Salud (26 de noviembre de 2020). *Actividad física*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Orozco, G., Santiago, J., Anaya, M., & Guerrero, S. (2016). Efectos psicologicos y cognitivos mayores effects of tai chi practice in older. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 19(3), 858–876.
- Papalia, D., Wendkos, S., & Duskin, R. (2010). *Desarrollo Humano*. Editorial McGraw Hill.
- Patel, R. & McKinnon, B.J. (2018). Hearing loss in the elderly. *Clinics in Geriatric Medicine*, 34(2), 163-174.

- Penke, L., Maniega, S. M., Murray, C., Gow, A. J., Hernández, M.C.V., Clayden, J.D., ... & Deary, I.J. (2010). A general factor of brain white matter integrity predicts information processing speed in healthy older people. *The Journal of Neuroscience*, 30(22), 7569-7574.
- Pérès, K., Matharan, F., Daien, V., Nael, V., Edjolo, A., Bourdel-Marchasson, I., Ritchie, K., Tzourio, C., Delcourt, C. & Carrière, I. (2017). Visual Loss and subsequent activity limitations in the elderly: The French three-city cohort. *Am J Public Health* 107 (4): 564-569-
- Podell, J.E, Sambataro, F. Murty, V. P., Emery M. R., Tong, Y., Das, S., ... & Mattay, V. S. (2012). Neuropsychological correlates of age-related changes in working memory updating. *Neuroimage*, 26(3), 2151-2160.
- Reiner, M., Niermann, C., Jekauc, D., & Woll, A. (2013). Long-term health benefits of physical activity-- a systematic review of longitudinal studies. *BMC Public Health*, 13(1), 813.
- Rico-Rosillo, M. G., Oliva-Rico, D., & Vega-Robledo, G. B. (2018). Envejecimiento: algunas teorías y consideraciones genéticas, epigenéticas y ambientales. *Revista Medica Del Instituto Mexicano Del Seguro Social*, 56(3), 287-294.
- Rivera, D., Perrin, P.B, Morlett-Paredes, A., Glaarza-del-Ángel, J., Matínez, C., Garza, M.T., Saracho, C.P., Rodríguez, W., Rodríguez-Agudelo, Y., Rábago, B., ... & Arango-Lasparilla, J.C. (2015a). Rey-Osterrieth Complex Figure -copy and immediate recall: Normative data for the Latin American Spanish speaking adult population. *NeuroRehabilitation* 37: 591-624.
- Rivera, D., Perrin, P.B, Stevens, L.F., Garza, M.T., Weil, C., Saracho, C.P., Rodríguez, W., Rodríguez-Agudelo, Y., Rábago, B., Weiler, G., García de la Cadena, C., ... & Arango-Lasparilla, J.C. (2015b). Stroop Color-Word Interference Test: Normative data for the Latin American Spanish speaking adult population. *NeuroRehabilitation* 37: 591-624.
- Rosselli, M. & Ardilla A. (2003). The impact of culture and education on non-verbal neuropsychological measurements: A critical review. *Brain and Cognition*, 52(3), 326-333.

- Sampaio-Baptista, C., Scholz, J., Jenkinson, M., Thomas, A. G., Filippini, N., Smit, G., ... Johansen-Berg, H. (2014). Gray matter volume is associated with rate of subsequent skill learning after a long term training intervention. *NeuroImage*, *96*, 158–166.
- StatSoft, Inc. (2004) STATISTICA (data analysis software system), version 7.0 [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Secretaría de Salud. (2016). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016: Informe final de resultados. Instituto Nacional de Salud Pública
- Sholz, J., Klein, M. C., Behrens, T. E. J., & Johansen-Berg, H. (2009b). Training induces changes in white matter architecture. *Nat Neurosci*, *12*(11), 1370–1371.
- Solon, S.M., McMahon A., Ballard J., Ruohonen K., & Wu, L. (2014). The ratio of macro- nutrients, not caloric intake, dictates cardiometabolic health, aging, and longevity in ad libitum-fed mice. *Cell Metab.* *19*, 418–30
- Stillman CM, Cohen J, Lehman ME, Erickson KI. 2016. Mediators of physical activity on neurocognitive function: a review at multiple levels of analysis. *Front Hum Neurosci* *10*:626.
- Taconnat, L., Clarys, d., Vanneste, S., Bouazzaoui, B. & Isingrini, M. (2007). Aging and strategic retrieval in a cued-recall test: The role of executive functions and fluid intelligence. *Brain and cognition*, *64*(1), 1-6.
- Trevisan, K., Cristina-Pereira, R., Silva-Amaral, D., & Aversi-Ferreira, T. A. (2019). Theories of aging and the prevalence of Alzheimer's disease. *BioMed Research International*, 2019.
- Tsai, C.L., Wang, C.H., Pan, C.Y. & Chen, F. (2015). The effects of long-term resistance exercise on the relationship between neurocognitive performance and GH, IGF-1 and homocysteine levels in the elderly. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, *9* (23).
- Tsukazaki, I., Uehara, K., Morishita, T., Ninomiya, M., & Funase, K. (2012). Effect of observation combined with motor imagery of a skilled hand-motor task on motor cortical excitability: Difference between novice and expert. *Neuroscience Letters*, *518*(2), 96–100.

- Valero-Herreros, M. (2010). *Efectos de la actividad física sobre la efectividad cerebral y la variabilidad de la frecuencia cardiaca en mayores* (Tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona. Department de Psicologia de l'Educació. Barcelona.
- Vázquez, F. (2004). Reseña: El envejecimiento en México: el siguiente reto de la transición demográfica, Roberto Ham Chamde. *Estud. Front.* 5(9).
- Vera, A. (2017). *Cambios neuropsicológicos asociados a la práctica de malabarismo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, México.
- Voelcker-Rehage, C. (2008). Motor-skill learning in older adults—a review of studies on age-related differences. *European Review of Aging and Physical Activity*, 5(1), 5–16
- Voelcker-Rehage, C., Godde, B., & Staudinger, U. M. (2011). Cardiovascular and coordination training differentially improve cognitive performance and neural processing in older adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5(March), 26.
- Voelcker-Rehage, C., & Niemann, C. (2013). Structural and functional brain changes related to different types of physical activity across the life span. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37(9), 2268–2295.
- Voelcker-Rehage, C., & Willimczik, K. (2006). Motor plasticity in a juggling task in older adults - A developmental study. *Age and Ageing*, 35(4), 422–427
- Wolfensteller, U. (2009). Juggling with the brain - thought and action in the human motor system. In *Progress in Brain Research* (Vol. 174, pp. 289–301). Elsevier.
- Zúñiga Herrera, E., & García, J. E. (2008). El envejecimiento demográfico en México. Principales tendencias y características. *La situación demográfica de México 2008*, 93-100.

## Anexos

### Anexo 1. Constancia de dictamen de comité de ética



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Estudios Superiores Iztacala  
**COMISIÓN DE ÉTICA**



Los Reyes Iztacala a 16/04/2018

Oficio: **CE/FESI/042018/1233**

**DR. BERNAL HERNANDEZ JORGE**

Presente:

En atención a su solicitud de aval, por la Comisión de Ética de esta facultad, para su proyecto denominado **Funcionamiento cognitivo en adultos mayores asociado a la práctica de malabarismo**, que va a someter a **Posgrado de Psicología**.

Esta comisión acordó la siguiente opinión técnica:

**Avalado sin recomendaciones**

Sin otro particular por el momento, quedamos a sus órdenes para cualquier aclaración y aprovechamos la oportunidad para enviarle un atento saludo y nuestro respeto académico.

Atentamente

  
M. en C. María Eugenia Isabel Heres y Pulido  
Presidente

