

**EFFECTO DE UN PROGRAMA DE MOVIMIENTOS EXPLOSIVOS Y DE  
IMPACTO APLICADOS EN AGUA SOBRE LA MARCHA DE MUJERES  
MAYORES DE 60 AÑOS**

**TESISTA INVESTIGADOR**

**Laura Lorena Cadena Duarte**

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES  
FACULTAD DE SALUD  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN CUERPO – MOVIMIENTO  
Bogotá, 2016**

**EFFECTO DE UN PROGRAMA DE MOVIMIENTOS EXPLOSIVOS Y DE  
IMPACTO APLICADOS EN AGUA SOBRE LA MARCHA DE MUJERES  
MAYORES DE 60 AÑOS**

**TESISTA INVESTIGADOR**

**Laura Lorena Cadena Duarte**

**DIRECTOR DE E INVESTIGADOR PRINCIPAL**

**Jhon Fredy Ramírez Villada Ph.D., Pos-Doc.**

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES  
FACULTAD DE SALUD  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN CUERPO – MOVIMIENTO  
Bogotá, 2016**

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
1. TÍTULO.....	8
1.1. Resumen académico.....	8
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	9
2.1. Problemática de investigación.....	9
2.2. Justificación.....	12
2.3. Objetivo general.....	16
2.3.1. Objetivos específicos.....	16
3. HIPÓTESIS.....	16
3.1. Hipótesis de investigación.....	16
4. REFERENTE TEÓRICO.....	17
4.1. Fuerza muscular.....	17
4.1.1. Clasificación de la fuerza.....	20
4.1.2. Evaluación de la fuerza.....	22
4.2. Marcha.....	23
4.2.1. Características de la marcha.....	25
4.2.2. Evaluación de la marcha.....	27
4.3. Concepto de envejecimiento y clasificación.....	28
4.3.1. Teorías de envejecimiento.....	30
4.4. Programación de actividad física para el adulto mayor.....	31
4.4.1. Hidrodinámica.....	35
4.5. Movimientos de impacto y explosivos.....	36
5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	39
6. METODOLOGÍA.....	41
6.1. Muestra.....	42
6.1.1. Consideraciones de la muestra:.....	42
6.1.2. Técnicas de muestreo y selección.....	43
6.2. Descripción de técnicas e instrumentos.....	46
6.2.1. Variable independiente.....	46
6.2.2. Variables dependientes.....	48

6.3. Instrumentos.....	51
6.4. Control de sesgos.....	51
7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	52
8. RESULTADOS .....	52
8.1. Caracterización de la muestra .....	54
8.2. Análisis intra-muestral .....	56
8.2.1. Análisis intra-muestral composición corporal .....	56
8.2.2. Análisis intra-muestral fuerza .....	57
8.2.3. Análisis intra-muestral marcha .....	59
8.3. Análisis inter-muestral .....	61
8.3.1. Análisis inter-muestral composición corporal .....	61
8.3.2. Análisis inter-muestral fuerza .....	63
8.3.3. Análisis intra-muestral marcha .....	65
8.4. Riesgo relativo.....	67
9. DISCUSIÓN .....	68
10. CONCLUSIÓN.....	73
11. RECOMENDACIONES .....	74
12. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	74
13. Cronograma .....	76
14. Presupuesto .....	78
15. Bibliografía .....	79
15.1. Anexos .....	86

### Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Clasificación de la fuerza, información adaptado por el autor <sup>(3, 51)</sup> .....	20
Figura 2: Características de los programas de entrenamiento de fuerza en el anciano frágil (1RM repetición máxima) <sup>(6)</sup> .....	32
Figura 3: Ejercicios de fuerza realizados en agua, información adaptada por el autor.....	33

Figura 4: Registro de la fuerza aplicada en una plataforma de fuerza. A= salto sin contra movimiento (SJ), B= salto con contra movimiento (CMJ) <sup>(52)</sup> .....	38
Figura 5: Diseño metodología, donde (01) pre test, (02) pos test, X hace referencia al programa de AF, Y programa tradicional. ....	42
Figura 6: metodología de investigación .....	45
Figura 7: Descripción de variables de estudio .....	46
Figura 8: Descripción programa de actividad física para aplicar a la población de mujeres mayores de 60 años.....	47
Figura 9: Posición adecuada para la valoración de la composición corporal. Imagen tomada de healthgoods <sup>(91)</sup> .....	48
Figura 10: Ejercicios para la valoración de fuerza de miembros inferiores. 1) SJ, 2) CMJ, 3) ABK. Imagen editada por el autor, tomada de Women´s Health <sup>(94)</sup> .....	50
Figura 11: Protocolo para la evaluación de la marcha en el adulto mayor.....	50

## Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Operacionalización de variables .....	41
Tabla 2: Programa de entrenamiento del grupo control.....	41
Tabla 3: Varianza establecida a partir de la prueba piloto realizada.....	44
Tabla 4: Composición corporal pre test, grupos de estudio, comparación de medias y desviación estándar. Desviación estándar (Ds). Prueba estadística aplicada U Mann Whitney .....	54
Tabla 5: Comparación entre GC y GE en la valoración pre test de la fuerza en miembros inferiores. (Newton (N), segundos (seg), centímetros (cm) y potencia (W). Valores que representan $p < 0,05$ (*). Prueba estadística aplicada: U Mann Whitney .....	55
Tabla 6: Comparación inter muestral de la valoración pre test de la marcha. Valores expresados como media $\pm$ desviación estándar (Ds). Pie de apoyo, pie izquierdo (PI) y pie derecho (PD). Prueba estadística aplicada U Mann Whitney..	55
Tabla 7: Comportamiento de la composición corporal de GE, grupo participante del programa de movimientos explosivos y de impacto en piscina. Valores expresados como media $\pm$ desviación estándar (Ds); significativo $p < 0,05$ (*). Prueba estadística aplicada Wilcoxon. ....	56
Tabla 10: Grupo control GC: grupo participante de un programa de AF recreativo en agua. Valores expresados media $\pm$ desviación estándar (Ds); significativo $p < 0,05$ (*), muy significativo $p < 0,001$ (**). Prueba estadística aplicada Wilcoxon. ...	59
Tabla 11: Comparación pre-pos test de las fuerzas que interactúan en las fases de la marcha, para GE. Valores expresados media $\pm$ , desviación estándar (Ds),	

significativo $p < 0,05$ (*).Pie de apoyo, pie izquierdo (PI) y pie derecho (PD). Prueba estadística aplicada Wilcoxon. ....	60
Tabla 12: Comparación pre-pos test de las fuerzas que interactúan en las fases de la marcha para GC. Valores expresados media $\pm$ , desviación estándar (Ds), significativo $p < 0,05$ (*); muy significativo $p < 0,001$ (**).Prueba estadística aplicada Wilcoxon. ....	61
Tabla 14: Comparación pre – pos test fuerza de miembros inferiores (MMII), para GE y GC. Valores expresados media $\pm$ , desviación estándar (Ds), significativo $p < 0,05$ (*).Prueba estadística aplicada U Mann Whitney. ....	64
Tabla 14: GE: grupo experimental, participe de un programa d movimientos explosivos y de impacto en agua; GC, grupo control. Fuerzas que interactúan en las fases de la marcha. Pie de apoyo, pie izquierdo (PI) y pie derecho (PD). Valores expresados media $\pm$ , desviación estándar (Ds), significativo $p < 0,05$ (*); muy significativo $p < 0,001$ (**).Prueba estadística aplicada U Mann Whitney. ....	65
Tabla 15: GE: grupo experimental participe de un programa d movimientos explosivos y de impacto en agua; GC, grupo control. Desplazamiento transversal COP (DTvsCOP), desplazamiento longitudinal COP (DLongCOP). Valores expresados media $\pm$ , desviación estándar (Ds), significativo $p < 0,05$ (*); muy significativo $p < 0,001$ (**).Prueba estadística aplicada U Mann Whitney. ....	66
Tabla 20: Cálculo RR para las variables más significativas después de la intervención.....	67

## Lista de anexos

	<b>Pág.</b>
Anexo 1: Plan de entrenamiento detallado por sesión.....	86
Anexo 2: Formulario para la práctica en programa de actividad física.....	91
Anexo 3: Formulario de consentimiento informado .....	92
Anexo 4: Formato de dolor muscular .....	95
Anexo 5: Análisis estadístico .....	97

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ser un camino de muchos esfuerzos no hubiera sido posible sin la colaboración de amigos, familiares y docentes. Por esta razón agradezco por todo el apoyo brindado y las enseñanzas que servirán en la construcción de un futuro con crecimiento profesional y personal.

Agradezco entonces al equipo de docentes que hicieron este proceso posible:

Oscar Rubiano, Rodrigo Argothy y Adriana Gutiérrez de la Universidad Manuela Beltrán.

Wilmer Pineda Ríos de la Universidad Santo Tomas.

Al equipo asesor:

Jhon Fredy Ramírez Villada de la Universidad Santo Tomas

José Armando Vidarte de la Universidad Autónoma de Manizales

Y con un profundo cariño agradezco al grupo de mujeres adultas mayores que participaron en el estudio, que brindaron toda su disciplina y dedicación para el desarrollo del proyecto.

Y por último agradezco a mi familia, quien me brindo el apoyo moral y económico para hacer esta meta posible.

## 1. TÍTULO

EFFECTO DE UN PROGRAMA DE MOVIMIENTOS EXPLOSIVOS Y DE IMPACTO APLICADOS EN AGUA SOBRE LA MARCHA DE MUJERES MAYORES DE 60 AÑOS

### 1.1. Resumen académico

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de un programa de movimientos explosivos y de impacto aplicados en agua sobre la marcha de mujeres mayores de 60 años. Metodología: Estudio de corte cuantitativo con un diseño experimental, donde se seleccionaron aleatoriamente 70 mujeres físicamente activas, distribuidas en dos grupos. Ambos grupos realizaron ejercicios en una piscina de 1,50m a 32°C, durante 8 meses, tres veces por semana en sesiones de 60 minutos. El grupo GE (n=35) participó en el programa de entrenamiento de movimientos explosivos y de impacto; mientras que el grupo GC (n=35) participó en un programa con enfoque recreativo. En todas las participantes se llevaron a cabo pruebas de composición corporal, fuerza explosiva y marcha, tanto antes, como después de la intervención.

Resultados: Se encontraron diferencias en la composición corporal (GE vs GC  $p=0,042$ ) donde el porcentaje de masa grasa aumentó en GE en comparación a GC. A la vez que en la fuerza explosiva GE vs GC en la  $F_{mx} I_{(N)}$  (CMJ) ( $p=0,031$ ); en el  $Tv_{(seg)}$  ( $p=0,042$ ),  $altura_{(cm)}$  ( $p=0,042$ ) y  $potencia_{(W)}$  ( $p=0,032$ ) del test ABK. En la marcha se evidenciaron diferencias en el DTvsCOP ( $p=0,033$ ). Sin embargo, la

fuerza explosiva aumentó más para GE y el desplazamiento transversal del COP disminuyó en mayor medida para GE.

Conclusión: tras la ejecución de un programa que combinó movimientos explosivos y de impacto en agua, se evidenció un efecto positivo en las características de la marcha, principalmente el COP, debido a los cambios altamente significativos observados en la fuerza explosiva, lo cual, favoreció la preservación y mejoramiento de la autonomía funcional de las mujeres mayores de 60 años que participaron en este estudio.

Palabras clave: ejercicio acuático, marcha, centro de gravedad y envejecimiento.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **2.1. Problemática de investigación**

El crecimiento demográfico de la población mayor de 60 años demuestra en las estadísticas mundiales un aumento del 9% al 12% entre 1994 y 2014. Para el 2015 se cuenta con 12,3% de personas con esta edad y se estima que para el 2050, habrá un pico del 22%, con una relación de 85 hombres por cada 100 mujeres<sup>(1, 2)</sup>. En Colombia los datos indican que en el 2005 la población mayor de 60 años era de 8,89% y el 4,77% de ésta eran mujeres. Para el 2016 se proyectó

que la población en este rango de edad sería de 6,21% y en Bogotá alcanzaría un 6,78%<sup>(3)</sup>.

Las estadísticas descritas cobran importancia atendiendo a los procesos degenerativos del envejecimiento, al tener consecuencias para la salud y funcionalidad del adulto mayor<sup>(4, 5)</sup>. Varios autores afirman que la pérdida de masa magra y ósea, junto al aumento de la masa grasa, son características de éste proceso y que se incrementan con la inactividad física<sup>(6-8)</sup>, representando un 50% más de riesgo de lesiones por caídas, que se pueden convertir en cuadros graves y generar un impacto en los costos de los sistemas de atención en salud alrededor del mundo<sup>(9-13)</sup>.

Algunos estudios revelan un déficit de comunicación entre el sistema nervioso central (SNC) y periférico (SNP), con el sistema muscular<sup>(14, 15)</sup>, el cual, comienza a deteriorarse aceleradamente a partir de los 50 años<sup>(16)</sup>, produciéndose una reducción de la activación nerviosa y una menor calidad de las fibras musculares, especialmente en las fibras musculares rápidas (IIb)<sup>(17)</sup>. Dicho deterioro en el SNC, afecta la velocidad de activación inicial en el umbral de las unidades motoras de contracción rápida y genera un menor reclutamiento de éstas presentándose dificultades para realizar las actividades de la vida diaria (AVD)<sup>(18)</sup>.

De esta manera, se revela una disminución de la fuerza en piernas (70%), la coordinación neuromuscular (90%) y la resistencia aeróbica (45%), como lo demuestran algunos estudios en adultos mayores<sup>(8, 18, 19)</sup>. Estos datos son relevantes, dada la relación existente entre la pérdida de fuerza muscular y la capacidad de la marcha<sup>(6, 20)</sup>, que causan hasta en un 50% de dificultad en la

marcha y que además, se vuelve una tarea compleja a medida que avanza la edad, en especial si se combina con otras actividades<sup>(10)</sup>.

En contraste, el deterioro neuromuscular acelera la pérdida de densidad mineral ósea (DMO). El 30 a 50% de las mujeres postmenopáusicas son más propensas a esto, ya que experimentan alteraciones en los procesos de resorción y remodelado óseo. Sin embargo, hay estudios que demuestran que el ejercicio físico puede disminuir éstas consecuencias <sup>(21, 22)</sup>, pues el entrenamiento de la fuerza ayuda al aumento de DMO del adulto mayor, ya que se ha verificado un estímulo de tensión muscular y estrés mecánico, especialmente en la zona lumbar y en los miembros inferiores<sup>(9, 12, 23)</sup>.

Lo anterior cobra importancia desde la biomecánica de la marcha, ya que el impacto, al generar el apoyo, repercute en la variabilidad del centro de gravedad (COP), la velocidad de la marcha, anchura en el paso y la disminución del impacto articular hasta en un 50%<sup>(24)</sup>. Estudios revelan que la mayoría de modelos de programación de la Actividad Física (AF), han sido realizados en tierra y muy pocos en agua, dado el deterioro morfológico y fisiológico de las estructuras osteomusculares y articulares de este grupo poblacional que es más propenso al riesgo de lesión al realizar ejercicios de impacto en tierra <sup>(25-27)</sup>.

El Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM)<sup>(28)</sup> en un comunicado oficial, identificó los modelos de programación progresivos de AF en adultos, recomendando ejercicios que involucran habilidades motoras como: velocidad, agilidad, coordinación, salto etc., para disminuir los factores de riesgo como caídas y el deterioro del sistema neuromuscular ocasionado por el envejecimiento<sup>(29, 30)</sup>.

Realizar estos ejercicios implica cambios de tensión muscular y se genera mayor beneficio si se realizan de manera explosiva<sup>(31)</sup>.

A nivel nacional se han realizado estudios de investigación que se han enfocado en la caracterización de la población en el perfil morfológico<sup>(14, 32)</sup> y se han hecho avances en trabajos de fuerza en sus diferentes manifestaciones, que se han ejecutado en su mayoría en tierra<sup>(17, 33)</sup> en población adulta mayor y en especial, en mujeres posmenopáusicas, en quienes se ha observado un mayor riesgo.

Es pertinente profundizar en los modelos de programación de AF en el adulto mayor, en el medio acuático que permita ampliar aspectos teóricos, conceptuales y procedimentales para ser abordados desde las ciencias de la salud. De tal forma, que se logren fortalecer los modelos de promoción de la salud, prevención de la enfermedad y rehabilitación en población adulta mayor. Por tal motivo surge la siguiente pregunta:

¿Cuál es efecto que los movimientos explosivos y de impacto aplicados en agua , generan sobre la marcha de mujeres mayores de 60 años?

## **2.2. Justificación**

El incremento de población envejecida a nivel mundial y los procesos degenerativos del sistema neuromuscular, que se aceleran a partir de los 50 años<sup>(9)</sup> , son factores que contribuyen a sufrir osteoporosis. Pese a que no es el objetivo de esta investigación profundizar en esta enfermedad, la osteoporosis

está relacionada con la pérdida de masa ósea y masa muscular y las repercusiones en la funcionalidad <sup>(6, 34)</sup>, dificultándose el desarrollo de las AVD.

Considerando lo expuesto, estudios revelan que el 30% de los adultos mayores sufren por lo menos una caída al año, llevándolos a necesitar tratamiento médico y hospitalización, que generan aumento de los costos en atención de salud de esta población<sup>(22, 35)</sup>. Para contrarrestar esto, se han establecido políticas que le apuestan al envejecimiento activo <sup>(12)</sup> y, el cual, se fundamenta en una proyección a futuro, para crear las condiciones necesarias para una vida digna, larga y saludable para toda la población <sup>(13)</sup>.

Algunas investigaciones en adulto mayor involucran en la programación de AF movimientos de impacto, los cuales, generan micro fracturas en la estructura ósea y favorecen al remodelado óseo, en especial para personas que superan la barrera de los 50 años<sup>(22, 36-38)</sup>. Por otro lado, se ha revelado que ejercicios con movimientos explosivos mejoran la masa magra y la fuerza muscular, con cambios de hasta de un 61,8%<sup>(39-43)</sup>. Otros ensayos resaltan que estos ejercicios estimulan el sistema nervioso, lográndose mayor coordinación neuromuscular, que favorece el reclutamiento de fibras rápidas <sup>(38, 44, 45)</sup>.

De este modo, investigaciones revelan que los programas que han sido utilizados bajo estos parámetros, son aplicados en tierra o en agua, integrando ejercicios multicomponentes de alta intensidad (aquellos que involucran ejercicios de velocidad, agilidad, flexibilidad, fuerza y resistencia), que favorecen la funcionalidad, calidad de vida y salud del adulto mayor <sup>(6, 40, 44, 46, 47)</sup>. Se considera que al ser aplicados estos ejercicios en tierra, se eleva el riesgo del adulto mayor

a sufrir lesión de tejidos blandos, considerándose el medio acuático menos riesgoso para estas lesiones<sup>(17)</sup>.

Hay estudios que demuestran mayores beneficios de los programas de AF aplicados en agua, cuya duración supera los seis meses, con frecuencia de dos a tres días por semana, en sesiones de 45 a 60 minutos<sup>(6)</sup>. Algunos informes mencionan que el entrenamiento de fuerza muscular, coordinación y equilibrio, son factores que favorecen en gran medida el patrón de la marcha<sup>(10, 48)</sup>, disminuyéndose el miedo del adulto mayor de caer, al estar en el agua.

En los ensayos de fuerza aplicados a personas mayores de 60 años, se revela un incremento significativo en fuerza desde un 18% hasta 46%<sup>(44)</sup>. Donde se evidenció que los programas que incluyen explosividad o impacto en los ejercicios, aportaron en un 70% a la reducción de caídas, mejoraron en un 54% la velocidad de marcha, además de presentar mejora en el equilibrio y la fuerza en un 80% y 70% respectivamente<sup>(18, 47)</sup>. Por otra parte, estos ensayos señalaron que solo el 51,1% de esta población practican AF con estas características, siendo la mayoría hombres<sup>(9)</sup>.

Considerando lo descrito, una posible estrategia que puede contribuir a mejorar la funcionalidad del adulto mayor sin exponer su salud, ni su calidad de vida, es el ejercicio realizado en agua, donde los ensayos han demostrado mejoras sobre la fuerza muscular y la resistencia, las cuales, influyen en la funcionalidad de las AVD<sup>(45)</sup>. En ese sentido, ésta iniciativa va en consonancia con las políticas que promueven el envejecimiento activo<sup>(12)</sup>, a la vez que ayudan a lograr una mejor calidad de vida durante la senectud<sup>(13)</sup>.

Atendiendo a las consideraciones expuestas, en esta investigación, fueron combinados dos métodos que generalmente se utilizan de forma separada, como son los movimientos explosivos y de impacto en la programación de AF para adulto mayor, realizándose en el medio acuático y considerándose que las características físicas del agua, permiten establecer el cambio favorable sobre el gesto de la marcha<sup>(49)</sup>. Además, se ha demostrado que en el medio acuático se genera entre un 92% a 95% más de adherencia en los participantes para realizar AF<sup>(19)</sup>.

La información que recopiló esta investigación puede ser utilizada en modelos de rehabilitación y de entrenamiento en adultos deportistas y no deportistas, para prevenir el deterioro de la fuerza y reducir la inestabilidad articular <sup>(16)</sup>, llegando a ser un modelo de prevención a largo plazo para los efectos que conlleva el envejecimiento<sup>(4)</sup>.

Por otra parte, el desarrollo de este proyecto contó con el respaldo logístico que le otorgó su articulación a un macro proyecto que ya completó seis años de investigación en Bogotá y que ha venido desarrollando modelos de rehabilitación en población adulta mayor, deportistas y no deportistas, al que se integraron la Universidad Santo Tomas, la Universidad Manuela Beltrán, la Universidad el Rosario y la Escuela Colombiana de Rehabilitación. El trabajo propuesto en el macro proyecto contó con el aval del comité bioético de las entidades anteriormente descritas.

En ese sentido, esta investigación tuvo viabilidad para ser ejecutada, en la medida en que contó con los escenarios (piscina terapéutica y laboratorio), logística (personal en trabajo de campo), personal especializado (médicos,

investigadores), que se encontraban vinculados al macro proyecto de investigación mencionado anteriormente.

### **2.3. Objetivo general**

Determinar el efecto de un programa basado en movimientos explosivos y de impacto en medio acuático, sobre la marcha de mujeres mayores de 60 años.

#### **2.3.1. Objetivos específicos**

- Identificar socio-demográficamente la población de estudio.
- Evaluar los efectos de los ejercicios explosivos y de impacto en agua, sobre la composición corporal acorde a los parámetros internacionales establecidos.
- Medir la fuerza muscular de miembros inferiores mediante una prueba de dinamometría isoinercial sobre una plataforma de fuerza.
- Evaluar el efecto de los movimientos explosivos y de impacto en agua sobre la marcha.

## **3. HIPÓTESIS**

### **3.1. Hipótesis de investigación**

H<sub>i</sub>: Los movimientos explosivos y de impacto aplicados en agua a un grupo de adultos mayores (GE), tendrán un impacto positivo en la fuerza de los miembros

inferiores y ésta a su vez, en el patrón de la marcha, en comparación a un grupo control (GC).

$$H_i = \frac{GE}{X_{GE}} > \frac{GC}{X_{GC}}$$

H<sub>a</sub>: Los movimientos explosivos y de impacto aplicados en agua a un grupo de adultos mayores (GE), tendrán un impacto negativo en la fuerza de los miembros inferiores y ésta a su vez, en el patrón de la marcha, en comparación a un grupo control (GC).

$$H_0 = \frac{GE}{X_{GE}} < \frac{GC}{X_{GC}}$$

H<sub>0</sub>: No existen diferencias estadísticamente significativas en el patrón de la marcha de mujeres mayores de 60 años, de los grupos control y experimental, después de aplicar un programa de movimientos explosivos y de impacto en agua.

$$H_a = \frac{GE}{X_{GE}} = \frac{GC}{X_{GC}}$$

## 4. REFERENTE TEÓRICO

### 4.1. Fuerza muscular

Los indicadores biomecánicos fundamentales que caracterizan la actividad del músculo son: la fuerza que se registra en su extremo (esta se denomina tensión o fuerza de tracción muscular) y la velocidad de variación de la longitud. Cuando el músculo se excita varía su estado mecánico, generándose contracción y se manifiesta en el cambio de la tensión y longitud del músculo, además de presentar otras propiedades mecánicas como elasticidad, rigidez, etc.<sup>(50)</sup>.

Algunos autores como Ramírez<sup>(51)</sup> e Izquierdo<sup>(12)</sup> proponen que la manifestación de fuerza está condicionada por la interacción de elementos como: la composición del músculo (área de sección transversal muscular, tipo de fibras tipo I y tipo II), el comportamiento de las unidades motoras en su capacidad de reclutamiento, la frecuencia de impulso y la sincronización intra-inter muscular. Adicionalmente, se ha evidenciado en algunos estudios, que la composición corporal afecta la manifestación de la fuerza en las personas adultas mayores, ya que disminuye la masa muscular y ósea, mientras que la masa grasa aumenta, tal como lo demuestra un estudio entre personas de entre los 40 y 70 años <sup>(23, 34)</sup>.

Toda manifestación de fuerza es reflejada en la tensión producida en el músculo, es gracias a la capacidad de los puentes cruzados para producirla<sup>(52)</sup>. De ahí, que la contracción muscular se manifieste en variaciones del estado mecánico de un músculo (estimulación nerviosa), junto con un cambio en la tensión y longitud del músculo<sup>(50)</sup>. Una participación importante para que esto suceda, se genera a partir de la acción integrada de los sistemas nervioso y muscular, sabiéndose que esta coordinación neuromuscular en personas mayores disminuye hasta en un 90%<sup>(53)</sup>.

La función del músculo depende de las propiedades de sus fibras Tipo I y Tipo II, donde las Tipo II poseen un metabolismo glicolítico y están dedicadas a movimientos rápidos y precisos<sup>(52)</sup>. A nivel funcional, las fibras musculares se agrupan formando unidades motoras que dependen de una sola motoneurona y que se contraen al unísono, siguiendo la ley del “todo o nada”, cuando la célula nerviosa descarga<sup>(50)</sup>. Existe una mayor pérdida de unidades motoras rápidas con el envejecimiento, lo que incrementa la carga de trabajo en las unidades motoras extenientes, siendo estas en su mayoría lentas, cambiando las fibras tipo II a fibras tipo I y generando pérdida de la de la función muscular<sup>(54)</sup>.

El deterioro de la fuerza muscular asociado al envejecimiento varía dependiendo cómo sea examinada. La fuerza muscular en acciones excéntricas disminuye desde un 15 hasta un 34%, a partir de los 20 hasta 70 años. Si se determina la fuerza en forma concéntrica, disminuye entre un 20% a 53%, ésta diferencia se aduce en primer lugar, al aumento del tejido contráctil intramuscular (tejido conectivo o elástico) y en segundo lugar, a que la activación neuromuscular es menor en acciones concéntricas<sup>(55)</sup>.

Diferentes estudios han concluido que alcanzar un buen nivel de fuerza muscular, se acompaña de una gran capacidad para realizar actividades de la vida diaria. Por otra parte, hay datos que revelan que la pérdida de fuerza y masa muscular está relacionada con una reducción en la autonomía de movimiento y en la capacidad de realizar actividades de la vida diaria<sup>(6, 53, 56)</sup>. Lo que lleva a pensar, que el entrenamiento en fuerza es fundamental para promover la salud y calidad de vida en la población adulta mayor.

La fuerza en relación a la edad, puede ser mayor en hombres que en mujeres, pero de acuerdo a los cambios fisiológicos morfológicos, las mujeres pierden más fuerza en comparación a los hombres. Lo que en la actualidad, ha llevado a mantener unos niveles adecuados de fuerza y resistencia muscular, para evita que aparezcan problemas como osteopenia, osteoporosis y problemas para desenvolverse en diferentes actividades de la vida diaria<sup>(53)</sup>.

#### 4.1.1. Clasificación de la fuerza

Es preciso tener en cuenta, que la fuerza no suele manifestarse de forma pura, varía según el tipo y exigencia del movimiento, de esta manera, en el ámbito deportivo, no suele expresarse casi nunca de manera “pura” y según González<sup>(25)</sup> “se hallan normalmente de forma más o menos mezclada en función del deporte específico”. Como se observa en la figura 2, hay diferentes propuestas del concepto de fuerza y ello se sustenta en el abordaje que distintos autores hacen de éste<sup>(3, 51)</sup>.

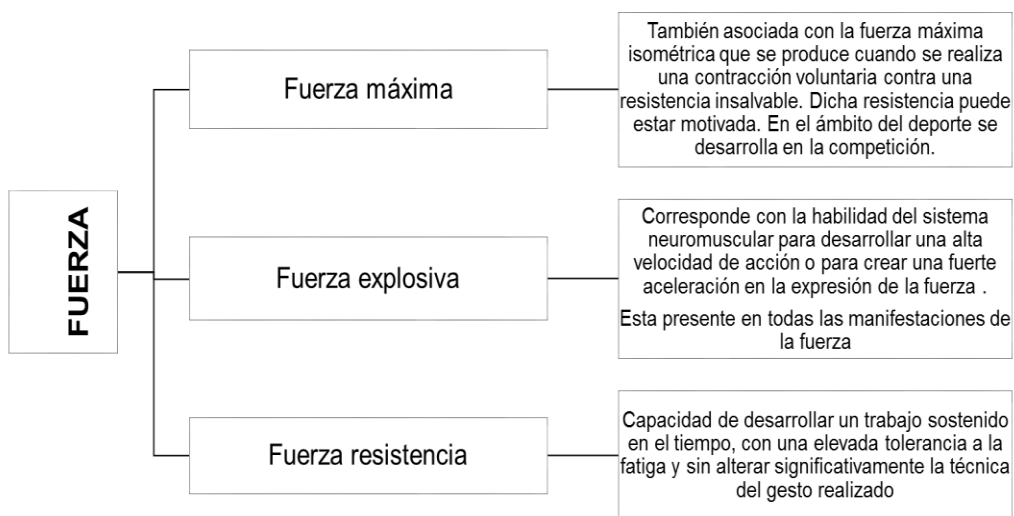


Figura 1: Clasificación de la fuerza, información adaptada por el autor<sup>(3, 51)</sup>.

La manera en que se manifieste la fuerza varía según el movimiento, la velocidad y la posición del cuerpo. Algunos estudios proponen una relación entre fuerza-velocidad, longitud de tensión y el estado activo en el músculo<sup>(31)</sup>. Un estudio donde se evaluó la fuerza máxima unilateral de los extensores de rodilla en hombres de 24 a 75 años, reveló diferencias en la respuesta muscular en función

de: el tipo de contracción muscular, la complejidad del movimiento, las características de tiempo-velocidad y las necesidades de fuerza requerida para la acción muscular<sup>(53)</sup>.

La reducción de la fuerza máxima comienza desde que se da la madurez del sistema muscular, la cual, se completa entre los 20 y 30 años. Diversos autores plantean que, a partir de este momento comienza una reducción de la fuerza, la cual, se hace más fuerte a partir de los 60 años de edad<sup>(3, 12, 51)</sup>. Esto cobra fuerza con los estudios que han identificado las variaciones de fuerza en distintas edades, estableciendo una pérdida gradual de fuerza en especial de los músculos extensores de los miembros inferiores<sup>(18, 44, 51)</sup>.

Con el envejecimiento, diversos autores proponen que la fuerza explosiva se reduce en mayor medida que la fuerza máxima, debido principalmente a la pérdida de fibras musculares rápidas y a la reducción de la activación nerviosa<sup>(39, 57)</sup>. Se propone que la fuerza isométrica máxima está relacionada con la fuerza explosiva, partiendo del análisis del sistema neural. Esta fuerza se da al momento en el que el sujeto realiza una contracción involuntaria, que también tiene impacto en actividades cotidianas como caminar<sup>(33)</sup>.

Las expresiones de fuerza se pueden ver afectadas por factores neurales y factores estructurales. En los factores neurales se evidencian: modificaciones en las aferencias nerviosas, retrasos en el proceso de estimulación y conducción de la señal nerviosa a los músculos con la respuesta apropiada y alteraciones en los patrones de reclutamiento muscular. Mientras que en los factores estructurales se relacionan con la composición del musculo<sup>(51)</sup>. Sin embargo, algunos autores plantean que la reducción en las expresiones de fuerza también se puede ver afectada por la calidad y estilo de vida<sup>(53)</sup>.

#### 4.1.2. Evaluación de la fuerza

Existen diversos métodos para evaluar la fuerza muscular, Ramírez<sup>(51)</sup> menciona la dinamometría para el análisis y comprensión de la fuerza muscular, y reúne autores como Bosco (1998), Izquierdo (1997), González y Gorostiaga (1995), quienes proponen que la dinamometría se podría agrupar en isométrica, isocinética e isoinercial.

De esta manera para valorar la fuerza isométrica los métodos más utilizados son: en primer lugar, el uso de electrodos de superficie desde una posición de sentadilla para extender la articulación<sup>(51)</sup> y en segundo lugar, el uso de un dinamómetro manual que mida la fuerza de 0 a 100 kilogramos (kg) ó el dinamómetro, para medir la fuerza en piernas o espalda, que la mide entre 0 y 1.125 libras (lb), con incrementos de 4,5 kg (10 lb) <sup>(58)</sup>.

Dentro de las pruebas isocinéticas se han empleado dinamómetros que permiten evaluar la fuerza y la potencia muscular con precisión y fiabilidad, donde la velocidad del movimiento se mantiene a una velocidad preseleccionada constante<sup>(58)</sup>. Sin embargo, se considera que estos mecanismos proponen movimientos antinaturales que, a pesar de la seguridad y confiabilidad que logran estos resultados, raramente son empleados en las actividades de la vida diaria<sup>(51)</sup>.

Por último, las pruebas isoinerciales se caracterizan porque la resistencia permanece constante a lo largo de todo el movimiento, ejemplo de ello es el test de fuerza máxima (1RM), donde se emplea el levantamiento del peso<sup>(23)</sup>, considerado seguro para trabajar con adultos mayores, dado que el riesgo de lesiones es bajo y solo afecta al 2,4% de las personas entre 50 y 80 años<sup>(58)</sup>.

También se encuentra el test de salto, donde se emplea el propio peso del cuerpo y la manera más eficiente para evaluarlo, es a través de plataformas de fuerza<sup>(38, 53)</sup>.

## **4.2. Marcha**

La marcha es definida como el paso bípedo que utilizan los seres humanos para desplazarse de un lugar a otro, con bajo esfuerzo y un mínimo consumo energético, el cual, posee una serie de movimientos alternos y rítmicos de las extremidades y del tronco, que determinan el desplazamiento hacia adelante del centro de gravedad<sup>(59)</sup>. Sin embargo, Gómez<sup>(60)</sup> plantea la marcha como una serie de caídas continuas, donde se persigue el centro de gravedad y donde éste debe estar dentro del polígono de sustentación para mantener el equilibrio o balance y así, tener una marcha normal.

Esto implica, que el mantenimiento de la marcha presente una compleja interacción entre el SNC, los tejidos peri articulares y musculares<sup>(10)</sup>. Bajo este mismo parámetro, Gómez<sup>(60)</sup> propone también una relación a nivel pulmonar y cardiovascular, entonces la interacción entre los primeros tres sistemas permiten controlar y mantener el movimiento. Si hay alteraciones o modificaciones en estos sistemas, entonces se verá afectado el gesto de la marcha a medida que avanza la edad.

Entonces, cuando el aparato locomotor imprime al centro de gravedad del cuerpo un movimiento que no es rectilíneo, sino que describe unos desplazamientos, verticales y horizontales, el cuerpo debe realizar ajustes posturales

rápidamente<sup>(61)</sup>. De esta manera, el cuerpo humano ha desarrollado diversos mecanismos que mejoran el rendimiento de la marcha a través de transferencias de energía y de la reducción del desplazamiento del centro de gravedad, no obstante ésto se ve alterado en el adulto mayor<sup>(62)</sup>.

Para ajustar el centro de gravedad el cuerpo utiliza las fuerzas que influyen durante el movimiento, en la marcha se utiliza al máximo la fuerza de gravedad y de reacción, la inercia y la mínima fuerza ejercida por el músculo, siendo estas las principales fuerzas que influyen en la marcha. La interacción de éstas fuerzas, permite la provisión de energía que es necesaria para la acción de gravedad, colaborando en la transferencia entre energía potencial y cinética<sup>(63)</sup>

De esta manera, la fuerza de gravedad en la marcha, como se ha señalado anteriormente, se caracteriza por la traslación del centro de gravedad del cuerpo hacia adelante, llegando momentáneamente más allá del borde inferior del polígono de sustentación <sup>(24)</sup>. Esto origina una pérdida transitoria del equilibrio, llevando a que la acción de la gravedad, tienda a hacer caer el cuerpo hacia adelante y abajo, incrementándose la velocidad y transformándose la energía potencial en cinética<sup>(10)</sup>. El pie que oscilaba, se sitúa en el suelo, recobrando el equilibrio, ofreciendo una base de sustentación mucho más amplia y evitando así, la caída del cuerpo<sup>(62)</sup>.

La fuerza de reacción que ejerce el suelo a través de los pies, es de igual magnitud que el impulso hacia abajo del pie durante la marcha en sentido contrario<sup>(34)</sup>. En el momento del choque de talón se produce una fuerza de frenado y en el momento del despegue se produce una fuerza de empuje hacia delante.

En el impulso y en el frenado, la dirección de la fuerza de reacción es diagonal y puede resolverse en dos componentes.

Sin embargo, la coordinación de movimientos de rodilla, tobillo y pie, actúan, sobre todo, modulando la curva para evitar los cambios bruscos de dirección, de manera que cuando el tobillo se extiende, la rodilla tiende a flexionarse y al contrario, cuando el tobillo se flexiona, la rodilla se extiende, el centro de apoyo en ambas articulaciones se flexionan<sup>(34, 61)</sup>. La acción de tres rodillos sucesivos: talón, tobillo y ante pie durante la fase de apoyo, suaviza de forma importante la trayectoria del centro de gravedad, ya que el pie no actúa como un todo con un sólo eje de giro, sino que lo hace alrededor de 3 centros sucesivos de rotación.

#### **4.2.1. Características de la marcha**

La marcha se caracteriza por tener fases que describen el ciclo del movimiento completo, este ciclo comienza cuando el pie hace contacto con el suelo y termina con el siguiente contacto con el suelo del mismo pie. Entonces, las fases del ciclo de la marcha se dividen en tres: fase de apoyo de talón, fase de balanceo y fase de doble apoyo de talón<sup>(61)</sup>.

Atendiendo lo anterior y a los cambios cinemáticos asociados al envejecimiento como: longitud, velocidad y cadencia del paso, que alteran las fases del ciclo de la marcha, centrándose en la fase de doble apoyo de talón y la fase de balanceo, causal de una marcha asimétrica<sup>(61)</sup>. Los cambios en la marcha también se ven

seriamente afectados por la postura del cuerpo con proyección anterior de la cabeza, flexión de tronco, caderas y rodillas<sup>(64)</sup>.

Entonces, la disminución del balanceo de brazos durante la marcha hace al anciano más propenso a caídas y por esto, más corta la fase de balance, aumentando la base de sustentación, que hace más difícil el traslado del peso del cuerpo de un lado a otro y el desplazamiento de la línea de gravedad, causando que un adulto mayor permanezca más tiempo en la fase de apoyo<sup>(60)</sup>.

Lo anterior cobra importancia, ya que hay estudios que demuestran una disminución en la frecuencia y altura del paso, con una tendencia a caminar más despacio y arrastrar los pies, lo que hace más difícil las actividades de la vida diaria como subir y bajar escaleras<sup>(65, 66)</sup>. Por otra parte, la rotación pélvica es más lenta y con menor amplitud, generando un mayor apoyo en los dedos del pie y causando dificultad de un movimiento en bloque<sup>(60)</sup>.

Adicionalmente, las alteraciones en rodilla se dan por artrosis, con disminución de la movilidad articular, siendo más compleja la pérdida de su extensión completa. En el tobillo disminuye el rango articular y la fuerza del tríceps sural. El doble apoyo en un joven abarca el 15% y 20% del patrón de marcha y en un anciano, un 25% a 30%<sup>(59)</sup>.

El cambio se debe principalmente a la modificación del centro de gravedad, a la disminución de la coordinación, los reflejos, el equilibrio, la fuerza y la flexibilidad<sup>(7)</sup>. A los 60 años por ejemplo, un 15% de los individuos presentan

alteraciones en la marcha, el 35% a los 70 años y aumenta hasta cerca del 50%, en los mayores de 85 años<sup>(59)</sup>.

Esto también se debe a la disminución de los movimientos de balanceo, alteraciones posturales, hipertonía muscular (principalmente a nivel del área de la cintura escapular y pélvica), disminución de la velocidad, la cadencia, la longitud de paso, el ángulo de progresión del pie disminuye, y aumenta de la anchura del paso, prolongación de la fase bipodal, pérdida del balanceo de los brazos y reducción de las rotaciones pélvicas, cadera, rodilla, entre otras<sup>(59)</sup>.

#### **4.2.2. Evaluación de la marcha**

La valoración de la marcha constituye una herramienta diagnóstica importante en la evaluación de patologías que se relacionan con el sistema musculo esquelético, adicionalmente es considerada como un punto importante para evaluar la funcionalidad del adulto mayor, dadas las alteraciones neuromusculares a nivel central y periférico, también se presentas alteraciones ósteoarticulares que hacen más propensa a esta población al riesgo de caídas.

Entonces, una adecuada evaluación de la marcha inicia desde la anamnesis de patologías existentes, que puedan estar relacionadas con su alteración, así como de un completo examen físico del individuo<sup>(59)</sup>. Los métodos existentes para el análisis de la marcha son numerosos y permiten la obtención de los parámetros cuantitativos característicos de una manera objetiva, tal como lo revelan algunos estudios<sup>(67, 68)</sup>.

Los métodos más utilizados en los laboratorios creados para el análisis de la marcha son: los análisis de tipo cinético y cinemático, donde los primeros se centran en el estudio de la dinámica del movimiento, mientras que los análisis cinéticos son los que estudian las fuerzas que se producen durante la marcha<sup>(63)</sup>. Siendo de más interés en este proyecto, el análisis cinético de la marcha, enfocado en el adulto mayor.

En este sentido, el análisis cinético permite resultados cuantitativos durante la marcha, donde se pueden utilizar plataformas de fuerza a lo largo de medidores de tensión ó de elementos piezoeléctricos, que registran dos tipos de fuerza: las fuerzas verticales y las fuerzas de corte medio lateral y antero posterior<sup>(59)</sup>. De esta manera, se puede determinar la presión o fuerza ejercida por las diferentes partes del pie.

### **4.3. Concepto de envejecimiento y clasificación**

El envejecimiento implica un deterioro en las funciones de todos los órganos. Sin embargo, este deterioro ocurre de manera distinta y a una velocidad diferente, que están influenciadas por factores extrínsecos, intrínsecos (proceso del envejecimiento) o el estilo de vida y éstos conllevan a un envejecimiento exitoso. Las investigaciones documentan tres grandes grupos de envejecimiento: el envejecimiento exitoso donde no se demuestra deterioro de la función de un órgano, el envejecimiento promedio donde hay una pequeña pérdida que no llevará a problemas clínicos y el envejecimiento patológico donde la pérdida de función del órgano se expresa como enfermedad<sup>(69, 70)</sup>.

En consecuencia, el envejecimiento es un proceso de toda la vida, que afecta a todos los individuos de manera progresiva comprometiéndolos a un ritmo diferente a cada uno, adicionalmente el envejecimiento en cada órgano y sus células, ocurre en tiempos y formas diferentes, generándose un deterioro de la homeostasis<sup>(70)</sup>. El envejecimiento intrínseco es la declinación o deterioro de la estructura física y biológica que ocurre con el paso de los años y un ejemplo de ello, es la pérdida de la masa ósea y muscular<sup>(55)</sup>.

Parte de este deterioro se debe a los cambios progresivos del sistema nervioso central, donde el sistema nervioso periférico sufre alteraciones y hay una disminución de diferentes reflejos, que aumentan el tiempo latencia entre el estímulo y la respuesta. Esto se asocia a los cambios en la masa muscular, ya que la cantidad las de unidades motoras rápidas se ve disminuida y las unidades motoras lentas aumentan, al igual que la grasa depositada en el músculo <sup>(44, 55)</sup>.

Estos cambios en el sistema muscular y neural, tienen una repercusión directa en los cambios con la masa ósea, ya que algunos estudios han demostrado que la fuerza muscular favorece a la resorción ósea<sup>(36)</sup>, con la pérdida de masa muscular (osteopenia) esta resorción ósea se ve afectada y comienzan a aparecer los cuadros de osteoporosis, haciendo al anciano más frágil<sup>(71, 72)</sup>.

Esto conlleva a mayor riesgo de caídas y discapacidad, lo que puede llevar a la disminución de la fuerza y la funcionalidad, con dificultades para desarrollar las actividades de la vida diaria de manera autónoma<sup>(71)</sup>. Además, el deterioro de habilidades motoras como el equilibrio y la marcha, también puede tener un gran impacto en dichas actividades <sup>(54)</sup>.

### 4.3.1. Teorías de envejecimiento

Los diferentes conceptos sobre el envejecimiento se extraen de las teorías que se han sido generadas por expertos para un mejor entendimiento de este proceso, ya que el envejecimiento es un proceso de toda la vida y por tal motivo, se convierte en progresivo, intrínseco e irreversible<sup>(70)</sup>.

Desde el plano de la fisiología se plantean las teorías evolutivas del envejecimiento y se dividen en dos grandes grupos: el envejecimiento no programado y el envejecimiento programado, en términos generales proponen explicar los mecanismos reguladores del proceso de envejecimiento. Donde el envejecimiento no programado es el más aceptado<sup>(73)</sup>.

Con lo anterior, las teorías evolutivas del envejecimiento no programado proponen el envejecimiento como un resultado de causas multifactoriales, dentro de estas se encuentran las teorías del incremento en la mortalidad extrínseca y la teoría del soma desechable<sup>(73)</sup>. Estas teorías tienen interacción entre sí, dado que parten del desarrollo y la reproducción del individuo, y de los procesos que se generan a partir de ese momento<sup>(74)</sup>.

Por ejemplo, la teoría del incremento en la mortalidad extrínseca se basa en la posibilidad de heredar genes longevos a otras generaciones y esto depende de factores extrínsecos que afectan la integridad física del organismo<sup>(73)</sup>. La teoría del soma desechable, parte del periodo reproductivo y una vez que éste ha cesado, se ha culminado el objetivo por continuar la supervivencia de la especie que es el

costo energético más alto<sup>(74)</sup>. Entonces, la mortalidad extrínseca se encuentra aumentada y la cantidad de genes longevos no alcanza a ser transmitida.

#### **4.4. Programación de actividad física para el adulto mayor**

Es evidente a través de varios estudios, el interés por incluir a la persona mayor en programas de ejercicio físico o multicomponentes (ejercicios de resistencia, flexibilidad, equilibrio y fuerza)<sup>(6, 12, 46)</sup>. Examinando el efecto del ejercicio en la capacidad funcional de los ancianos frágiles y concluyendo que, tanto los programas de fuerza, como los multicomponentes, son intervenciones que mejoraban la capacidad funcional de esta población.

Varios autores<sup>(9, 12, 26, 44)</sup> plantean pautas claves a tener en cuenta a la hora de prescribir ejercicio a la persona mayor, siendo las que más coinciden:

- El entrenamiento de fuerza debería realizarse 2-3 veces por a semana, utilizando 3 series de 8 a 12 repeticiones con intensidades que empiecen en el 20%-30% de 1 RM y progresen hasta el 70% de 1 RM.
- El entrenamiento a altas velocidades podría ser más beneficioso en términos de mejorías funcionales que los programas de resistencia (bajas velocidades). Esto lleva al entrenamiento de fuerza explosiva, por ejemplo, con pesos ligeros que se mueven de manera explosiva. Esto se debería empezar a incluir en un programa de ejercicio para el anciano, ya que cada vez más parecen asociarse con mejoras de la capacidad funcional.

- Los programas multicomponentes deberían de incluir aumentos graduales de volumen, intensidad y complejidad en los ejercicios de resistencia cardiovascular, fuerza muscular y equilibrio.

Atendiendo lo anterior, en los programas de actividad física para la salud, se han descrito asociaciones muy significativas entre la fuerza y los parámetros funcionales de esta población. Donde se ha sugerido que la capacidad funcional de los ancianos frágiles, puede mejorarse mediante la realización de ejercicio de fuerza con un estímulo de carga a altas velocidades, que optimicen esta capacidad muscular<sup>(44, 75)</sup>. Varios estudios demuestran que programas de actividad física con frecuencia de 2 a 3 veces por semana, que incluían entrenamiento explosivo de fuerza, mejoraban la potencia muscular (96-116%) y la fuerza (24-114%)<sup>(6)</sup>, (Fig. 4).

Autores	Frecuencia semanal (número veces/semana)	Volumen (sesiones X repeticiones)	Intensidad (% de 1 RM)	Efectos adversos
Fiatarone et al. <sup>27</sup>	3	3 x 8	80% 1 RM	No
Hauer et al. <sup>28</sup>	3	3 x 10	70-90% 1 RM	No
Binder et al. <sup>29</sup>	3	1:1-2 x 6-8 2:3 x 8-12	1: 65% 1 RM 2:85-100% 1 RM inicial	1 sujeto abandonó por problemas médicos relacionados con el estudio
Sullivan et al. <sup>30</sup>	2	3 x 8	10-20 vs. 20-80% 1 RM	No
Hagedorn y Holm <sup>31</sup>	2	3 x 10-15 RM	No mencionado, repeticiones hasta fallo	No
Villareal et al. <sup>32</sup>	3	1-3 x 8-12	65-80% 1 RM	1 participante presentó dolor en el hombro
Serra-Rexah et al. <sup>33</sup>	3	2-3 x 8-10	30% progresando a 70% 1 RM	No
Henesey et al. <sup>34</sup>	3	3 x 8	20% progresando a 90% 1 RM	No
Cadore et al. <sup>14</sup>	2	1-3 x 8-10	40% progresando 60% 1 RM	No

**Figura 2:Características de los programas de entrenamiento de fuerza en el anciano frágil (1RM repetición máxima)<sup>(6)</sup>.**

La propuesta de trasladar ejercicios realizados en tierra al medio acuático, viene de autores como Colado(76), que habitualmente trabaja en posiciones verticales, con una orientación a hacia la diversión, el bienestar saludable o la terapia. Bajo el parámetro de diversión aparece Joven citado por Colado<sup>(77)</sup>, quien propone el ejercicio en agua desde un plano recreativo principalmente. Sin embargo, Colado<sup>(77)</sup> propone diferentes etapas de trabajo en el agua para el desarrollo de habilidades motoras y cualidades físicas, como por ejemplo de fuerza que favorecen mantener la salud de las personas (fig. 3).

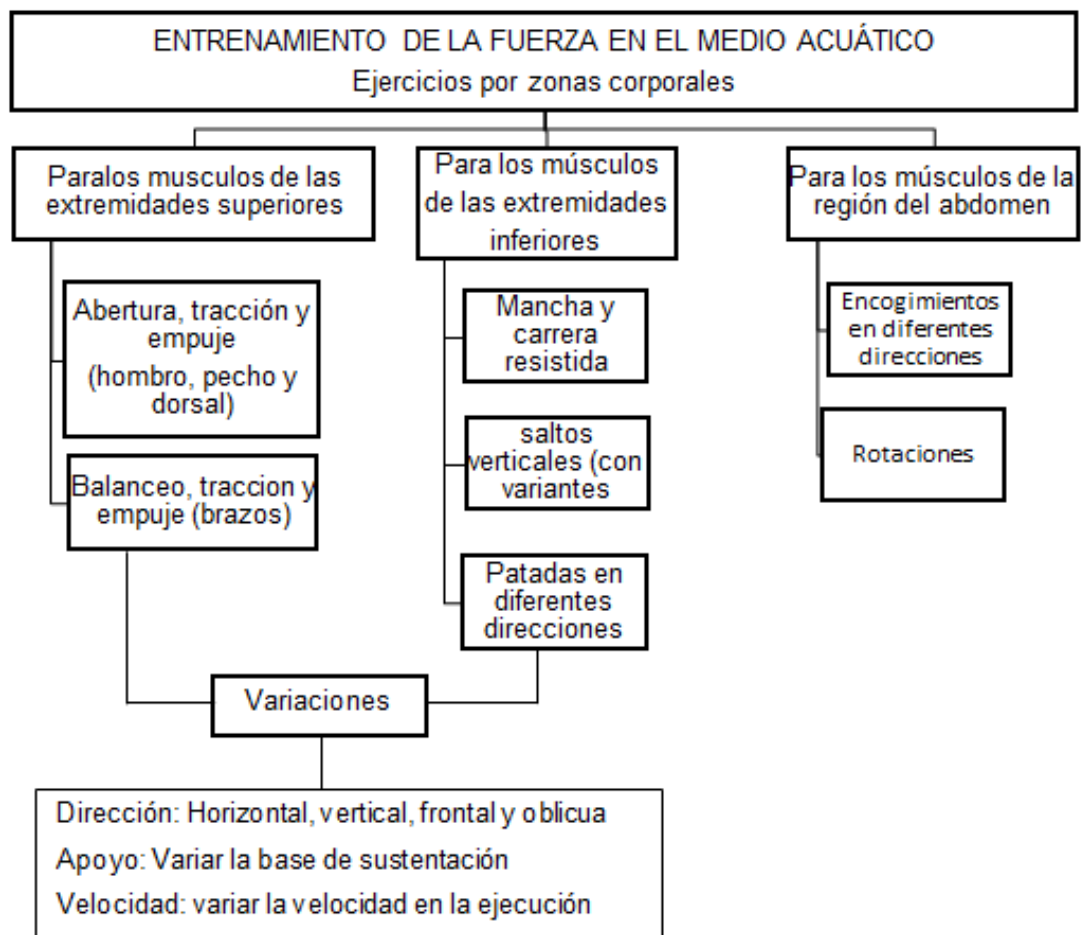


Figura 3: Ejercicios de fuerza realizados en agua, información adaptada por el autor.

Por otra parte, la manera en que el entrenamiento acuático es entendido en el contexto Colombiano, es como agente terapéutico que se lleva a cabo bajo diferentes técnicas y en contextos controlados<sup>(25)</sup>. También se relaciona a nivel deportivo con la natación, bajo modalidades específicas o como alternativa de mejorar la resistencia cardiovascular de deportistas.

En este sentido, estudios revelan que las actividades que se realizan en el medio acuático con adultos mayores pueden desarrollar mejoras en las cualidades físicas, en relación a la salud de los mismos, como son: fuerza, flexibilidad, resistencia y composición corporal<sup>(13, 78)</sup>. Otros estudios revelan que los programas de actividad física en agua, favorecen a la agilidad, coordinación, equilibrio y ritmo, lo cual, beneficia la funcionalidad de este grupo poblacional<sup>(29, 34, 62)</sup>.

Además de esto, existen otras aplicaciones o usos del medio acuático. Es usual que éste sea recomendado a nivel clínico para aquellas poblaciones con algún tipo de discapacidad o patología ósteoarticular (artritis, dolor lumbar, etc.), ya que por las propiedades físicas del agua, no se generan efectos deletéreos en dichas patologías<sup>(71, 79)</sup>, debido a que se disminuye el impacto con el suelo y el cuerpo pierde peso al estar sumergido en el agua, entonces, se aplica el principio de la fuerza de empuje.

De esta manera, el ejercicio acuático se plantea como un modelo terapéutico y de rehabilitación con orientación a hacia la diversión, el bienestar saludable o la terapia<sup>(76)</sup>. Algunos estudios consideran que el ejercicio acuático se presenta como una alternativa para favorecer la salud y bienestar de las personas mayores. Esto cumple con principios primordiales como: la seguridad en la ejecución de ejercicio,

la progresión del ejercicio de acuerdo al nivel de desarrollo y actividad física, la individualidad; de tal manera que se aproveche este medio en cada actividad propuesta<sup>(16, 80)</sup>.

#### **4.4.1. Hidrodinámica**

La hidrodinámica hace referencia a los principios físicos asociados con el hecho de mover el cuerpo en el agua<sup>(81)</sup>, es importante tener en cuenta este concepto al momento de realizar actividad física en agua, donde se tienen en cuenta las siguientes características físicas del agua como: la flotación, la gravedad específica y en segundo lugar, corresponde a la fuerza de resistencia del agua<sup>(25)</sup>. Así mismo, Pappas<sup>(81)</sup> propone tener en cuenta la temperatura, profundidad y Krodel<sup>(82)</sup> propone tener en cuenta el empuje hidrostático y la presión hidrostática.

La flotabilidad depende de la proporción de masa de cada persona, por esto cada persona tiene una propensión distinta a flotar en base a su porcentaje de: grasa, hueso, musculo y cantidad de aire que pueda tener en los pulmones. La flotabilidad puede aumentar el trabajo muscular y reducir los impactos, ya que reduce la gravedad<sup>(81)</sup>. Debido a que la fuerza de gravedad parte en que todos los cuerpos están sujetos a está, también actúa perpendicularmente hacia abajo y en el agua, esta fuerza es contrarrestada por la fuerza de flotación, que actúa hacia arriba, considerado también el empuje hidrostático<sup>(78, 83)</sup>.

Esto le permite realizar movimientos con una percepción de auto carga más ligera, puesto que solo se soportará el peso de las partes corporales que sobresalgan del

agua y algunos estudios revelan que estas propiedades del medio acuático, han logrado evidenciar el impacto de la práctica de ejercicio en agua a favor de tejido blando del adulto mayor <sup>(78, 84)</sup>.

También es importante considerar la temperatura con la que se va a trabajar en el agua, para la realización de ejercicios en agua es importante considerar temperaturas entre los 31° C y los 34°C, ya que permite trabajar más cómodamente y con menos rigidez muscular, favoreciéndose en la sensación de bienestar<sup>(76, 82)</sup>. Por otra parte, hay autores que consideran que las temperaturas más adecuadas para trabajar están entre los 27°C y 30°C, ya que ayuda a incrementar la circulación hacia los músculos<sup>(81)</sup>.

Por último, elegir la profundidad depende de los ejercicios que se vayan a realizar, sin embargo, la mayoría de los ejercicios se pueden trabajar con una profundidad donde el agua llegue hasta el pecho o la cintura (90 cm o 1,50 m)<sup>(77)</sup>. Se debe considerar que a las personas con sobrepeso, pueden cambiar su postura, lo que causa dificultad al flotar o realizar un movimiento, por tal motivo, en un grupo con éstas características se aconseja trabajar en aguas menos profundas<sup>(81)</sup>.

#### **4.5. Movimientos de impacto y explosivos**

El cuerpo es capaz de realizar diferentes tipos de movimientos, para su análisis algunos autores lo describen teniendo en cuenta los segmentos corporales, los cuales están soportados por unos ejes y planos de movimiento, los cuales se ven afectados por una o varias fuerzas, entre ellas las fuerzas externas al cuerpo humano, así como las que están en su interior. Donde los músculos aportan las

fuerzas internas mediante la interacción con el sistema nervioso, lo que hace parte integral de las bases científicas del movimiento humano<sup>(85)</sup>.

Desde la biomecánica los movimientos pueden agruparse por patrones que son una serie de movimientos anatómicos que poseen en común elementos de configuración espacial, como por ejemplo las destrezas motrices, andar, correr, saltar, etc. Al trasladar estas destrezas motrices al ámbito deportivo, se denomina técnica que es considerada como el modelo ideal de un movimiento relativo a una disciplina deportiva<sup>(86)</sup>. Este modelo presenta unas limitaciones teniendo en cuenta la condición física, condiciones anatómicas y funcionales, la coordinación del sistema nervioso y neuromuscular, entre otros.

De esta manera, se tendrá en cuenta para este caso, el tipo de movimiento de acuerdo a la fuerza o tensión generada por las fibras musculares, donde la tensión depende de la longitud del sarcómero, mientras que la velocidad de acortamiento de un musculo depende del ritmo de interacciones entre miosina y actina, las reacciones químicas y de la tensión que se genere<sup>(86, 87)</sup>. Entonces, se deduce que la fuerza es inversamente proporcional a la velocidad.

No obstante, se debe tener en cuenta el tiempo de ejecución del movimiento y las leyes del movimiento de Newton, entre ellas el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz ejercida y tiene lugar en la dirección de la línea recta en la que la fuerza se ejerce; para cada acción hay una reacción igual y opuesta que son siempre iguales y van dirigidas a partes contrarias<sup>(87)</sup>.

Entonces los movimientos explosivos son todos aquellos que implican en un corto periodo de tiempo, una tensión y una alta velocidad de acortamiento de las miofibrillas musculares<sup>(45)</sup>; la tensión muscular aumenta entre 4 y 5 veces a medida que el musculo se activa y consigue un pre estiramiento de los elementos elásticos para desarrollarse el movimiento en poco tiempo. Esto favorece el reclutamiento de unidades motoras rápidas y al almacenamiento de energía elástica<sup>(87)</sup>.

Un ejemplo de lo movimiento explosivos son los saltos ya que por sus características de ejecución provocan un gran reclutamiento de moto neuronas si realizan en corto periodo de tiempo y gran velocidad, sufriendo variaciones en los grados de flexión y si se realizan con o sin desplazamientos. En los movimientos rápidos se genera una tensión elástico explosiva reactiva<sup>(50)</sup>, donde la fuerza se manifiesta antes o en medio de la ejecución a vencer una resistencia pequeña, iniciando con un estiramiento (previo) intenso que llega al pico máximo de fuerza, que luego empieza a disminuir hasta ser inferior al peso corporal; lográndose mantener cierta velocidad pero sin aceleración (fig. 4)<sup>(52)</sup>.

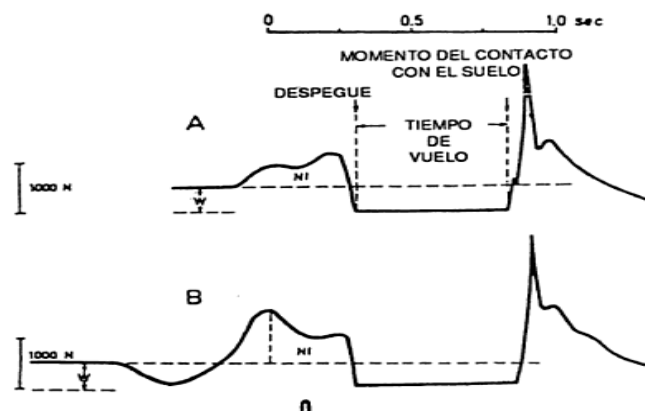


Figura 4: Registro de la fuerza aplicada en una plataforma de fuerza. A= salto sin contra movimiento (SJ), B= salto con contra movimiento (CMJ) <sup>(52)</sup>.

Por otra parte se pueden considerar como movimientos de impacto todos aquellos movimientos que permiten impacto, atendiendo a las leyes del movimiento de Newton, se considera que existe un efecto estimulante de las estructuras ósteoarticulares, producto de la tensión muscular que es transmitida a través del tendón a los segmentos óseos facilitando los procesos de remodelado óseo<sup>(26, 53)</sup>.

Para esto hay que tener en cuenta que el esqueleto es un sistema de soporte y que está expuesto a los procesos de deterioro que sufren todas las estructuras que resisten cargas mecánicas. Pero a diferencia de las estructuras de soporte inertes (columnas, vigas, etc.), los huesos son estructuras vivas con capacidad para mantener sus condiciones de resistencia y renovarse, viéndose que la velocidad con que se lleva cabo éste proceso se conoce como recambio óseo<sup>(25)</sup>.

La osteona, que es la unidad de remodelación del tejido óseo y responsable de éste fenómeno, se conforma por un conjunto de células encargadas de destruir pequeñas porciones de hueso, que son posteriormente sustituidas por hueso nuevo<sup>(69)</sup>. Dichas células son de diversos tipos, pero dos de ellas son las protagonistas principales del proceso: los osteoclastos (encargados de destruir el hueso), y los osteoblastos (encargados de formarlo)<sup>(69)</sup>.

## **5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

Para mayor claridad se muestra la operacionalización de variables, donde el programa de actividad física de movimientos explosivos y de impacto contó con código 01 (Tabla 1) y el programa de actividad física con enfoque recreativo contara con código 0 (Tabla 2).

Variable	Descripción	Indicador	Procedimiento
<b>Variable independiente</b>			
<b>Programa de actividad física de movimientos explosivos y de impacto (1)</b>	El modelo estuvo apoyado en un sistema clásico de programación, donde se alteran la intensidad y la duración. A menor duración mayor intensidad, involucrando movimientos explosivos y de impacto.	Intensidad: 50%, 60%, 80%.	Atendiendo a las recomendaciones del ACSM, Ondulación de cargas.
		Frecuencia: 3 veces por semana.	
		Volumen: 60 minutos.	
		Duración: 8 meses	
<b>Variables dependientes</b>			
<b>Composición corporal</b>	División por compartimientos por peso corporal total <sup>(88)</sup> expresada en (Kg).	% masa grasa.	Antropometría siguiendo las normas ISAK y GREC.
		% masa magra.	
<b>Fuerza MMII</b>	Capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración del mismo en el menor tiempo posible. La principal manifestación de la fuerza explosiva y reactiva es la saltabilidad.	Fuerza máxima de impulso (N)	Plataforma de fuerza.
		Fuerza máxima te aterrizaje (N)	
		Altura alcanzada en centímetros (cm).	
		Tiempo de vuelo en segundos (seg)	
		Potencia generada por unidad de área de sección transversa. (W)	
<b>Marcha</b>	Desde la biomecánica representa y es factor predictor de caídas,	Fuerza máxima apoyo de talón (newton)	Plataforma de fuerza.

	la estabilidad del cuerpo al caminar, que se relaciona con la fase de apoyo <sup>(89)</sup>	Fuerza máxima de doble apoyo (newton)	
		Fuerza máxima de despegue de dedos (newton)	
		Desplazamiento COP	

**Tabla 1: Operacionalización de variables**

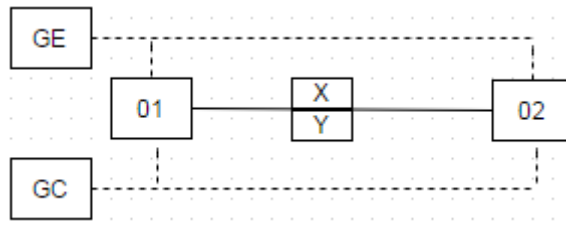
Aunque no se considera como variable de estudio, para ofrecer mayor claridad al lector, a continuación se describe el programa de entrenamiento aplicado al grupo control.

Variable	Descripción	Indicador	Procedimiento
<b>Programa recreativo (0)</b>	Actividades no sistematizadas, actividades recreativas y juegos.	Intensidad: 50%	Modelo tradicional, actividades recreativas no sistematizadas
		Frecuencia: 2 veces por semana.	
		Volumen: 60 minutos.	
		Duración: 8 meses	

**Tabla 2: Programa de entrenamiento del grupo control.**

## 6. METODOLOGÍA

Es un estudio de corte cuantitativo con un diseño experimental, el cual estuvo enfocado a realizar un análisis comparativo entre grupos de estudio, para determinar el efecto de un programa de entrenamiento con movimientos explosivos y de impacto sobre la marcha de mujeres mayores de 60 años. Esta investigación contó con dos grupos de estudio (Pre test y Post test), que se identificaron como grupo experimental (GE) y grupo de control (GC).



**Figura 5: Diseño metodología, donde (01) pre test, (02) pos test, X hace referencia al programa de AF, Y programa tradicional.**

## **6.1. Muestra**

La población que se tuvo en cuenta para este estudio, fueron mujeres mayores de 60 años físicamente activas, que pertenecían al programa de adulto mayor del IDRD (Instituto de Recreación y Deporte). Su vinculación al proyecto se hizo por medio de una convocatoria para participar de manera voluntaria, la cual fue difundida a través de los líderes de los grupos de adultos mayores de las localidades de la ciudad de Bogotá, en su mayoría de Engativá, Suba y Kennedy.

### **6.1.1. Consideraciones de la muestra:**

Los criterios de inclusión de la muestra para este estudio fueron:

- Mujeres mayores de 60 años.
- Mujeres físicamente activas, que realizaran actividad física, mínimo dos veces por semana sin ningún objetivo, ni plan de entrenamiento específico.
- Que contaran con afiliación (Adultos mayores) activa perteneciente a los programas de Instituto Distrital de Recreación y Deporte IDRD).
- Con autorización clínica y funcional para la práctica física (firmada por el equipo Biomédico de la Investigación).

- Que contaran con disponibilidad de tiempo tres veces por semana para asistir al programa de manera continua.

Aún reuniendo los criterios descritos, la participante fue excluida del proyecto si presentaba:

- Problemas de salud severos que le impidieran la práctica de ejercicio, como por ejemplo osteoartritis, deformidades físicas en miembros inferiores o columna, ó que tengan amputaciones o usen prótesis.
- Uso de algún tratamiento con esteroides.
- Dependencia física de un tercero para poder realizar sus actividades de la vida diaria.
- Deformidad de la columna vertebral, en miembros superiores o inferiores, amputaciones o uso de prótesis.
- Uso de medicamentos que pudieran afectar negativa o positivamente la condición física.
- Enfermedades cardiovasculares limitantes (angina de pecho, insuficiencia cardiaca, insuficiencia venosa crónica, entre otras).
- Lesiones articulares con contraindicación para la práctica de actividad física.
- El uso de fármacos para el manejo de la osteoporosis, uso de corticoides de forma crónica o un consumo de calcio superior a los 1000 mg/ día, así como alguna condición limitante observada en la valoración clínica adicional.

### **6.1.2. Técnicas de muestreo y selección**

Atendiendo a las sugerencias biomédicas contempladas en los criterios descritos, así como la novedad del modelo de intervención aplicado, que obligó a tomar

todas las medidas de protección con los participantes del estudio, se acudió a un muestreo aleatorio, una vez fueron convocadas las participantes de manera voluntaria<sup>(90)</sup>.

Para determinar el tamaño de la muestra, se realizó una prueba piloto con 15 adultos, donde se evaluó la marcha, específicamente el desplazamiento transversal del COP. Los participantes de la prueba piloto, fueron evaluados y posteriormente se determinó la varianza para completar los estimadores requeridos (Tabla 3). Acorde a ello, se utilizó la siguiente fórmula para determinar la muestra que participó en el estudio.

$$n = \frac{2(Za + Zb)^2 * S^2}{d^2}$$

<b>Estimadores</b>	<b>Valores</b>
Za: Valor z correspondiente al riesgo deseado confianza (95%)	1,96
Zb: Valor z correspondiente al riesgo potencia (80%)	1,28
S: Varianza de la variable (Prueba piloto)	100
d: Valor mínimo de la diferencia entre los dos grupos (fuerza máxima del apoyo del talón)	8 newton
Tamaño de la muestra en cada grupo	32,805
Porcentaje de pérdida (10%)	0,1
Muestra ajustada a la pérdida de cada grupo	35

**Tabla 3: Varianza establecida a partir de la prueba piloto realizada.**

En este sentido, el tamaño de la muestra comenzó con 100 mujeres como población inicial, una vez aplicados los instrumentos, quedaron 70 participantes,

quienes fueron distribuidas en dos grupos conformados al azar, empleándose una tabla de números aleatorios como técnica de selección. Sin embargo, durante la ejecución, algunas participantes tuvieron que abandonar el programa por causas ajenas a este, 6 tuvieron accidentes en casa que las llevaron a incapacidad, 6 tuvieron incapacidad médica que no se relacionó con el proceso de intervención y 8 que no tuvieron continuidad en el programa. De esta manera los grupos se conformaron finalmente de la siguiente manera CE n= 24 y GC n= 26 (fig. 6).

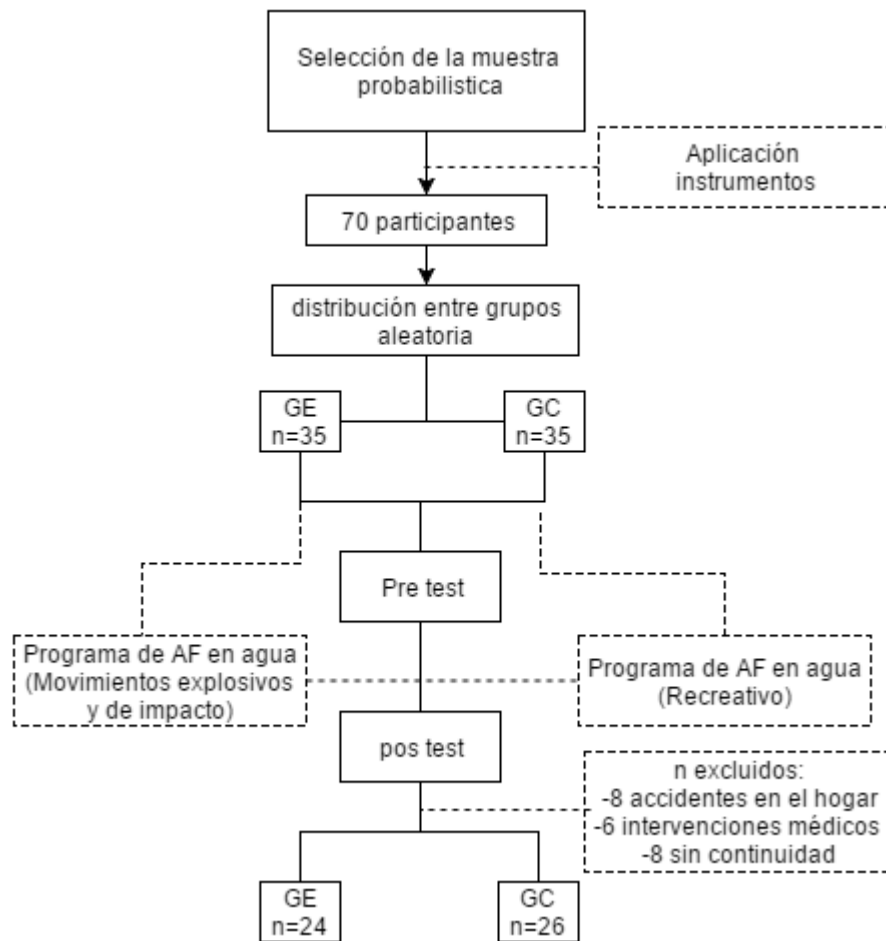


Figura 6: metodología de investigación

## 6.2. Descripción de técnicas e instrumentos

A continuación se hace la descripción detallada de las técnicas e instrumentos utilizados para la evaluación y análisis del grupo de variables que se tuvieron en cuenta para este proyecto, donde se planteó una variable independiente y tres variables dependientes (fig.7).

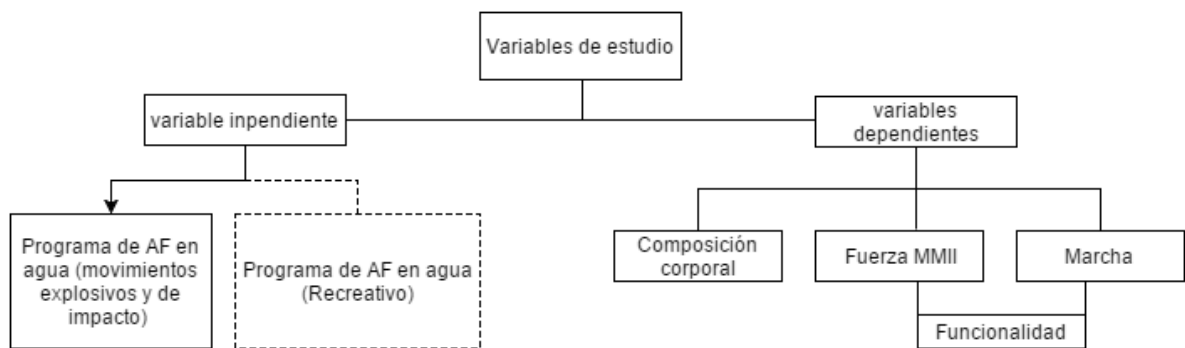


Figura 7: Descripción de variables de estudio

### 6.2.1. Variable independiente

En un primer lugar la variable independiente es el programa de actividad física aplicado en agua basado en el modelo propuesto por el ACSM<sup>(28)</sup>, que se caracteriza por hacer una recopilación de los modelos propuestos para adultos saludables. En este caso, se tuvo en cuenta la periodización ondulante, donde al incrementar la intensidad, se genera disminución de la carga y al aumentar la carga, hay disminución de la intensidad de manera progresiva para los ejercicios de impacto y explosivos.

OBJETIVO	ESTRATEGÍA	SEMANA	FRECUENCIA	EJERCICIOS	SERIES	REPETICIONES	REP. SEMANA	VOL. MENSUAL
<b>Multisaltos</b>								
Alteración de la composición corporal y de parámetros funcionales (gesto de marcha)	Movimientos explosivos y de impacto (multisaltos)	1 - 4	3	3	2	8	144	576
		5 - 8	3	3	3	8	216	864
	Ejercicios aeróbicos específicos con sobrepeso entre el 10-30% respecto al peso corporal	9 - 12	3	3	3	8	216	864
		13 - 16	3	3	2	8	144	576
		17 - 20	3	3	2	8	144	576
		21 - 24	3	3	3	8	216	864
		25 - 28	3	3	2	8	144	576
		29 - 32	3	3	3	8	144	576
Volumen total 8 meses								5472

**Figura 8: Descripción programa de actividad física para aplicar a la población de mujeres mayores de 60 años.**

Este programa de actividad física para la salud (ver anexo 1), fue evaluado y aprobado por dos grupos de expertos pares ciegos, quienes evaluaron la propuesta metodológica, el programa, el manual de procedimientos, entre otros aspectos.

Atendiendo a los modelos de programación, se aplicó un programa de AF de movimientos explosivos y de impacto en agua con una duración de 8 meses, tres veces por semana y sesiones de 60 minutos para GE (fig. 8). El GC realizó un programa de AF en agua con actividades recreativas no sistematizadas. Ambos grupos estuvieron en una piscina terapéutica de 1,50 m, con una temperatura constante de 30°C.

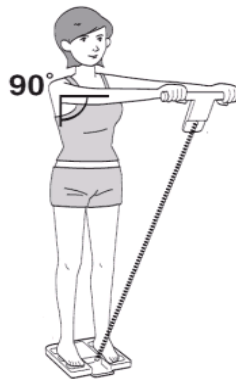
### 6.2.2. Variables dependientes

Las variables de la aplicación del programa de actividad física anteriormente descrito, dependieron de las siguientes evaluaciones pre test - post test:

- Composición corporal

La evaluación de la composición corporal se realizó a través de bioimpedancia, que es un método no invasivo que permite la medición de los compartimientos corporales. Utilizando una báscula de bioimpedancia (Tanita bc-601 Segment), donde se tuvo en cuenta el porcentaje de masa grasa y porcentaje de masa magra.

Las recomendaciones a las participantes para la valoración, fueron dadas en estricto orden: debían estar descalzas y ubicar los pies sobre las placas de la báscula, brazos extendidos al frente y cabeza a 90° al frente (fig.9). Es importante que la participante no tuviese ningún objeto o vestimenta metálica ya que interferiría en la medición.



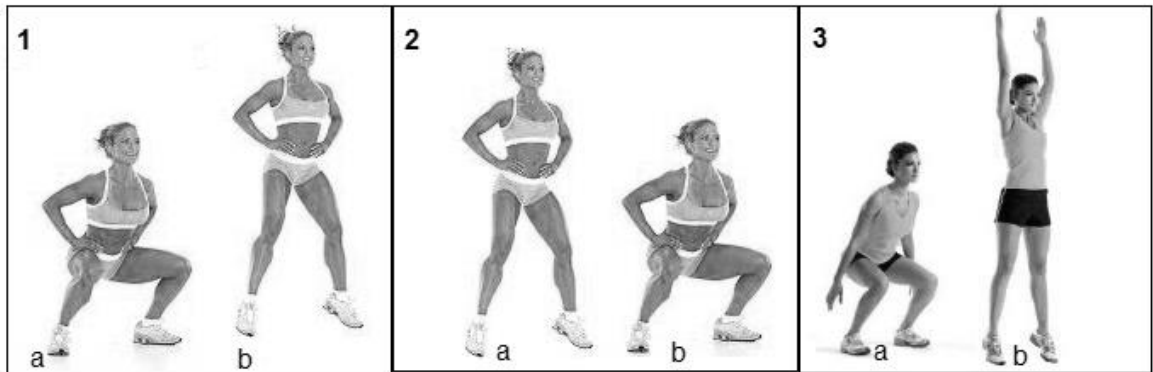
**Figura 9: Posición adecuada para la valoración de la composición corporal. Imagen tomada de healthgoods<sup>(91)</sup>.**

- Fuerza de miembros inferiores

El análisis de la fuerza de miembros inferiores se realizó a través de pruebas de dinamometría isoinercial<sup>(51, 53, 92)</sup>, con el propio peso del cuerpo, a través del gesto de salto. Allí se utilizó una plataforma de fuerza digital P6000, implementando el software Smart Analyser, donde se tuvieron en cuenta las siguientes variables: Fuerza máxima de impulso, fuerza máxima de aterrizaje, tiempo de vuelo, altura de velo y potencia.

Las participantes realizaron la ejecución de los siguientes ejercicios tres veces con el fin de tomar los datos más representativos de las variables anteriormente descritas (fig.10).

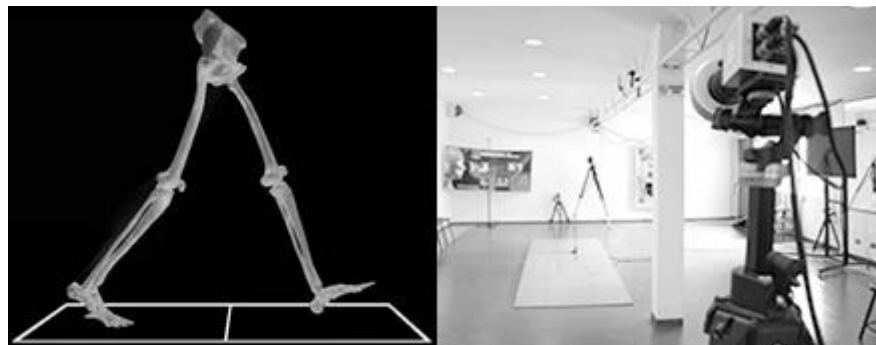
- 1) Salto vertical (SJ): La posición de partida es desde una posición de flexión de la articulación de rodillas a 90°, con las manos en la cadera y salta verticalmente<sup>(45, 93)</sup>.
- 2) Salto máximo con contra-movimiento (CMJ): La posición de partida es de pie, con extensión completa de las rodillas, la persona flexiona las rodillas alcanzando los 90° e inmediatamente salta verticalmente<sup>(45, 93)</sup>.
- 3) Salto con contra-movimiento y coordinación brazos (CMJas o ABK): La posición de partida es de pie, con extensión completa de las rodillas, la persona flexiona las rodillas alcanzando los 90° e inmediatamente salta verticalmente. Pueden ayudarse de los brazos durante la realización del salto. En la acción de flexión el tronco debe permanecer lo más recto posible, con el fin de evitar cualquier influencia del mismo en el resultado de la prestación de los movimiento inferiores<sup>(45, 93)</sup>.



**Figura 10: Ejercicios para la valoración de fuerza de miembros inferiores. 1) SJ, 2) CMJ, 3) ABK. Imagen editada por el autor, tomada de Women's Health<sup>(94)</sup>**

- Marcha

Para esta investigación en el análisis de la marcha, se pidió a la participante caminar 6 metros haciendo recorridos sin alterar la marcha sobre la plataforma de fuerza digital P6000, donde se realizaron tres intentos con el fin de tomar los datos más representativos. Con la ayuda del software 3D Digivec y Smart Analyser se capturó la información y se consolidaron los datos que permiten establecer la fuerza máxima de apoyo de talón, fuerza máxima de doble apoyo y la fuerza máxima de despegue de dedos.



**Figura 11: Protocolo para la evaluación de la marcha en el adulto mayor.**

### **6.3. Instrumentos**

A lo largo de la investigación se emplearon los siguientes instrumentos:

- Formato para la práctica de la actividad física del ACSM, el cual sirve para establecer si la persona está apta o no para la práctica de la actividad física (Anexo1).
- Anamnesis.
- Formato de consentimiento informado (Anexo 2).
- Formato Manejo de dolor muscular (Anexo 3).

### **6.4. Control de sesgos**

El control de sesgos de este proyecto se llevó a cabo a través tres fases. La primera fase fue la selección de la muestra donde se tuvieron en cuenta los criterios de inclusión y exclusión establecidos, además de la aplicación de los instrumentos para garantizar la homogeneidad de la población. Una vez cumplida esta fase, se realizó la distribución establecida entre grupos que cumplan el mismo criterio de homogeneidad.

Para llevar a cabo la tercera fase, se tuvo en cuenta un enmascaramiento doble ciego, donde se realizó una prueba piloto de los métodos e instrumentos para cada variable y la capacitación a los evaluadores, a través de una prueba 'test-retest' garantizando un error menor al 0,05.

## **7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

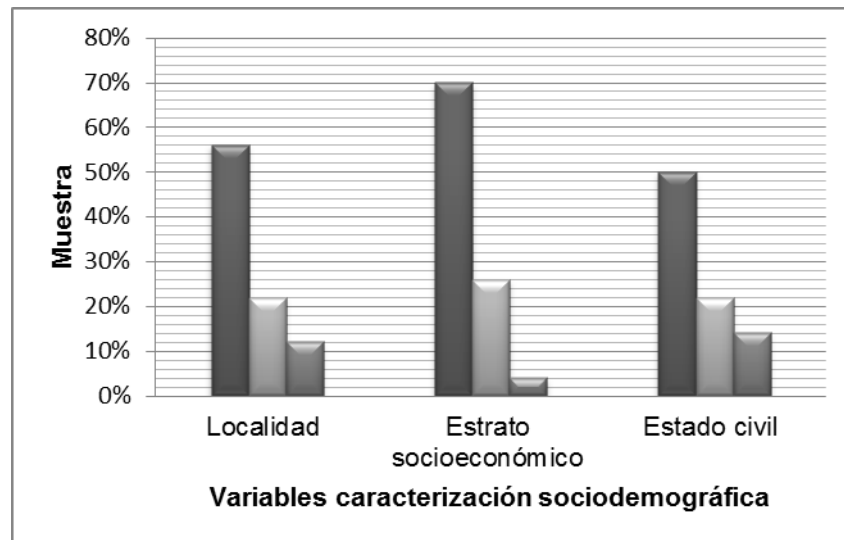
Para el análisis estadístico de esta investigación se usó el programa SPSS versión 22, en el cual, se realizó el cálculo de medias, desviaciones estándar y coeficientes de correlación, empleando métodos estadísticos estandarizados. Atendiendo a las condiciones de aplicación de tamaño muestral, se aplicó la prueba de normalidad ShapiroWilk, con distribución gráfica con curva de normalidad y la prueba de homoscedasticidad. Se establecieron niveles de diferenciación del 5% con un intervalo de confianza del 95% y se analizaron estadísticamente los valores de  $p < 0.05$ .

Una vez analizados los supuestos y que estos no cumplen con los parámetros de normalidad, se aplicaron pruebas no paramétricas de U Mann Whitney y Wilcoxon para establecer las diferencias inter-muestrales e intra-muestrales. De igual forma, se hizo la estimación del riesgo relativo (RR) para evaluar la probabilidad de presencia o ausencia de las adaptaciones entre los grupos.

## **8. RESULTADOS**

Para mayor claridad, los resultados serán presentados secuencialmente de la siguiente manera: caracterización sociodemográfica, composición corporal, fuerza y marcha.

A continuación se presentan los resultados encontrados en el estudio, donde en primer lugar se hace referencia a la caracterización sociodemográfica mostrando lo siguiente:



**Gráfico 1: Caracterización sociodemográfica de la muestra (n). Localidad de Bogotá: A) Suba, B) Barrios Unidos; estrato socioeconómico: A) estrato tres, B) estrato cuatro; y estado civil: A) casada, B) soltera.**

La mayor parte de las mujeres que participaron en este estudio pertenecen a las localidades de Suba con un 56%, Engativá con un 22%, Kennedy con un 12% y el porcentaje restante Tunal y Ciudad Bolívar, como lo muestra el gráfico 1. La mayoría se ubicaron principalmente en estrato socioeconómico tres con un porcentaje del 70% y estrato dos con un porcentaje del 26% y estrato 4 el porcentaje restante. El 50% de las participantes eran mujeres casadas con un 50%, solteras el 22%, viudas el 14%, separadas el 10% y el porcentaje restante divorciadas y en unión libre.

### 8.1. Caracterización de la muestra

Las participantes del estudio comprendían edades entre  $63,58 \pm 3,65$  para el grupo experimental y  $64,58 \pm 4,31$  para el grupo control. Las variables de composición corporal peso, talla, índice de masa corporal (IMC), índice de cintura cadera (ICC), el porcentaje de masa grasa y el porcentaje de masa muscular no presentaron diferencias significativas en la evaluación pre test de los grupos de estudio, grupo control y grupo experimental (ver tabla 4).

Composición corporal: comparación de medias pre test de grupos de estudio			
Variable	GE n=(24)		Valor <i>p</i>
	Media	Ds	
Edad (años)	63,58	± 3,65	0,425
Peso (Kg)	60,75	± 9,35	0,386
Talla (cm)	153,70	± 5,93	0,192
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,67	± 3,59	0,135
ICC (cm)	0,88	± 0,07	0,107
Masa Grasa (%)	38,00	± 6,75	0,171
Masa Muscular (%)	26,54	± 3,36	0,180

**Tabla 4: Composición corporal pre test, grupos de estudio, comparación de medias y desviación estándar. Desviación estándar (Ds). Prueba estadística aplicada U Mann Whitney**

Por otra parte, en la valoración pre test de la fuerza explosiva de miembros inferiores, donde fueron registradas las variables de la fuerza máxima de impulso (Fmax I), la fuerza máxima de aterrizaje (Fmax A), el tiempo de vuelo (Tv), la altura y la potencia; para cada test de salto SJ, CMJ y ABK no se encontraron diferencias significativas entre GE y GC, excepto en la prueba de ABK, donde se encontraron diferencias en Tv y altura alcanzada con un  $p < 0,05$ , siendo superior para GE (ver tabla 5).

Test fuerza	SJ			CMJ			ABK					
	GE		GC	Valor	GE		GC	Valor	GE		GC	Valor
	Media	Ds	Media		Ds	Media	Ds		Media	Ds	Media	
Fmx I (N)	481,539 ± 82,76	520,51 ± 94,20	0,187	538,120 ± 101,08	602,374 ± 129,63	0,071	556,649 ± 95,41	586,153 ± 97,17	0,165			
Fmx A (N)	1427,56 ± 544,48	1535,661 ± 607,95	0,705	1542,478 ± 557,89	1427,579 ± 642,18	0,277	1449,071 ± 438,95	1401,992 ± 613,2	0,705			
Tv (sg)	0,30 ± 0,03	0,29 ± 0,04	0,62	0,31 ± 0,04	0,29 ± 0,04	0,183	0,33 ± 0,04	0,31 ± 0,04	0,044*			
Altura (cm)	0,11 ± 0,02	0,10 ± 0,03	0,62	0,12 ± 0,02	0,11 ± 0,03	0,183	0,14 ± 0,03	0,12 ± 0,03	0,044*			
Potencia (W)	218,258 ± 36,82	225,64 ± 36,51	0,041	226,830 ± 37,86	228,627 ± 36,45	0,854	243,269 ± 42,39	238,372 ± 38,39	0,741			

**Tabla 5: Comparación entre GC y GE en la valoración pre test de la fuerza en miembros inferiores. (Newton (N), segundos (seg), centímetros (cm) y potencia (W)). Valores que representan  $p < 0,05$  (\*). Prueba estadística aplicada: U Mann Whitney**

Para la valoración pre test de la marcha no se encontraron diferencias significativas entre los grupos de estudio en las variables de fuerza máxima de apoyo de talón (FmxAT<sub>(N)</sub>), fuerza máxima de doble apoyo de talón (FmxDAT<sub>(N)</sub>) y fuerza máxima de despegue de dedos (FmxDD), lo cual, confirma la homogeneidad de los grupos antes de la intervención, (ver tabla 6) como lo muestra de una forma más detallada la tabla 6.

Variables	Pie apoyo	GE	GC	Valor p
		Media Ds	Media Ds	
FmxAT <sub>(N)</sub>	PI	612,684 ± 93,34	630,2145 ± 98,20	0,741
FmxDAT <sub>(N)</sub>	PI	473,412 ± 67,62	481,869 ± 88,22	0,712
FmxDD <sub>(N)</sub>	PI	621,676 ± 94,18	615,448 ± 93,35	0,756
FmxAT <sub>(N)</sub>	PD	584,525 ± 93,75	584,572 ± 133,444	0,683
FmxDAT <sub>(N)</sub>	PD	465,306 ± 77,8	433,481 ± 107,74	0,252
FmxDD <sub>(N)</sub>	PD	598,734 ± 86,85	593,944 ± 138,61	0,907

**Tabla 6: Comparación inter muestral de la valoración pre test de la marcha. Valores expresados como media ± desviación estándar (Ds). Pie de apoyo, pie izquierdo (PI) y pie derecho (PD). Prueba estadística aplicada U Mann Whitney.**

De la misma manera, se encontró que en la evaluación pre test del desplazamiento del centro de gravedad (COP) durante la marcha de mujeres mayores de 60 años, en el desplazamiento transversal del COP y el desplazamiento longitudinal del COP para cada grupo de estudio (GE y GC), no contó con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), reafirmando la homogeneidad de los grupos antes de iniciar el proceso de intervención.

## 8.2. Análisis intra-muestral

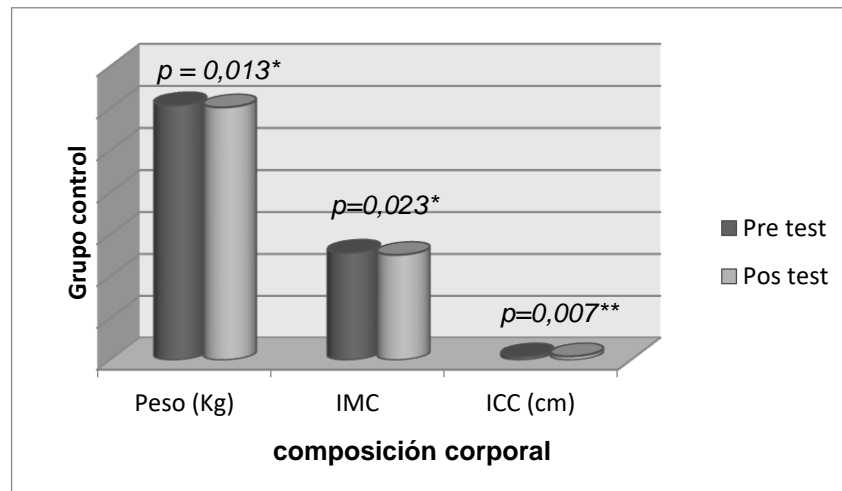
### 8.2.1. Análisis intra-muestral composición corporal

A continuación se pueden observar los cambios de la composición corporal de los grupos de estudio GE y GC, después de la intervención. Donde GE presentó cambios significativos en  $IMC_{(kg/m^2)}$  ( $p=0,067$ ), el  $ICC_{(cm)}$  ( $p=0,028$ ) y el porcentaje de masa grasa ( $p=0,042^*$ ). No se presentaron cambios significativos en el peso $_{(kg)}$  ( $p=0,245$ ) y el porcentaje de masa muscular ( $p=0,605$ ), como se observa en la tabla 7.

Grupo	GE		
	Pre test Media Ds	Pos test Media Ds	Valor p
Peso (Kg)	63,80 ± 8,01	62,62 ± 8,56	0,245
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27,40 ± 3,43	26,96 ± 3,52	0,067*
ICC (cm)	0,90 ± 0,06	0,92 ± 0,15	0,028*
Masa Grasa (%)	39,88 ± 5,69	40,14 ± 5,36	0,042*
Masa Muscular (%)	25,15 ± 2,44	24,89 ± 2,14	0,605

**Tabla 7: Comportamiento de la composición corporal de GE, grupo participante del programa de movimientos explosivos y de impacto en piscina. Valores expresados como media ± desviación estándar (Ds); significativo  $p < 0,05$ (\*). Prueba estadística aplicada Wilcoxon.**

Por otra parte, en el GC se observaron cambios significativos después de realizar actividad física no sistematizada, en las variables de composición corporal como el peso ( $p=0,013$ ),  $IMC_{(kg/m^2)}$  ( $p= 0,023$ ) e  $ICC_{(cm)}$  ( $p= 0,007$ ), como se observa en el gráfico 2.



**Gráfico 2: Grupo control GC, grupo participante de un programa de AF recreativo en agua; comportamiento de la composición corporal. Valores expresados desviación estándar, significativo  $p < 0,05$  (\*).**

### 8.2.2. Análisis intra-muestral fuerza

A continuación se pueden observar los cambios en la fuerza de los miembros inferiores para GE y GC después de la intervención, atendiendo a los tres test realizados SJ, CMJ y ABK (o CMJas). Donde GE no mostró diferencias estadísticamente significativas después de la intervención, excepto en el test SJ en las variables de  $Fmx I_{(N)}$  ( $p=0,977$ ) y  $Fmx A_{(N)}$  ( $p=0,059$ ), mientras que para el test CMJ, el GE no se obtuvieron diferencias significativas en  $Fmx I$  ( $p=0,668$ ), al igual que en ABK con un  $p=0,265$ . Sin embargo, en variables como  $Tv_{(seg)}$ ,

altura<sub>(cm)</sub>, y potencia<sub>(W)</sub> se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para los tres test: SJ, CMJ y ABK (ver tabla 8).

Variables fuerza MMII	GE			
	SJ	Pre test Media Ds	Pos test Media Ds	Valor p
Fmx I <sub>(N)</sub>		481,539 ± 82,76	489,218 ± 84,97	0,977
Fmx A <sub>(N)</sub>		1427,56 ± 544,48	1187,285 ± 324,07	0,059
Tv <sub>(seg)</sub>		0,30 ± 0,03	0,34 ± 0,03	0,000**
Altura <sub>(cm)</sub>		0,11 ± 0,02	0,15 ± 0,02	0,000**
Potencia <sub>(W)</sub>		218,258 ± 36,82	265,843 ± 24,40	0,000**
<b>CMJ</b>				
Fmx I <sub>(N)</sub>		538,120 ± 101,08	529,546 ± 98,67	0,668
Fmx A <sub>(N)</sub>		1542,478 ± 557,89	1114,673 ± 295,14	0,003*
Tv <sub>(seg)</sub>		0,31 ± 0,04	0,35 ± 0,03	0,000**
Altura <sub>(cm)</sub>		0,12 ± 0,02	0,15 ± 0,03	0,000**
Potencia <sub>(W)</sub>		226,830 ± 37,86	274,131 ± 25,26	0,000**
<b>ABK</b>				
Fmx I <sub>(N)</sub>		556,649 ± 95,41	525,109 ± 114,63	0,265
Fmx A <sub>(N)</sub>		1449,071 ± 438,95	1127,034 ± 350,42	0,004*
Tv <sub>(seg)</sub>		0,33 ± 0,04	0,37 ± 0,03	0,000**
Altura <sub>(cm)</sub>		0,14 ± 0,03	0,17 ± 0,03	0,000**
Potencia <sub>(W)</sub>		243,269 ± 42,39	289,466 ± 26,05	0,000**

**Tabla 8: Grupo experimental GE: grupo participante del programa de movimientos explosivos y de impacto en piscina. Valores expresados media ± desviación estándar (Ds); significativo  $p < 0,05$  (\*), muy significativo  $p < 0,001$  (\*\*). Prueba estadística aplicada Wilcoxon.**

La valoración de la fuerza de miembros inferiores para GC, también mostró diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en las variables Tv<sub>(seg)</sub>, altura<sub>(cm)</sub> y potencia<sub>(W)</sub> en los test SJ, CMJ y ABK, como se evidencia en la tabla 10. En el test SJ no mostró diferencias en Fmx A<sub>(N)</sub> ( $p = 0,264$ ), pero si en Fmx I<sub>(N)</sub> con un  $p = 0,015$ . Mientras que en el test CMJ no se encontraron diferencias en Fmx I<sub>(N)</sub> ( $p = 0,313$ ) y en Fmx A<sub>(N)</sub> ( $p = 0,946$ ); y en ABK tampoco hubo diferencias en Fmx I<sub>(N)</sub> con un  $p = 0,563$ , tal como de se pude observar en la tabla 10.

Variables fuerza MMII	GC		Valor p
	SJ		
	Pre test	Pos test	
	Media Ds	Media Ds	
Fmx I (N)	520,51 ± 94,20	528,915 ± 106,91	0,264
Fmx A (N)	1535,661 ± 607,95	1218,496 ± 387,23	0,015*
Tv (seg)	0,29 ± 0,04	0,34 ± 0,08	0,000**
Altura (cm)	0,10 ± 0,03	0,15 ± 0,10	0,000**
Potencia (W)	225,64 ± 36,51	265,542 ± 76,82	0,008*
<b>CMJ</b>			
Fmx I (N)	602,374 ± 129,63	595,312 ± 144,75	0,313
Fmx A (N)	1427,579 ± 642,18	1289,361 ± 500,52	0,946
Tv (seg)	0,29 ± 0,04	0,34 ± 0,04	0,000**
Altura (cm)	0,11 ± 0,03	0,13 ± 0,04	0,000**
Potencia (W)	228,627 ± 36,45	266,271 ± 39,54	0,003*
<b>ABK</b>			
Fmx I (N)	586,153 ± 97,17	566,457 ± 142,50	0,563
Fmx A (N)	1401,992 ± 613,2	1083,932 ± 327,01	0,025*
Tv (seg)	0,31 ± 0,04	0,34 ± 0,04	0,000**
Altura (cm)	0,12 ± 0,03	0,15 ± 0,04	0,000**
Potencia (W)	238,372 ± 38,39	270,861 ± 36,22	0,003*

**Tabla 8: Grupo control GC: grupo participante de un programa de AF recreativo en agua. Valores expresados media ± desviación estándar (Ds); significativo  $p < 0,05$ (\*), muy significativo  $p < 0,001$ (\*\*). Prueba estadística aplicada Wilcoxon.**

### 8.2.3. Análisis intra-muestral marcha

En la valoración de la marcha, después de la intervención de un programa de movimientos explosivos y de impacto se observó que para GE se dieron cambios significativos en el pie izquierdo (PI), en FmxAT ( $p=0,034$ ) y en la FmxDD ( $p=0,007$ ), como lo muestra la tabla 11.

Variables	GE			
	Pie	Pre test Media DS	Pos test Media DS	Valor <i>p</i>
FmxAT <sub>(N)</sub>	PI	612,684 ± 93,34	563,512 ± 105,48	0,034*
FmxDAT <sub>(N)</sub>	PI	473,412 ± 67,62	475,863 ± 94,19	0,440
FmxDD <sub>(N)</sub>	PI	621,676 ± 94,18	569,934 ± 103,94	0,007*
FmxAT <sub>(N)</sub>	PD	584,525 ± 93,75	573,679 ± 96,27	0,732
FmxDAT <sub>(N)</sub>	PD	465,306 ± 77,8	485,460 ± 77,22	0,153
FmxDD <sub>(N)</sub>	PD	598,734 ± 86,85	580,532 ± 101,18	0,530

Tabla 91: Comparación pre-pos test de las fuerzas que interactúan en las fases de la marcha, para GE. Valores expresados media ±, desviación estándar (Ds), significativo  $p < 0,05$ (\*). Pie de apoyo, pie izquierdo (PI) y pie derecho (PD). Prueba estadística aplicada Wilcoxon.

En este sentido, el COP para GE mostró una diferencia altamente significativa para GE en el desplazamiento trasversal del COP con un  $p = 0,000$ , mientras que el desplazamiento longitudinal del COP, no mostró diferencias con un  $p = 0,304$ , (gráfico 5).

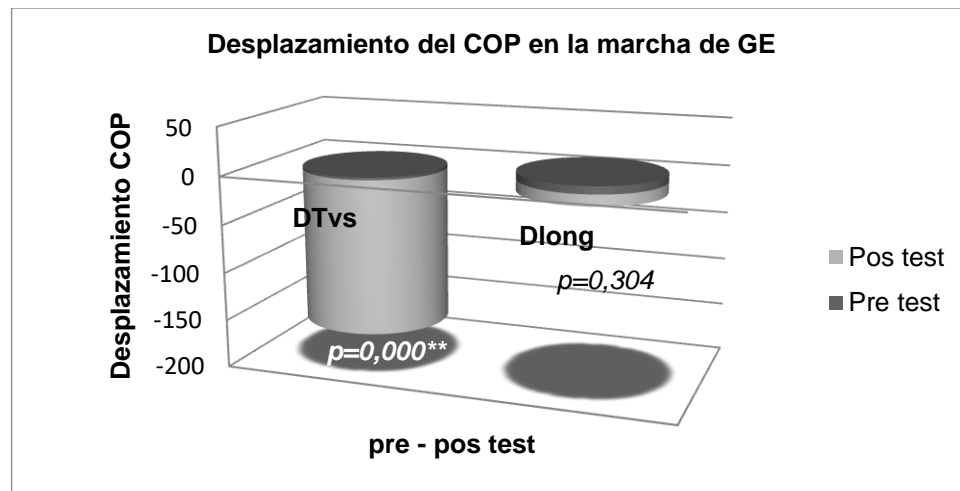


Gráfico 3: Desplazamiento pre – pos test del COP para GE en la marcha. DTvs (Desplazamiento trasversal), DLong (desplazamiento longitudinal). Valores expresados desviación estándar, altamente significativo  $p < 0,001$  (\*\*\*)

El GC, mostró diferencias estadísticamente significativas en la FmxAT(N) con un  $p=0,030$  en PI y en la FmxDAT(N) para PD ( $p=0,002$ ). No se evidenciaron diferencias significativas en PI para las variables FmxDAT(N) ( $p=0,696$ ) y la FmxDD(N) ( $p=0,174$ ). En PD no se vieron diferencias en las variables FmxAT(N) con un  $p= 0,221$  y en la FmxDD(N) con un  $p= 0,545$ , como se observa en la tabla 12.

Variables	GC			
	Pie	Pre test Media Ds	Pos test Media Ds	Valor <i>p</i>
FmxAT <sub>(N)</sub>	PI	630,2145 ± 98,20	566,819 ± 128,66	0,030*
FmxDAT <sub>(N)</sub>	PI	481,869 ± 88,22	481,017 ± 87,91	0,696
FmxDD <sub>(N)</sub>	PI	615,448 ± 93,35	572,003 ± 89,44	0,174
FmxAT <sub>(N)</sub>	PD	584,572 ± 133,444	605,483 ± 104,84	0,221
FmxDAT <sub>(N)</sub>	PD	433,481 ± 107,74	504,850 ± 74,77	0,002*
FmxDD <sub>(N)</sub>	PD	593,944 ± 138,61	610,261 ± 93,03	0,545

**Tabla 102: Comparación pre-pos test de las fuerzas que interactúan en las fases de la marcha para GC. Valores expresados media ±, desviación estándar (Ds), significativo  $p<0,05$ (\*); muy significativo  $p< 0,001$  (\*\*). Prueba estadística aplicada Wilcoxon.**

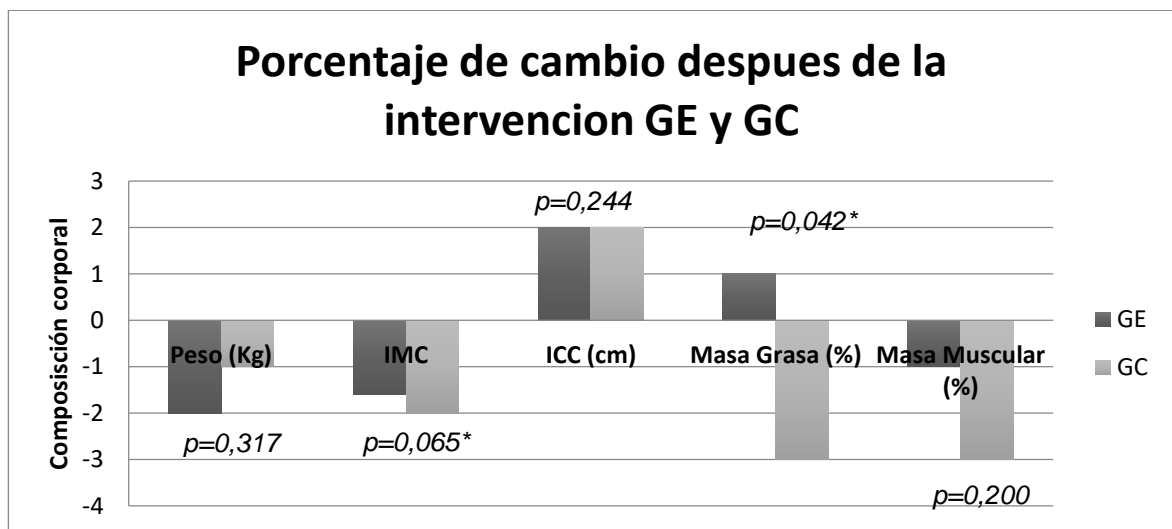
El desplazamiento del COP después de la intervención para GC obtuvo una diferencia significativa en el D<sub>ts</sub>COP con un  $p=0,000$  y en el D<sub>Long</sub>COP no se evidenciaron diferencias significativas ya que mostro un  $p=0,221$ .

### 8.3. Análisis inter-muestral

#### 8.3.1. Análisis inter-muestral composición corporal

Después de la intervención de un programa de movimientos explosivos y de impacto en agua, el análisis de la composición corporal se evidenció que el GE en comparación a GC, generó cambios en la composición corporal. El GE disminuyó

el peso<sub>(kg)</sub> hasta en un 2% y GC disminuyó en un 1% con un  $p=0,317$ . El IMC<sub>(kg/m²)</sub> disminuyó en 1,6% en GE y 2% para GC ( $p=0,065$ ), el ICC<sub>(cm)</sub> aumentó en la misma proporción para GE y GC ( $p=0,244$ ). La masa muscular del GE disminuyó un 1% y en el GC disminuyó un 3% ( $p=0,200$ ), sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio (ver gráfico 4).



**Gráfico 4: Porcentaje de cambio en la composición corporal para GE y GC, después de un programa de movimientos explosivos y de impacto aplicado en agua. Valores expresados desviación estándar, significativo  $p<0,05$ (\*).**

Sin embargo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre GE y GC en el porcentaje de masa grasa, donde GE aumentó un 1% y GC disminuyó un 3%, presentando un  $p=0,042$ , lo cual se puede ver en la tabla 13.

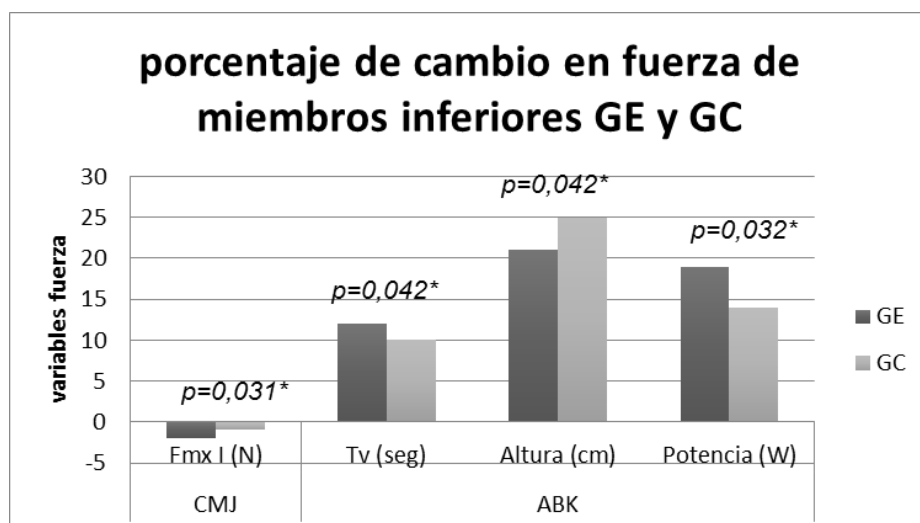
	GE		GC		Valor p
	Pre test Media Ds	Pos test Media Ds	Pre test Media Ds	Pos test Media Ds	
Peso (Kg)	63,80 ± 8,01	62,62 ± 8,56	60,75 ± 9,35	60,25 ± 7,92	0,317
IMC(kg/m²)	27,40 ± 3,43	26,96 ± 3,52	25,67 ± 3,59	25,14 ± 3,09	0,065*

ICC (cm)	0,90 ± 0,06	0,92 ± 0,15	0,88 ± 0,07	0,90 ± 0,15	0,244
Masa Grasa (%)	39,88 ± 5,69	40,14 ± 5,36	38,00 ± 6,75	36,88 ± 5,53	0,042*
Masa Muscular (%)	25,15 ± 2,44	24,89 ± 2,14	26,54 ± 3,36	25,78 ± 2,28	0,200

**Tabla 13: Análisis variables de composición corporal de GE y GC, después de la intervención. Valores expresados media ± desviación estándar (Ds); significativo  $p < 0,05$  (\*). Prueba estadística aplicada U Mann Whitney.**

### 8.3.2. Análisis inter-muestral fuerza

Una vez realizada la intervención de un programa de movimientos explosivos y de impacto en agua, el análisis estadístico mostró que el GE en comparación al GC, tuvo cambios estadísticamente significativos en las variables  $F_{mx} I_{(N)}$  con  $p = 0,031$  en el test CMJ, donde la  $F_{mx} I_{(N)}$  disminuyó un 2% para GE y un 1% para GC. En el test ABK se observaron cambios en las variables  $Tv_{(seg)}$  ( $p = 0,042$ ) disminuyendo un 12% en GE y un 10% para GC; en la altura  $(cm)$  cambió significativamente con un  $p = 0,042$ , disminuyendo un 21% para GE y un 25% para GC; y en potencia  $(W)$  hubo aumento de un 19% para GE ( $p = 0,032$ ) y un 14% para GC (ver gráfico 5).



**Gráfico 5: Porcentaje de cambio en la fuerza explosiva de GE y GC, después de un programa de movimientos explosivos y de impacto aplicado en agua. Valores expresados desviación estándar, significativo  $p < 0,05$  (\*).  $F_{mx} I_{(N)}$ : Fuerza máxima de impulso (Newton);  $Tv_{(seg)}$ : tiempo de vuelo (segundos);  $Altura_{(cm)}$ : Altura (centímetros);  $Potencia_{(W)}$ : trabajo.**

Por otra parte, no se mostraron diferencias estadísticamente significativas en la fuerza de miembros inferiores después de la intervención ( $p < 0,05$ ), para ninguna de las variables del test SJ. En el test CMJ no se encontraron diferencias significativas en las variables Fmx A<sub>(N)</sub> ( $p = 0,207$ ), Tv<sub>(seg)</sub>, altura<sub>(cm)</sub> con un  $p = 0,201$  y potencia<sub>(W)</sub> ( $p = 0,177$ ), (ver tabla 14).

Variables fuerza MMII	GE				GC				GE vs GC (pos tes) Valor p
	Pre test		Pos test		Pre test		Pos test		
	Media	Ds	Media	Ds	Media	Ds	Media	Ds	
<b>SJ</b>									
Fmx I <sub>(N)</sub>	481,539 ± 82,76		489,218 ± 84,97		520,51 ± 94,20		528,915 ± 106,91		0,140
Fmx A <sub>(N)</sub>	1427,560 ± 544,48		1187,285 ± 324,07		1535,661 ± 607,95		1218,496 ± 387,23		0,907
Tv <sub>(seg)</sub>	0,30 ± 0,03		0,34 ± 0,03		0,29 ± 0,04		0,34 ± 0,08		0,157
Altura <sub>(cm)</sub>	0,11 ± 0,02		0,15 ± 0,02		0,10 ± 0,03		0,15 ± 0,10		0,157
Potencia <sub>(W)</sub>	218,258 ± 36,82		265,843 ± 24,40		225,64 ± 36,51		265,542 ± 76,82		0,165
<b>CMJ</b>									
Fmx I <sub>(N)</sub>	538,120 ± 101,08		529,546 ± 98,67		602,374 ± 129,63		595,312 ± 144,75		0,031*
Fmx A <sub>(N)</sub>	1542,478 ± 557,89		1114,673 ± 295,14		1427,579 ± 642,18		1289,361 ± 500,52		0,207
Tv <sub>(seg)</sub>	0,31 ± 0,04		0,35 ± 0,03		0,29 ± 0,04		0,34 ± 0,04		0,201
Altura <sub>(cm)</sub>	0,12 ± 0,02		0,15 ± 0,03		0,11 ± 0,03		0,13 ± 0,04		0,201
Potencia <sub>(W)</sub>	226,830 ± 37,86		274,131 ± 25,26		228,627 ± 36,45		266,271 ± 39,54		0,177
<b>ABK</b>									
Fmx I <sub>(N)</sub>	556,649 ± 95,41		525,109 ± 114,63		586,153 ± 97,17		566,457 ± 142,50		0,277
Fmx A <sub>(N)</sub>	1449,071 ± 438,95		1127,034 ± 350,42		1401,992 ± 613,2		1083,932 ± 327,01		0,727
Tv <sub>(seg)</sub>	0,33 ± 0,04		0,37 ± 0,03		0,31 ± 0,04		0,34 ± 0,04		0,042*
Altura <sub>(cm)</sub>	0,14 ± 0,03		0,17 ± 0,03		0,12 ± 0,03		0,15 ± 0,04		0,042*
Potencia <sub>(W)</sub>	243,269 ± 42,39		289,466 ± 26,05		238,372 ± 38,39		270,861 ± 36,22		0,032*

**Tabla 114: Comparación pre – pos test fuerza de miembros inferiores (MMII), para GE y GC. Valores expresados media ±, desviación estándar (Ds), significativo  $p < 0,05$ (\*). Prueba estadística aplicada U Mann Whitney.**

De acuerdo a lo anterior, fue el test ABK el que mostró más diferencias significativas entre GE y GC, en la valoración de la fuerza de miembros inferiores, sin embargo, no se encontraron diferencias sustanciales en las variables de  $F_{maxI(N)}$  ( $p=0,277$ ) y  $F_{mx A(N)}$  ( $p=0,727$ ).

### 8.3.3. Análisis intra-muestral marcha

Se observa que después de un programa movimientos explosivos y de impacto aplicado en agua, no hay diferencias significativas entre GE y GC en las fuerzas que intervienen en la fase de la marcha del adulto mayor, excepto en la fuerza máxima de apoyo de talón ( $F_{mxAT(N)}$ ) para el pie izquierdo con  $p= 0,031$  (tabla 14).

Variables	Pie	GE		GC		Valor $p$
		Pre test Media Ds	Pos test Media Ds	Pre test Media Ds	Pos test Media Ds	
$F_{mxAT(N)}$	PI	612,684 ± 93,34	563,512 ± 105,48	630,2145 ± 98,20	566,819 ± 128,66	0,877
$F_{mxDAT(N)}$	PI	473,412 ± 67,62	475,863 ± 94,19	481,869 ± 88,22	481,017 ± 87,91	0,031*
$F_{mxDD(N)}$	PI	621,676 ± 94,18	569,934 ± 103,94	615,448 ± 93,35	572,003 ± 89,44	0,954
$F_{mxAT(N)}$	PD	584,525 ± 93,75	573,679 ± 96,27	584,572 ± 133,444	605,483 ± 104,84	0,332
$F_{mxDAT(N)}$	PD	465,306 ± 77,8	485,460 ± 77,22	433,481 ± 107,74	504,850 ± 74,77	0,437
$F_{mxDD(N)}$	PD	598,734 ± 86,85	580,532 ± 101,18	593,944 ± 138,61	610,261 ± 93,03	0,382

**Tabla 12: GE: grupo experimental, participe de un programa d movimientos explosivos y de impacto en agua; GC, grupo control. Fuerzas que interactúan en las fases de la marcha. Pie de apoyo, pie izquierdo (PI) y pie derecho (PD). Valores expresados media ±, desviación estándar (Ds), significativo  $p<0,05(*)$ ; muy significativo  $p< 0,001 (**)$ . Prueba estadística aplicada U Mann Whitney.**

Sin embargo, si hay diferencias significativas en el desplazamiento transversal del COP con un  $p=0,033$ , a diferencia del desplazamiento longitudinal del COP que muestra un  $p=0,509$ , como se observa en la tabla 15.

Variable	GE		GC		Valor p
	Pre test Media Ds	Pos test Media Ds	Pre test Media Ds	Pos test Media Ds	
DTvsCOP	-2,539 ± 45,00	-160,554 ± 242,74	-9,700 ± 52,97	-79,875 ± 56,58	0,033*
DLongCOP	7,835 ± 66,38	-11,591 ± 47,36	48,121 ± 191,54	36,037 ± 272,97	0,509

Tabla 13: GE: grupo experimental participe de un programa d movimientos explosivos y de impacto en agua; GC, grupo control. Desplazamiento transversal COP (DTvsCOP), desplazamiento longitudinal COP (DLongCOP). Valores expresados media ±, desviación estándar (Ds), significativo  $p < 0,05$ (\*); muy significativo  $p < 0,001$ (\*\*). Prueba estadística aplicada U Mann Whitney.

De acuerdo a lo anterior se observa que después de la intervención el desplazamiento transversal del COP (DTvsCOP) presentó una disminución del 106% para GE y un aumento del 17% para GC; y el desplazamiento longitudinal del COP (DLogCOP) disminuyó un 48% par GE y un 25% para GC, como lo muestra el gráfico 6.

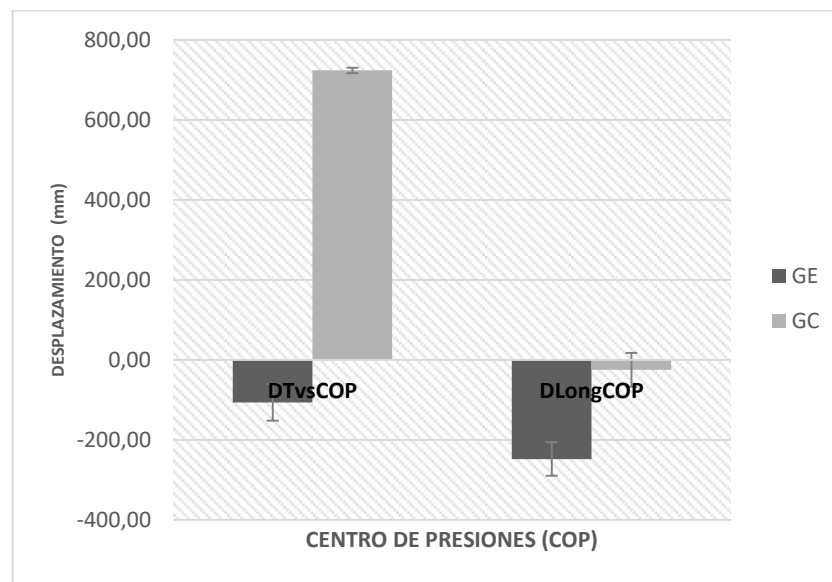


Gráfico 3: Cambio del COP en la marcha para GE y GC: participante de un programa de AF recreativo en piscina. Porcentaje de cambio del COP en la marcha. Valores expresados porcentaje de cambio pre test pos.

#### 8.4. Riesgo relativo

Se calculó el riesgo relativo (RR) para las variables estadísticamente significativas en el pos test para ambos grupos GE y GC, con un IC del 95%<sup>(95, 96)</sup>.

Masa grasa	Mejoro	No mejoró	Total	RR	IC
G. Experimental	13	11	24	1,40	0,7-2,5
G. Control	10	16	26		
<b>Fmx I(N) - CMJ</b>					
G. Experimental	10	14	24	1,35	0,6-2,85
G. Control	8	18	26		
<b>Tv(seg) - ABK</b>					
G. Experimental	21	3	24	1,19	0,9-1,5
G. Control	19	7	26		
<b>Altura(cm) - ABK</b>					
G. Experimental	20	4	24	1,08	0,8-1,4
G. Control	20	6	26		
<b>Potencia(W) - ABK</b>					
G. Experimental	20	4	24	1,14	0,8-1,5
G. Control	19	7	26		
<b>DTvsCOP</b>					
G. Experimental	22	2	24	1,03	0,8-1,2
G. Control	23	3	26		

**Tabla 14: Cálculo RR para las variables más significativas después de la intervención.**

Dado que en este proyecto los grupos de estudio fueron expuestos a un beneficio y no a una enfermedad, la interpretación del RR es la siguiente: como se observa en la tabla 20, los valores de RR, son superiores a uno considerando entonces que el GE expuesto al programa de movimientos explosivos y de impacto en agua favorece al aumento de fuerza de miembros inferiores en Fmx I(N) – CMJ, Altura(cm) - ABK y Potencia(W) - ABK . Y para la variable de marcha en el DTvsCOP.

## 9. DISCUSIÓN

Para mayor entendimiento de la discusión, se presenta en el mismo orden que los resultados:

En la composición corporal de mujeres mayores de 60 años se encontró que después de la intervención, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre GE y GC en las variables de peso (kg), IMC, ICC (cm) y masa muscular (%). Llama la atención, las diferencias en la masa grasa (%), que aumentaron en GE y disminuyeron en GC ( $p=0,042$ ), lo cual, se puede atribuir al objetivo del programa de actividad física implementado y al método de valoración de la composición corporal de bioimpedancia eléctrica que se basó en las propiedades eléctricas de los tejidos, teniendo en cuenta aquellos que contienen mayor cantidad de agua para calcular la masa grasa y masa muscular, haciéndolo un método seguro y confiable. No obstante, en estas mediciones deben considerarse el consumo dietario, de fluidos, estado de hidratación del sujeto, la temperatura corporal y la ambiental, para reducir los sesgos medición<sup>(97)</sup>. En este estudio éstos aspectos no fueron controlados y pudieron tener un efecto en las evaluaciones de impedancia.

Se resalta que aunque no fueron cambios estadísticamente significativos, el GE presentó un mayor porcentaje de cambio en comparación al GC, en las variables de peso (kg), IMC y disminución de la masa muscular (%) hasta en un 1%, caso contrario en GC, cuyo porcentaje de pérdida de masa muscular después de la intervención fue de 2%. Esto se puede atribuir varios factores, ya que algunos estudios sobre la nutrición de los adultos mayores, sugieren que ésta pérdida puede atribuirse a que suelen consumir menor cantidad de proteína en su dieta

<sup>(98)</sup>. Otros estudios, plantean que al tener mayor cantidad de masa grasa la densidad de fibras musculares es menor, además de las pérdidas hormonales que se dan con el envejecimiento<sup>(99)</sup>.

Los resultados de esta investigación concuerdan con lo expuesto por Riveros<sup>(25)</sup>, quien después de un programa de entrenamiento pliométrico en agua para personas de 55 a 65 años, encontró que el porcentaje de masa muscular disminuyó para GE, aunque con intensidades y carga distintas a las de éste proyecto. Por otra parte un estudio de Ramírez plantea que programas de ejercicio orientados a las ganancias de fuerza explosiva, no evidencian cambios en los compartimentos corporales<sup>(33)</sup>. Los resultados de este estudio en la composición corporal van en línea con algunos estudios de Hakkinen<sup>(31)</sup> e Izquierdo<sup>(18)</sup>, que establecen que el porcentaje de fuerza muscular puede aumentar hasta un 40%, después de un programa de entrenamiento en fuerza, siempre y cuando las intensidades de las cargas se incrementen progresivamente del 50% hasta incluso el 80% con movimientos explosivos. Al respecto, es importante resaltar que incluir en los movimientos libres y de impacto, las intensidades sugeridas, expone a un riesgo innecesario de lesión osteoarticular y muscular al adulto mayor, dada la naturaleza de los movimientos.

Los resultados de este estudio, demuestran que las variables de composición corporal (peso (kg), IMC, ICC (cm), masa grasa (%) y masa muscular (%)), presentan una correlación positiva con las variables de marcha, en especial en las fases de apoyo (apoyo de talón, doble apoyo y despegue de dedos), ya que a mayor peso corporal y menor masa muscular, se ejerce más fuerza en estas fases con un mayor impacto articular. Esto es relevante, si se tiene en cuenta la teoría,

autores como Shapira<sup>(55)</sup>, que plantean que con el proceso natural del envejecimiento, se da un aumento de la masa grasa y una disminución de la masa muscular, que afecta la funcionalidad y el desarrollo de las actividades de las actividades de la vida diaria entre un 31 y 34%<sup>(100)</sup>.

Por otra parte, en la valoración de la fuerza de miembros inferiores se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre GE y GC en la  $F_{mxI(N)}$  del test CMJ ( $p=0,031$ ), que disminuyó en mayor medida para GE, es decir, que GE realiza menor fuerza de impulso para realizar el gesto de CMJ y es el caso contrario para GC. Esto se puede atribuir a una mayor estimulación entre el sistema nervioso central, neural y muscular, que favorece el reclutamiento de fibras tipo II<sup>(6)</sup> que, si bien es posible que no aumentara la masa muscular, es claro que incrementó la fuerza y es un resultado ya reportado en estudios previos<sup>(18)</sup>, los cuales, atribuyen éste cambio en gran medida a una mejora de la activación y coactivación agonista antagonista.

Llama la atención que un programa que combine ejercicios movimientos explosivos y de impacto, pueda generar ganancias de fuerza explosiva en mayor medida para el grupo intervenido (GE), al evidenciar mayor  $T_{v(seg)}$ ,  $altura_{(cm)}$  y  $potencia_{(W)}$ , en comparación al GC, en el test ABK. Éstas variables permiten tener una evaluación objetiva de la fuerza, ya que las fibras tipo II se contraen en un menor tiempo que las tipo I, como lo expone Calbet<sup>(99)</sup>. Adicionalmente, los valores obtenidos en la  $altura_{(cm)}$  y  $potencia_{(W)}$  son mayores en relación a estudios que solo aplican uno de los dos movimientos (explosivos o impacto) aplicados en tierra, como lo muestran Piirainen<sup>(93)</sup> e Izquierdo<sup>(57)</sup>, Mientras que los resultados de este estudio, se asemejan con un estudio aplicado en agua para favorecer la potencia muscular en personas mayores de 55 años<sup>(26)</sup>

Lo anterior, cobra importancia al ser el test ABK, un movimiento de mayor complejidad, que se puede considerar como un movimiento completo y explosivo que para ganar más altura y mayor relación elástico explosivo de los cuádriceps, que genera una desaceleración más controlada en el aterrizaje. Bajo este parámetro, el test ABK es propuesto en un estudio<sup>(101)</sup> para evaluar el estado de sarcolema en hombres y mujeres entre 55 a 75 años.

Vale la pena resaltar que tanto GE, como GC, obtuvieron mejoras después de la intervención, disminuyó la  $F_{mxI(N)}$  hasta un 5% y  $F_{mxA(N)}$  hasta un 30%, en mayor porcentaje para GE, es decir, que las participantes necesitaron menor esfuerzo para realizar el salto y obtener mayor  $T_{v(seg)}$ ,  $altura_{(cm)}$  y  $potencia_{(W)}$ . Algunos estudios como los de Izquierdo<sup>(6, 12)</sup>, han encontrado que el aumento de la potencia muscular, favorece la estimulación del sistema neuromuscular y favorece la funcionalidad del adulto mayor, permitiendo un mejor desempeño en las actividades de la vida diaria.

Bajo este mismo parámetro, otros estudios<sup>(45, 102)</sup> han identificado que los movimientos de impacto permiten el remodelado óseo, generando micro fracturas que hacen que la DMO sea mayor, de tal manera, que se puede prevenir el riesgo de fracturas por caídas. Por otra parte, los ejercicios explosivos favorecen el reclutamiento de fibras tipo II y esto constituye una mejor estimulación del sistema neuromuscular<sup>(103)</sup>.

Vale la pena resaltar, que los estudios donde se han aplicado programas de actividad física en agua con orientación a ganancias de fuerza, han sido planteados con una corta duración como los propuestos por Zamanian<sup>(13)</sup>, Colado<sup>(76)</sup> y Pernanbuco<sup>(71)</sup>, donde se han encontrado ganancias en la fuerza muscular, composición corporal y DMO que pueden favorecer a la funcionalidad de los adultos mayores.

En la valoración de la marcha se observaron cambios estadísticamente significativos después de la intervención en las fases de apoyo para GE y GC, tanto para el pie derecho, como para el izquierdo, en las variables de  $FmxAT_{(N)}$ ,  $FmxDAT_{(N)}$  y  $FmxDD_{(N)}$ . Aunque son pocos los estudios que evalúan estas variables en el gesto de la marcha, se ha evidenciado que no hay cambios significativos entre los grupos como lo demuestra Cárdenas<sup>(104)</sup>, en su estudio de biomecánica de la marcha en el medio acuático versus terrestre, planteando que la fase de apoyo constituye el 60% del total del ciclo de la marcha y además, cita a Guiaquinto (2007) quien plantea que no encuentra diferencias significativas entre sujetos jóvenes y mayores, cuando caminan en el medio acuático; sin embargo, se considera que la diferencia entre apoyar en agua y en tierra está entre un 2% y un 6% respectivamente.

No obstante, sí se encontraron diferencias significativas en el desplazamiento del COP durante la marcha, en especial en el desplazamiento transversal con  $p=0,033$ , que tuvo una disminución del 106% para GE y un 17% para GC; en este sentido el desplazamiento longitudinal del COP disminuyó un 48% para GE y un 25% para GC. Entonces, se puede considerar el COP como una variable representativa en el análisis de la marcha, la cual, influye en la funcionalidad del adulto mayor. Tal como lo demuestra Lusa<sup>(34)</sup>, cuyos participantes mejoraron la

habilidad de la marcha después de un periodo de entrenamiento, aumentándose la media de un 4% a un 50%. Por otra parte, otros estudios<sup>(66)</sup> establecieron que al haber menor desplazamiento del COP durante la marcha, se disminuye el riesgo de caídas hasta en un 50% para esta población.

Entre las limitantes del alcance del estudio se considera el impacto de la pérdida muestral para cada grupo GE y GC, la cual se dio por factores externos del proyecto y que es un aspecto que debería ser considerado en estudios futuros, al igual que la inclusión de un control de la ingesta calórica más rigurosa (calidad vs. cantidad). Al respecto, se sugiere revisar estas consideraciones y combinar el modelo estudiado, con programas que preserven e incrementen la masa muscular, ya que dicho modelo desde la teoría podría potenciar los resultados alcanzados por separado.

## **10. CONCLUSIÓN**

Tras la aplicación de un programa de actividad física que combinó movimientos explosivos y de impacto en agua, se generaron cambios significativos en las características de la marcha de mujeres mayores de 60 años, especialmente en el desplazamiento del COP transversal y longitudinal durante la marcha, que es considerado como uno de los patrones fundamentales para la funcionalidad de esta población. Lo anterior, cobra importancia al haberse evidenciado cambios positivos en la composición corporal y la fuerza explosiva de miembros inferiores,

favoreciéndose la preservación y mejoramiento de la autonomía funcional en actividades de la vida diaria para las mujeres que participaron en el estudio.

## **11. RECOMENDACIONES**

Tras la aplicación de un programa de actividad física que combinó movimientos explosivos y de impacto en agua, se generaron cambios significativos en las características de la marcha de mujeres mayores de 60 años. Por tal motivo y teniendo en cuenta la experiencia adquirida en este proyecto, es pertinente recomendar a futuros investigadores el considerar las características de la marcha de mujeres mayores de 60 años y la combinación de diferentes modelos de entrenamiento, incluyendo el estudiado en este proyecto, además de evaluar cómo éstos pueden favorecer en la funcionalidad y el desarrollo de las actividades de la vida diaria para este grupo poblacional.

Atendiendo a los resultados expuestos anteriormente, también se sugiere revisar los modelos de entrenamiento y el control de la ingesta calórica (calidad vs. cantidad) y suplementos alimenticios.

## **12. CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Para este proyecto se tiene en cuenta el código de ética de la Universidad Autónoma de Manizales con el acta N°055 y los criterios sugeridos en la declaración de Helsinki vigente y actualizada desde el año 1964 hasta la fecha, y

la norma colombiana para investigaciones con humanos, donde se define ésta como un riesgo mínimo<sup>(105, 106)</sup>. Se aplicó a las participantes el cuestionario de actividad física, el examen médico y consentimiento informado correspondiente, antes de iniciar el programa de actividad física, con el fin de proteger su seguridad e integridad.

Sin embargo, cabe aclarar que esta investigación contó con la aprobación bioética de la Universidad Manuela Beltrán y Universidad Santo Tomas (CEI-008), puesto que estaba vinculada al macro proyecto “Efecto del entrenamiento pliométrico en agua y en tierra sobre la funcionalidad de mujeres posmenopáusicas mayores de 55 años”, en una línea de investigación en fisiología del envejecimiento que lleva una trayectoria de seis años.

### 13. Cronograma

FECHA	2015												2016					
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUN
Taller de línea																		
Presentación idea de investigación																		
Elaboración del anteproyecto																		
Construcción problemática, justificación y objetivos																		
Construcción referente teórico																		
Metodología																		
Selección de la muestra																		
Evaluación de expertos PAF																		
Entrega proyecto																		
Revisión proyecto																		
Ajustes proyecto																		

Intervención																		
Evaluación pre test																		
Evaluación post test																		
Tabulación																		
Análisis																		
Entrega para evaluación proyecto final																		
Proyecto final																		

## 14. Presupuesto

<b>RECURSOS FÍSICOS</b>				
ITEM	DESCRIPCIÓN		MES	AÑO 1
<b>COSTOS</b>				
compra computador	N.A	N.A	N.A	\$ 800.000
<b>GASTOS</b>				
Papelería	\$ 30.000	x mes	\$ 30.000	\$510.000
Transporte	\$ 5.000	x día	\$ 60.000	\$720.000
Alquiler piscina	\$ 350.000	x pax	\$ 4.200.000	\$42.000.000
Chequeo medico	\$ 1.750.000	x pax	N.A	\$1.750.000
Laboratorio Biomecánica	\$ 1.750.000	x persona	N.A	\$3.500.000
Otros gastos	\$ 150.000	x mes	\$150.000	\$1.800.000
<b>TOTAL</b>				\$1.080.000
<b>RECUSROS HUMANOS</b>				
ITEM	DESCRIPCIÓN	MES	AÑO 1	
<b>GASTOS</b>				
Investigadores	\$ 18.000	\$ 540.000	\$ 6.480.000	
Asesor (es)	\$ 5.000	\$ 50.000	\$ 1.800.000	
Auxiliares de investigación	\$ 15.000	\$ 450.000	\$ 5.400.000	
<b>TOTAL</b>				\$ 13.680.000
<b>INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO</b>				\$ 64.760.000

## 15. Bibliografía

1. UN. La situación demográfica en el mundo 2014. Informe conciso. Nueva York: Naciones Unidas, sociales Ddaey; 2014 Contract No.: ST/ESA/SER.A/354.
2. CEPAL. El envejecimiento y las personas de edad. Indicadores para América Latina y el Caribe. In: ONU C, Asdi, editor. Chile2011. p. 4.
3. Verkhoshanky Y, Mel C. Super entrenamiento segunda edición. España Paidotribo; 2000.
4. Arce C, Ayala G. Fisiología del envejecimiento. Bolivia2012.
5. OMS, OPS. Promover, Actividad física para en envejecimiento Washington: OMS OPS, 2002.
6. Casas Herrero A, Cadore EL, Martínez Velilla N, Izquierdo Redin M. El ejercicio físico en el anciano frágil: una actualización. *Revista española de geriatría y gerontología*. 2015;50(2):74-81.
7. Zech A, Drey M, Freiburger E, Hentschke C, Bauer JM, Sieber CC, et al. Residual effects of muscle strength and muscle power training and detraining on physical function in community-dwelling prefrail older adults: a randomized controlled trial. *BMC geriatrics*. 2012;12:2-8.
8. Hobbs N, Godfrey A, Lara J, Errington L, Meyer TD, Rochester L, et al. Are behavioral interventions effective in increasing physical activity at 12 to 36 months in adults aged 55 to 70 years? A systematic review and meta-analysis. *BMC medicine*. 2013;11:75.
9. Brady AO, Straight CR. Muscle capacity and physical function in older women: What are the impacts of resistance training? *Journal of Sport and Health Science*. 2014;3(3):179-88.
10. Pachón JDS, Villada JFR, Chaparro D, León HH. Revisión sistemática sobre el impacto de la actividad física en los trastornos de la marcha en el adulto mayor. *Apuntes Educación Física y Deportes*. 2014;118(1577-4015):30-9.
11. Cadore EL, Rodríguez-Manas L, Sinclair A, Izquierdo M. Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation research*. 2013;16(2):105-14.
12. Mikel Izquierdo, Cols. Ejercicio físico es salud, prevención y tratamiento de enfermedades mediante la prescripción del ejercicio. España: Edición BH Group; 2013.
13. Faezeh Zamanian, Zahra Sedighi, Sousan Satar, Leila Z. The Role of Aquatic Exercise on strength of quadriceps muscle and falling risk in elderly people. *Research Journal of Sport Sciences*. 2013;1:26-34.
14. Villada JFR, Melo CE, Laverde RG. Análisis de la relación entre la potencia, la capacidad anaeróbica y la velocidad desplazamiento en varones entre 50 y 60 años de edad. *Archivos de Medicina*. 2009;5(5):1-6.
15. Arnold P, Bautmans I. The influence of strength training on muscle activation in elderly persons: a systematic review and meta-analysis. *Experimental gerontology*. 2014;58:58-68.
16. Colado JC, Triplett NT, Tella V, Saucedo P, Abellán J. Effects of aquatic resistance training on health and fitness in postmenopausal women. *Eur J Appl Physiol*. 2009;106:113-22.
17. Ramírez V J. El entrenamiento de la fuerza en mayores de 50 años: consideraciones y perspectivas. *Arch Med Deporte*. 2007;2:16.
18. Izquierdo M, Aguado X. Adaptaciones neuromusculares durante el entrenamiento de fuerza en hombres de diferentes edades. *Apuntes* 2000;55:20-6.
19. Miyoshi T, Shirota T, Yamamoto S, Nakazawa K, Akai M. Functional roles of lower-limb joint moments while walking in water. *Clin Biomech* 2005;20(2):194-201.

20. Colón-Emeric CS, Whitson HE, Pavon J, Hoenig H. Functional Decline in Older Adults. *Am Fam Physician*. 2013;6:388–94.
21. Nikander R, Sievänen H, Heinonen A, Daly RM, Uusi-Rasi K, Kannus P. Targeted exercise against osteoporosis: A systematic review and meta-analysis for optimising bone strength throughout life. *BioMed Central*. 2010;8:1741-7015.
22. Muir JM, Ye C, Bhandari M, Adachi JD, Thabane L. The effect of regular physical activity on bone mineral density in post-menopausal women aged 75 and over: a retrospective analysis from the Canadian multicentre osteoporosis study. *BioMed Central*. 2013;14:1471-2474.
23. Ramirez Villada JF, Leon Ariza HH. Anthropometric, functional and explosive strength characteristics of physically active women over 50 years old in the city of Bogota, Colombia. *Revista espanola de geriatria y gerontologia*. 2012;47(4):148-54.
24. Formacion del ciclista. 2014:[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lar/soto\\_r\\_c/apendiceA.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/soto_r_c/apendiceA.pdf).
25. Riveros M. Efectos del entrenamiento pliometrico en agua sobre la fuerza no sistematizada (tierra), en mujeres fisicamente activas. Bogotá: Universidad Autonoma de Manizales, 2012.
26. Villada JFR, Silva MED, Alonso JLL. Influencia de un programa de entrenamiento con saltos en la fuerza explosiva, la velocidad de movimiento y el equilibrio dinámico de personas mayores. *Revista espanola de geriatria y gerontologia*. 2007;42:218-26.
27. Balsamo S, Henrique da Mota LM, de Santana FS, Cunha Nascimento Dd, Aguiar Bezerra LM, Coscrato Balsamo DO, et al. Treinamento de força versus hidrogenástica: uma análise transversal comparativa da densidade mineral óssea em mulheres na pós-menopausa. *Revista Brasileira de Reumatologia*. 2013;53(2):193-8.
28. Medicine ACoS. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine and science in sports and exercise*. 2009;41(3):687-708.
29. Wang TJ, Belza B, Thompson FE, Whitney JD, K. B. Effects of aquatic exercise on flexibility, strength and aerobic fitness in adults with osteoarthritis of the hip or knee. *J Adv Nurs*. 2007;57:141-52.
30. J. GB, Gorostiaga EM, Arellano R, M. I. Moderate resistance training volume produces more favorable strength gains than or low volumes during a short-term training cycle. *J Stength Cond Res*. 2005;19:689-97.
31. Häkkinen K, A. H. Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 1995;35:137-47.
32. Villada JFR, Montaner BV, Puerto JRG, Silva MED, Nuñez VÁ, Alonso JLL. Características Antropométricas, de Velocidad de Movimiento y Equilibrio Dinámico en Mayores Físicamente Activos. *Archivos de Medicina*. 2006:1-18.
33. Fredy RVJ. The training of the muscle power in persons over 50 years: Considerations and perspectives. *Archivos de Medicina*. 2007;3.
34. Cadore EL, Rodríguez-Man~ L, Sinclair A, Izquierdo1 M. Effects of Different Exercise Interventions on Risk of Falls, Gait Ability, and Balance in Physically Frail Older Adults: A Systematic Review. *Rejuvenation Researc*. 2013;16:105-14.
35. Sandor Balsamoa, Licia Maria Henrique da Motaa, Frederico Santos de Santana, Dahan da Cunha Nascimento, Lídia Mara Aguiar Bezerra, Denise Osti Coscrato Balsamo, et al. Resistance training versus weight-bearing aquatic exercise: a cross-sectional analysis of bone mineral density in postmenopausal women. *Rev Bras Reumat Ol*. 2013;2:193–8.

36. Nikander R, Sievanen H, Heinonen A, Daly RM, Uusi-Rasi K, Kannus P. Targeted exercise against osteoporosis: A systematic review and meta-analysis for optimising bone strength throughout life. *BMC medicine*. 2010;8:47.
37. B Humphries, T Triplett-McBride, R U Newton, S Marshall, R Bronks, J McBride, et al. The Relationship Between Dynamic, Isokinetic and Isometric Strength and Bone Mineral Density in a Population of 45 to 65 Year Old Women. *J Sci Med Sport*. 1999;4:364-74.
38. Jhon F. Ramírez-Villadaa, Henry H. León-Arizab, Yenny P. Argüello-Gutiérrez, Porrás-Ramírez KA. Effect of high impact movements on body composition, strength and bone mineral density on women over 60 years. *Revista española de geriatría y gerontología*. 2015;51(2):68-74.
39. Pereira A, Izquierdo M, Silva AJ, Costa AM, Bastos E, Gonzalez-Badillo JJ, et al. Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Experimental gerontology*. 2012;47(3):250-5.
40. Leite JC, Forte R, de Vito G, Boreham CA, Gibney MJ, Brennan L, et al. Comparison of the effect of multicomponent and resistance training programs on metabolic health parameters in the elderly. *Arch Gerontol Geriatr*. 2015;60(3):412-7.
41. Cadore EL, Casas-Herrero A, Zambom-Ferraresi F, Idoate F, Millor N, Gomez M, et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age*. 2014;36(2):773-85.
42. H. Scott Kieffer, Marie Attanasi Lehman, Daniella Veacock, Korkuch L. The effects of a short-term novel aquatic exercise program on functional strength and performance of older adults. *International Journal of Exercise Science*. 2012; 5(4):321-33.
43. Vale RGdS, Barreto ACG, Novaes JdS, Dantas EHM. Efeitos do treinamento resistido na força máxima, na flexibilidade e na autonomia funcional de mulheres idosas. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*. 2006:52-8.
44. K H, Alden M KM, RU N, WJ K. Neuromuscular adaptation during prolonged strength, detraining and re-strength - training in middle aged and elderly people. *Eur J Appl Physiol*. 2000;83:51-62.
45. Ramírez-Villada JF, León-Ariza HH, Argüello-Gutiérrez YP, Porrás-Ramírez KA. Efecto de los movimientos explosivos y de impacto aplicados en piscina sobre la composición corporal, la fuerza y la densidad mineral ósea de mujeres mayores de 60 años. *Revista española de geriatría y gerontología*. 2015;51(2):68-74.
46. da Silva JG, Cader SA, Dopico X, Iglesias Soler E, Martin Dantas EH. Strength training, level of muscular strength and functional autonomy in a population of elderly women. *Revista española de geriatría y gerontología*. 2009;44(5):256-61.
47. Casas HA, Cols. El ejercicio físico en el anciano frágil: una actualización. *Rev Esp Geriatria Gerontol*. 2015:74-81.
48. Rodríguez-Berzal E, Ara Royo I, Mata Gómez de Ávila E, Aguado Jódar X. Capacidad de salto y equilibrio en jóvenes y ancianos físicamente activos. *Apuntes Medicina de l'Esport*. 2012;47(175):83-9.
49. Lim HS, Yoon S. The Influence of Short-term Aquatic Training on Obstacle Crossing in Gait by the Elderly. *J Phys Ther Sci*. 2014;26:1219-22.
50. R. FG, Vera ILD. Biomecánica de músculo. Universidad Autónoma de Manizales [Internet]. 2014:[1-20 pp.].
51. Villada JFR. Fuerza muscular, funcionalidad y envejecimiento: condiciones y perspectivas para su incorporación en los modelos de intervención. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomás; 2011.

52. Granel JC, Cervera VR. Control de la fuerza. 2003. In: Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento [Internet]. España INDE; [98-100]. Available from: [https://books.google.es/books?id=0OUzKQPywqoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=0OUzKQPywqoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).
53. Izquierdo Redin M, editor. Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte. Buenos Aires: Panamericana; 2008.
54. Ramirez JHL. Fisiología del envejecimiento. Bogotá, Colombia: CELSUS; 2012.
55. Shapira MC. Sistema Muscular In: Celsus EM, editor. Fisiología del envejecimiento. 2. Colombia 2012. p. 139-43.
56. Jhon Fredy Ramírez Villada, Marzzo Edir Da Silva, Alonso JLL. Influencia de un programa de entrenamiento con saltos en la fuerza explosiva, la velocidad de movimiento y el equilibrio dinámico de personas mayores. *Geriatrics & gerontology international*. 2007;42(4):218-26.
57. Ramirez-Campillo R, Castillo A, de la Fuente CI, Campos-Jara C, Andrade DC, Alvarez C, et al. High-speed resistance training is more effective than low-speed resistance training to increase functional capacity and muscle performance in older women. *Experimental gerontology*. 2014;58:51-7.
58. Heyward V. Evaluación de la aptitud muscular In: Panamericana EM, editor. Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio. 5. Madrid, España 2006. p. 117-35.
59. Mendoza AIA, Santamaria TJB, Urrego VG, Restrepo JPR, García MCZ. Marcha: descripción, métodos, herramientas

de evaluación y parámetros de normalidad

reportados en la literatura. Gait: description, methods, assessment tools and normality parameters reported in the literature. *CES Movimiento y Salud*. 2013;1:29-43.

60. Gomez JF. Marcha y equilibrio. In: Celsus EM, editor. Fisiología del envejecimiento. Colombia: CELSUS; 2012. p. 149-64.
61. Osorio JH, Valencia MH. Bases para el entrenamiento del proceso de la marcha humana *Archivos de Medicina* 2013;13:88-96.
62. Pau M, Leban B, Collu G, Migliaccio GM. Effect of light and vigorous physical activity on balance and gait of older adults. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2014;59:568–73.
63. Cámara J. GAIT ANALYSIS: PHASES AND SPATIO-TEMPORAL VARIABLES. *Entramado*. 2011;7:160-73.
64. Vázquez SC. DESARROLLO DE LA MARCHA. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud*. 2005;3:1-13.
65. Granacher U, Wolf I, Wehrle A, Bridenbaugh S, Kressig RW. Effects of muscle fatigue on gait characteristics under single and dual-task conditions in young and older adults. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2010;7:56.
66. Bovi G, Rabuffetti M, Mazzoleni P, Ferrarin M. A multiple-task gait analysis approach: kinematic, kinetic and EMG reference data for healthy young and adult subjects. *Gait & posture*. 2011;33(1):6-13.
67. Knee flexors extensors in gait of elderly and young able-bodied men (II). *The Knee*. 2002;9:55-63.

68. Schwartz MH, Rozumalski A. The Gait Deviation Index: a new comprehensive index of gait pathology. *Gait & posture*. 2008;28(3):351-7.
69. Ruiz Torres A. Sobre los cambios osteoarticulares del envejecimiento (I). Efecto de la tensión muscular en el metabolismo del colágeno óseo y en el desarrollo de la deformidad articular de la osteoporosis experimental. *Revista española de geriatría y gerontología*. 2002;37:311-5.
70. Jorge Hernan Lopez Ramirez, Jauregui JR. Generalidades In: Celsus EM, editor. *Fisiología del envejecimiento*. Bogotá, Colombia: CELSUS; 2012. p. 7,8,9.
71. Pernambuco CS, Borba-Pinheiro CJ, Vale RG, Di Masi F, Monteiro PK, Dantas EH. Functional autonomy, bone mineral density (BMD) and serum osteocalcin levels in older female participants of an aquatic exercise program (AAG). *Arch Gerontol Geriatr*. 2013;56(3):466-71.
72. Pillard F, Laoudj-Chenivesse D, Carnac G, Mercier J, Rami J, Riviere D, et al. Physical activity and sarcopenia. *Clinics in geriatric medicine*. 2011;27(3):449-70.
73. Radillo AL. Teorías del envejecimiento. In: Celsus EM, editor. *Fisiología del envejecimiento*. Colombia 2012. p. 12-7.
74. García AMA, Maya ÁMS. Análisis del concepto de envejecimiento. *Gerokomos*. 2014;25(2):57-62.
75. Correa CS, Baroni BM, Radaelli R, Lanferdini FJ, Cunha GDS, Reischak-Oliveira Á, et al. Effects of strength training and detraining on knee extensor strength, muscle volume and muscle quality in elderly women. *American Aging Association*. 2013;35:1899–904.
76. Colado JC, Garcia-Masso X, Rogers ME, Tella V, Benavent J, Dantas EH. Effects of aquatic and dry land resistance training devices on body composition and physical capacity in postmenopausal women. *Journal of human kinetics*. 2012;32:185-95.
77. Sánchez JCC. Contextualización, de finición y características de la gimnasia acuática. *Apunts*. 2002;70:64-76.
78. Oh S, Lim JM, Kim Y, Kim M, Song W, Yoon B. Comparison of the effects of water- and land-based exercises on the physical function and quality of life in community-dwelling elderly people with history of falling: a single-blind, randomized controlled trial. *Arch Gerontol Geriatr*. 2015;60(2):288-93.
79. Suomi R, Kocejka DM. Postural sway characteristics in women with lower extremity arthritis before and after an aquatic exercise intervention. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2000;81(6):780-5.
80. Sun F, Norman I, While A. Physical activity in older people: a systematic review. *BMC Public Health*. 2013:1-17.
81. Gaines MBP. *Actividades Acuáticas*  
Ejercicios de notificación, cardiovasculares y de rehabilitación. 2 segunda edición ed. Paidotribo, editor. Barcelona 2000.
82. Krodel T. *Aqua-fitness*. España: Hispano Europea; 2011.
83. Katsura Y, Yoshikawa T, Ueda SY, Usui T, Sotobayashi D, Nakao H, et al. Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(5):957-64.
84. Avelar NCR, Alessandra C B, Marcus A A, Gomes WF. Efetividade do treinamento de resistencia à fadiga dos músculos dos membros inferiores dentro e fora d'água no equilíbrio estático e dinâmico de idosos. *Rev Bras Fisioter Sao Carlos*. 2010;14:229-36.

85. Gowitzke BA, Milner M. El cuerpo y sus movimientos, bases científicas. Barcelona PAIDOTRIBO; 1999.
86. Antonio Viladot Voegeli, Balagué Vives E, S RR. Biomecánica del musculo. In: Springer, editor. Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor. España: SPRINGER; 2001. p. 91.3.
87. Vived AM. Fundamentos de fisiología de la actividad física y el deporte: Buenos Aires; 2005.
88. ISAK. The International Society for the Advancement of Kinanthropometry England2015 [cited 2015 24 de agosto ]. Available from: <http://www.isakonline.com/>.
89. Lim HS, Roh SY, Yoon S. An 8-week Aquatic Exercise Program is Effective at Improving Gait Stability of the Elderly. *J Phys Ther Sci*. 2013;25:1467–70.
90. Sampieri RH, Collado CF, Lucio PB. Metodología de la investigación. 4, editor. Mexico: Mc Graw-Hill Interamericana; 2006.
91. Goods H. How bioelectric impedance analysis works 2016 [cited 2016 15 agosto]. Available from: <http://www.healthgoods.com/mobile/Product.aspx?ProductCode=ON-HBF510W>.
92. Jaric S. Muscle Strength Testing, use of normalisation for body Size. *Sports Med*. 2002;32:615-31.
93. Piirainen JM, Linnamo V, Sippola N, Avela J. Neuromuscular function during drop jumps in young and elderly males. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 2012;22(6):852-8.
94. Health Ws. Women´s health 2009 [cited 2016 15 agosto]. Available from: <http://www.womenshealthmag.com/fitness/squat-jumps>.
95. Publica EM. Indicadores de riesgo epidemiológico Chile2007 [cited 2016 16 agosto]. Available from: <http://escuela.med.puc.cl/recursos/recepidem/IndEpi4.htm>.
96. Socrates A. Riesgo relativo y Odds ratio ¿Que son y como se interpretan? *ReseachGate*. 2010;5:51-4.
97. Armando Sánchez Jaeger, Barón MA. Uso de la bioimpedancia eléctrica para la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes. *An Venez Nutr*. 2009;22:105-10.
98. Aleman-Mateo H, Carreon VR, Macias L, Astiazaran-Garcia H, Gallegos-Aguilar AC, Enriquez JR. Nutrient-rich dairy proteins improve appendicular skeletal muscle mass and physical performance, and attenuate the loss of muscle strength in older men and women subjects: a single-blind randomized clinical trial. *Clinical interventions in aging*. 2014;9:1517-25.
99. Jose Antonio Lopez Calbet, Julio Jiménez Ramírez, Ortiz RA. Factores estructurales determinantes de la fuerza muscular: metodos de estudio. *Consejo superiore de deportes*. 1999;21:26-55.
100. Straight CR, Brady AO, Evans E. Sex-specific relationships of physical activity, body composition, and muscle quality with lower-extremity physical function in older men and women. *Menopause*. 2015;22(3):297-303.
101. Singh H, Kim D, Kim E, Bemben MG, Anderson M, Seo DI, et al. Jump test performance and sarcopenia status in men and women, 55 to 75 years of age. *Journal of geriatric physical therapy*. 2014;37(2):76-82.
102. Martyn St James M, Carroll S. High-intensity resistance training and postmenopausal bone loss: a meta-analysis. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*. 2006;17(8):1225-40.
103. Piirainen JM, Cronin NJ, Avela J, Linnamo V. Effects of plyometric and pneumatic explosive strength training on neuromuscular function and dynamic balance control in 60-70year old males.

Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology. 2014;24(2):246-52.

104. Cristina Cadenas Sánchez, Raúl Arellano, Contreras GL. Revisión de la biomecánica de la marcha en medio acuático vs. terrestre review of gait biomechanics in aquatic vs. land environment. Retos. 2015;28:128-33.

105. World Medical Association Declaration of Hel-sinki: Ethical principles for medical research involving human subjects, 310 (2013).

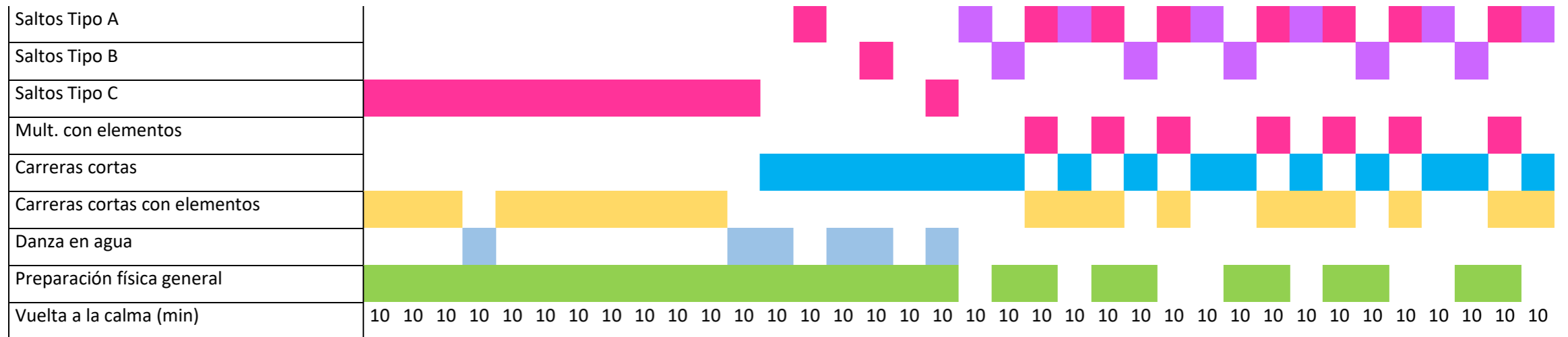
106. Ministerios de Salud: Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, 008430 (1993).

## 15.1. Anexos

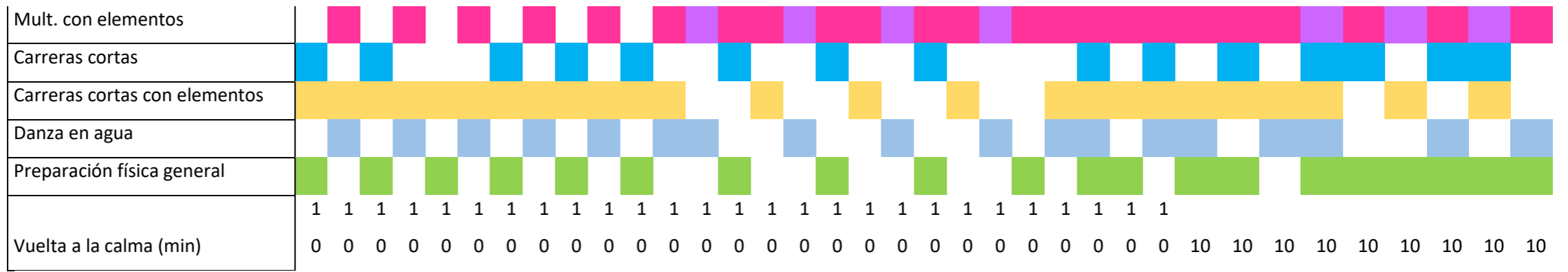
### Anexo 1: Plan de entrenamiento detallado por sesión

Mes	septiembre									Octubre									Noviembre																							
Micro	Micro 1			Micro 2			Micro 3			Micro 4			Micro 4			Micro 4			Micro 4																							
Descripción	Adaptación al medio acuático									Adaptación anatómica									Acond. Físico General																							
Semana	s1			s2			s3			s4			s5			s6			s7			s8			s9																	
Frecuencia	3			3			3			3			3			3			3			3																				
Sesión	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36															
Duración	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h															
Intensidad (%)	30	30	30	40	40	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	60	60	70	70	50	50	60	60	70	70															
Ejercicios																																										
Calentamiento (min)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20															
Estiramiento (min)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5															
Miultisaltos verticales	■																																									
Multisaltos Horizontales	■																											■			■			■			■			■		
Saltos Tipo A	■			■						■									■			■			■																	
Saltos Tipo B	■			■						■									■			■			■																	
Saltos Tipo C	■																											■			■			■			■			■		
Mult. con elementos	■			■						■									■			■			■																	





Mes	Marzo														Abril							Mayo																			
Micro	Micro 7														Micro 8							Micro 9							Micro 10												
Descripción	F. Resistencia y Explosiva														F. Hipertrofia							F. Explosiva potencia							F. Explosiva potencia												
Semana	s22	s23	s24	s25	s26	s27	s28	s29	s30	s31	s32	s33	s22	s23	s24	s25	s26	s27	s28	s29	s30	s31	s32	s33	s30	s31	s32	s33	s34	s35	s36	s37	s32	s33	s34	s35					
Frecuencia	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
Sesión	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10				
Duración	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h	1h			
Intensidad (%)	80	80	70	70	60	60	50	50	60	60	70	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Ejercicios																																									
Calentamiento (min)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Estiramiento (min)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Miultisaltos verticales	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		
Miultisaltos Horizontales																																									
Saltos Tipo A																																									
Saltos Tipo B																																									
Saltos Tipo C																																									



los saltos varían según la dificultad en la ejecución, se tiene en cuenta grado de flexión, y se si realizan con o sin desplazamiento

saltos tipo A: flexión de rodillas a 120° y 90°, saltos en el mismo puesto

saltos tipo B: flexión de rodillas a 120° y 90°, saltos con desplazamientos

saltos tipo C: la combinación de saltos tipo A mas saltos tipo B.

## Anexo 2: Formulario para la práctica en programa de actividad física

### FORMULARIO PARA LA PRACTICA EN PROGRAMAS DE ACTIVIDAD FISICA INVESTIGACIÓN EN ADULTO MAYOR.

Nombres y apellidos: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_  
Teléfono fijo: \_\_\_\_\_  
Teléfono celular: \_\_\_\_\_  
Correo electrónico: \_\_\_\_\_

El siguiente cuestionario tiene como fin investigar las condiciones de salud que lo (a) caracterizan y que puedan afectar de alguna manera su participación periódica en programas deportivos o recreativos. Sus respuestas serán manejadas de manera confidencial. Por favor lea cuidadosamente las siguientes preguntas y respóndalas con honestidad: debe marcar con una "X" (equis) sobre la casilla marcada como SI o NO.

- | SI                       | NO                       |  |
|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1. ¿Su médico le ha dicho que tiene algún problema en el corazón y sólo debe realizar ejercicio físico bajo su supervisión?                        |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2. ¿Ha presentado dolor o molestia en el pecho cuando realiza ejercicio físico?  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 3. ¿En el último mes presentó dolor en el pecho (estando en reposo)?   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 4. ¿Le han practicado exámenes de sangre y glicemia antes de entrar en el programa de ejercicio?   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 5. ¿Le han tomado un electrocardiograma antes de entrar en el programa de ejercicio?<br>Fecha _____  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 6. ¿A usted le han practicado una prueba de esfuerzo antes de entrar en el programa?<br>Fecha _____  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 7. ¿Usted presenta palpitaciones o taquicardia estando en reposo?  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 8. ¿Usted pierde su balance o equilibrio a causa de mareo y vértigo, (con o sin pérdida de conciencia)?  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 9. ¿Tiene algún problema en algún hueso o articulación que pueda empeorar con el ejercicio?<br>Describe el hueso o articulación: _____             |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 10. ¿Usted presenta problemas en la columna vertebral?   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 11. ¿Su médico le ha formulado alguna medicación para su presión arterial o para su corazón?<br>No, pero por prevención consume 1 aspirina diaria. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 12. ¿Usted presenta falta inusual de aire o dificultad respiratoria cuando realiza ejercicio físico?   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 13. ¿Alguna vez ha despertado durante la noche sintiendo falta de aire?  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 14. ¿Se le hinchan con frecuencia los pies, tobillos o piernas?  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 15. ¿Sufre de varices?   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 16. ¿Sufre diabetes diagnosticada? Describir el tipo _____   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 17. ¿Tose con frecuencia? ¿Le han diagnosticado alguna enfermedad respiratoria?  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 18. ¿Fumó alguna vez en su vida? Cantidad de meses _____, Hace muchos años que dejó de fumar _____   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 19. ¿Sufre de alteraciones del colesterol o triglicéridos?   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 20. ¿Conoce alguna otra razón por la cual no deba realizar ejercicio físico? Describir al revés del formato. _____                                 |
|                          |                          | 21. ¿Cuántas veces a la semana practica ejercicio físico periódico? _____ veces por semana.  |
|                          |                          | 22. ¿Cuánto dura su sesión de ejercicio físico? Hora _____, minutos _____  |
|                          |                          | 23. Anote el tiempo que lleva realizando ejercicio físico. Años _____  |

YO \_\_\_\_\_, IDENTIFICADO/A CON CÉDULA DE CIUDADANÍA NÚMERO \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ AFIRMO QUE HE LEÍDO Y RESPONDIDO CON TODA FRANQUEZA LAS ANTERIORES PREGUNTAS.

FIRMA DEL PACIENTE

\_\_\_\_\_

### Anexo 3: Formulario de consentimiento informado

#### **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

La Universidad Santo Tomás, la Universidad Manuela Beltrán, la Escuela Colombiana de Rehabilitación, la Universidad del Rosario y la Universidad de la Sabana en trabajo colaborativo llevan a cabo la investigación “*Efecto del entrenamiento pliométrico en agua y tierra sobre la funcionalidad de mujeres postmenopáusicas mayores de 55 años*” el cual requiere evaluar las diferentes áreas como composición corporal; valoración neuromuscular, velocidad – agilidad, equilibrio dinámico y biomecánica de la marcha; quien firma al final del presente documento lo hace de manera voluntaria aceptando las valoraciones que se presentan a continuación.

*Valoración Neuromuscular:* Consiste en realizar acciones de extensión (leg press) y flexión (curl leg) de miembros inferiores acompañando los registros con electromiografía de superficie.

*Valoración Velocidad – Agilidad:* Consiste en recorrer un trayecto de línea recta de 30 metros. El trayecto será dividido en 4 recorridos de 7,5 metros completados en forma continua hasta lograr 30 metros totales en el menor tiempo posible.

*Valoración Equilibrio Dinámico:* El individuo debe recorrer de espaldas un trayecto de 6 metros a lo largo de una línea recta dibujada en el suelo. El recorrido debe realizarse en el menor tiempo posible y se consideran fallos dar pasos largos, salirse de la línea recta y no tocar la cara posterior del talón del pie de apoyo que se esté empleando.

*Valoración Biomecánica de la Marcha:* Este estudio permite conocer si la forma de pisar es correcta y si tiene relación con determinadas patologías, pudiendo prevenir la aparición de futuras lesiones musculares y óseo articulares. El uso de

cámaras frontales y laterales permitirá examinar la biomecánica del gesto de la marcha.

Valoración Cardiovascular: Medición de la frecuencia cardiaca mediante un frecuencímetro en dos momentos: primero, cuando el individuo esta en reposo por 10 minutos y segundo, 10 minutos después de ponerse en pie.

### **Riesgos y Molestias**

Los procedimientos descritos anteriormente no son invasivos en ninguna de sus etapas y su porcentaje de riesgo es mínimo. Sin embargo, es posible que genere algún tipo de molestia muscular o articular momentánea, la cual deberá ser reportada inmediatamente al equipo profesional encargado de las mismas.

Asimismo, el paciente podrá detener la prueba si en algún momento lo cree pertinente, sin embargo, al ser un criterio indispensable para la investigación, si el paciente no cuenta con todos los exámenes y pruebas requeridas, no podrá participar en el programa.

### **Beneficios de las Pruebas**

Estas pruebas permiten evaluar el estado de salud de los pacientes en diversas áreas; sus resultados serán estrictamente confidenciales y utilizados únicamente para fines científicos. Las valoraciones médicas, entrenamiento y demás procedimientos son completamente gratis.

### **Preguntas**

El personal a cargo de la investigación está disponible para solucionar cualquier inquietud o pregunta que tenga frente a los procedimientos ya descritos. Si requiere más información por favor contáctenos

Yo, \_\_\_\_\_ con c.c. \_\_\_\_\_ el día \_\_\_\_ del mes \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

EPS: \_\_\_\_\_

En caso de Emergencia comunicarse con: \_\_\_\_\_

Tel \_\_\_\_\_

Anexo 4: Formato de dolor muscular

**EVACUACIÓN DEL DOLOR MUSCULAR**

*“Proyecto efecto de un programa de movimientos explosivos y de impacto aplicados en agua sobre la marcha de mujeres mayores de 60 años”*

Por medio de este cuestionario se pretende realizar la valoración del dolor muscular que presenta el paciente, teniendo en cuenta los aspectos sensoriales, e intensidad del dolor.

Nombre: \_\_\_\_\_ Grupo: GE \_\_\_\_ GC \_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

1. Localización del dolor

Impreciso (1)	Bien delimitado (2)	Extenso (3)
---------------	---------------------	-------------

Comentario: \_\_\_\_\_

2. Descripción y cambios del dolor

Escoger una sola palabra que mejor defina el tipo de dolor que padece en este momento.

DOLOR	CAMBIOS			INTENSIDAD		
	<i>Continuo o A golpes (1)</i>	<i>Rítmico Periódico Intermitente (2)</i>	<i>Breve Momentánea o Transitorio (3)</i>	<i>Ligero (1)</i>	<i>Moderado (2)</i>	<i>Severo (3)</i>

Tiembla						
Palpita						
Brinco						
Pincha						
Agudo						
Cortante						
Acalambre						
Pellizca						
Tira						
Tracción						
Arranca						
Quema						
Hormigueo						
Irradia						
Entumecido						

Puntuación

- A. De 1-6 el manejo se rara con el profesional que aplica el programa en campo
- B. De 7 en adelante el manejo se remitirá al paciente al equipo biomédico del proyecto.

## Anexo 5: Análisis estadístico

### 1. Prueba de normalidad

**Pruebas de normalidad**

	Grupo estudio	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
años	control	,097	26	,200*	,960	26	,393
	experimental	,192	24	,022	,911	24	,037
kg	control	,137	26	,200*	,958	26	,358
	experimental	,136	24	,200*	,971	24	,700
m	control	,122	26	,200*	,968	26	,571
	experimental	,211	24	,007	,888	24	,012
IMC	control	,085	26	,200*	,975	26	,760
	experimental	,128	24	,200*	,933	24	,115
cm	control	,166	26	,063	,922	26	,050
	experimental	,147	24	,194	,909	24	,034
grasa	control	,106	26	,200*	,963	26	,454
	experimental	,133	24	,200*	,912	24	,040
magra	control	,108	26	,200*	,962	26	,436
	experimental	,137	24	,200*	,904	24	,027
SJ PmaxF impulso	control	,138	26	,200*	,954	26	,291
	experimental	,108	24	,200*	,973	24	,751
SJ PmaxF aterrizaje	control	,175	26	,038	,919	26	,044
	experimental	,138	24	,200*	,952	24	,304
SJ tiempo vuelo	control	,073	26	,200*	,987	26	,981
	experimental	,121	24	,200*	,955	24	,340

SJ altura	control	,088	26	,200*	,976	26	,770
	experimental	,111	24	,200*	,953	24	,311
SJ potencia	control	,120	26	,200*	,974	26	,726
	experimental	,122	24	,200*	,970	24	,669
CMJ PmaxF impulso	control	,180	26	,030	,884	26	,007
	experimental	,179	24	,045	,959	24	,412
CMJ PmaxF aterrizaje	control	,179	26	,032	,900	26	,016
	experimental	,108	24	,200*	,975	24	,794
CMJ tiempo vuelo	control	,095	26	,200*	,950	26	,235
	experimental	,117	24	,200*	,953	24	,317
CMJ altura	control	,112	26	,200*	,901	26	,017
	experimental	,091	24	,200*	,969	24	,641
CMJ potencia	control	,108	26	,200*	,961	26	,416
	experimental	,116	24	,200*	,981	24	,922
ABK PmaxF impulso	control	,095	26	,200*	,979	26	,853
	experimental	,174	24	,057	,919	24	,055
ABK PmaxF aterrizaje	control	,149	26	,140	,932	26	,087
	experimental	,142	24	,200*	,924	24	,071
ABK tiempo vuelo	control	,079	26	,200*	,989	26	,990
	experimental	,117	24	,200*	,919	24	,055
ABK altura	control	,099	26	,200*	,973	26	,707
	experimental	,112	24	,200*	,940	24	,162
ABK potencia	control	,133	26	,200*	,957	26	,333
	experimental	,097	24	,200*	,973	24	,740
PI Fmax apoyo talón	control	,163	26	,075	,949	26	,219
	experimental	,105	24	,200*	,971	24	,704

PI Fmax doble apoyo	control	,095	26	,200*	,977	26	,793
	experimental	,158	24	,125	,906	24	,029
PI Fmax despegue dedos	control	,089	26	,200*	,983	26	,936
	experimental	,114	24	,200*	,964	24	,523
PD Fmax apoyo talón	control	,138	26	,200*	,946	26	,188
	experimental	,088	24	,200*	,981	24	,909
PD Fmax doble apoyo	control	,082	26	,200*	,986	26	,968
	experimental	,119	24	,200*	,951	24	,291
PD Fmax despegue dedos	control	,120	26	,200*	,957	26	,341
	experimental	,103	24	,200*	,972	24	,722
desplazamiento transversal	control	,165	26	,066	,879	26	,005
	experimental	,125	24	,200*	,920	24	,058
Desplazamiento log.	control	,412	26	,000	,386	26	,000
	experimental	,134	24	,200*	,950	24	,271

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

\*