

Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS EFECTOS TERAPÉUTICOS
QUE PRESENTA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO HALLIWICK
EN ADULTOS MAYORES CON EDADES DE 60 A 75 AÑOS
QUE PRESENTAN DEBILIDAD MUSCULAR POR
SÍNDROME DE FRAGILIDAD



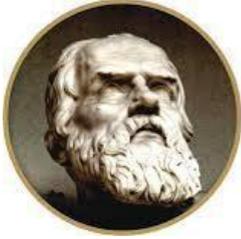
Que Presenta

Esther Alejandra Marroquín Monroy

Ponente

Ciudad de Guatemala, Guatemala.

2024.



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS EFECTOS TERAPÉUTICOS
QUE PRESENTA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO HALLIWICK
EN ADULTOS MAYORES CON EDADES DE 60 A 75 AÑOS
QUE PRESENTAN DEBILIDAD MUSCULAR POR
SÍNDROME DE FRAGILIDAD**



Tesis profesional para obtener el Título de
Licenciado en Fisioterapia

Que Presenta

Esther Alejandra Marroquín Monroy

Ponente

LFT. Lidia Marisol de León Sinay

Director de Tesis

Licda. María Isabel Díaz Sabán

Asesor Metodológico

Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2024.

INVESTIGADORES RESPONSABLES

Ponente

Esther Alejandra Marroquín Monroy

Director de Tesis

LFT. Lidia Marisol de León Sinay

Asesor Metodológico

Licda. María Isabel Díaz Sabán



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 16 de marzo 2024

Estimada alumna:
Esther Alejandra Marroquín Monroy

Presente.

Respetable:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Revisión bibliográfica de los efectos terapéuticos que presenta la aplicación del Método Halliwick en adultos mayores con edades de 60 a 75 años que presentan debilidad muscular por síndrome de fragilidad”** correspondiente al Examen General Privado de la Carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por usted, ha dictaminado dar por APROBADO el mismo.

Aprovecho la oportunidad para felicitarla y desearle éxito en el desempeño de su profesión.

Atentamente,

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Lic. Haly Guadalupe
Cristina Caxaj Interiano
Secretario

Lic. Diego Estuardo
Jiménez Rosales
Presidente

Lic. Lidia Marisol de
León Sinay
Examinador



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 11 de mayo 2022

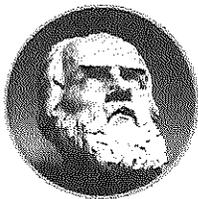
Doctora
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo
Respetable Doctora Chávez:

Tengo el gusto de informarle que he realizado la revisión de trabajo de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica de los efectos terapéuticos que presenta la aplicación del Método Halliwick en adultos mayores con edades de 60 a 75 años que presentan debilidad muscular por síndrome de fragilidad”** de la alumna **Esther Alejandra Marroquín Monroy**

Después de realizar la revisión del trabajo he considerado que cumple con todos los requisitos técnicos solicitados, por lo tanto, la autora y el asesor se hacen responsables del contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente

Lic. Lidia Marisol de León Sinay
Asesor de tesis
IPETH – Guatemala



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 13 de mayo 2022

Doctora
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que la alumna **Esther Alejandra Marroquín Monroy** de la Licenciatura en Fisioterapia, culminó su informe final de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica de los efectos terapéuticos que presenta la aplicación del Método Halliwick en adultos mayores con edades de 60 a 75 años que presentan debilidad muscular por síndrome de fragilidad”** Ha sido objeto de revisión gramatical y estilística, por lo que puede continuar con el trámite de graduación. Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón

Revisor Lingüístico
IPETH- Guatemala



IPETH, INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES A.C.
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA COTEJO DE TESINA

DIRECTOR DE TESINA

Nombre del Director: LFT. Lidia Marisol de León Sinay
Nombre del Estudiante: Esther Alejandra Marroquín Monroy
Nombre de la Tesina/sis: Revisión bibliográfica de los efectos terapéuticos que presenta la aplicación del Método Halliwick en adultos mayores con edades de 60 a 75 años que presentan debilidad muscular por Síndrome de fragilidad
Fecha de realización: Otoño 2022

Instrucciones: Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA

No.	Aspecto a Evaluar	Registro de Cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1.	El tema es adecuado a sus Estudios de Licenciatura.	X		
2.	El título es claro, preciso y evidencia claramente la problemática referida.	X		
3.	La identificación del problema de investigación plasma la importancia de la investigación.	X		
4.	El problema tiene relevancia y pertinencia social y ha sido adecuadamente explicado junto con sus interrogantes.	X		
5.	El resumen es pertinente al proceso de investigación.	X		
6.	Los objetivos tanto generales como específicos han sido expuestos en forma correcta, en base al proceso de investigación realizado.	X		
7.	Justifica consistentemente su propuesta de estudio.	X		
8.	El planteamiento es claro y preciso. claramente en qué consiste su problema.	X		

9	La pregunta es pertinente a la investigación realizada.	X		
10.	Los objetivos tanto generales como específicos, evidencia lo que se persigue realizar con la investigación.	X		
11.	Sus objetivos fueron verificados.	X		
12	Los aportes han sido manifestados en forma correcta.	X		

13.	Los resultados evidencian el proceso de investigación realizado.	X		
14.	Las perspectivas de investigación son fácilmente verificables.	X		
15.	Las conclusiones directamente derivan del proceso de investigación realizado	X		
16.	El capítulo I se encuentra adecuadamente estructurado en base a los antecedentes que debe contener.	X		
17.	En el capítulo II se explica y evidencia de forma correcta el problema de investigación.	X		
18.	El capítulo III plasma el proceso metodológico realizado en la investigación.	X		
19.	El capítulo IV proyecta los resultados, discusión, conclusiones y perspectivas pertinentes en base a la investigación realizada.	X		
20.	El señalamiento a fuentes de información documentales y empíricas es el correcto.	X		
21.	Permite al estudiante una proyección a nivel investigativo.	X		

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución



LFT. Lidia Marisol de León Sinay



IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES A.C.
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA DE COTEJO TESINA

ASESOR METODOLÓGICO

Nombre del Asesor: Licda. María Isabel Díaz Sabán
Nombre del Estudiante: Esther Alejandra Marroquín Monroy
Nombre de la Tesina/sis: Revisión bibliográfica de los efectos terapéuticos que presenta la aplicación del Método Halliwick en adultos mayores con edades de 60 a 75 años que presentan debilidad muscular por Síndrome de fragilidad
Fecha de realización: Otoño 2022

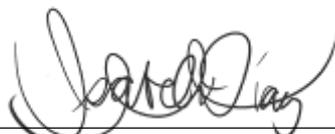
Instrucciones: Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA

No.	Aspecto a evaluar	Registro de cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1	Formato de Página			
a.	Hoja tamaño carta.	X		
b.	Margen superior, inferior y derecho a 2.5 cm.	X		
c.	Margen izquierdo a 3.0 cm.	X		
d.	Orientación vertical excepto gráficos.	X		
e.	Paginación correcta.	X		
f.	Números romanos en minúsculas.	X		
g.	Página de cada capítulo sin paginación.	X		
h.	Todos los títulos se encuentran escritos de forma correcta.	X		
i.	Times New Roman (Tamaño 12).	X		
j.	Color fuente negro.	X		
k.	Estilo fuente normal.	X		
l.	Cursivas: Solo en extranjerismos o en locuciones.	X		
m.	Texto alineado a la izquierda.	X		
n.	Sangría de 5 cm. Al iniciar cada párrafo.	X		
o.	Interlineado a 2.0	X		
p.	Resumen sin sangrías.	X		
2.	Formato Redacción			
a.	Sin faltas ortográficas.	X		
b.	Sin uso de pronombres y adjetivos personales.	X		
c.	Extensión de oraciones y párrafos variado y medido.	X		
d.	Continuidad en los párrafos.	X		
e.	Párrafos con estructura correcta.	X		
f.	Sin uso de gerundios (ando, iendo)	X		
g.	Correcta escritura numérica.	X		
h.	Oraciones completas.	X		

i.	Adecuado uso de oraciones de enlace.	X		
j.	Uso correcto de signos de puntuación.	X		
k.	Uso correcto de tildes.	X		
l.	Empleo mínimo de paréntesis.	X		
m.	Uso del pasado verbal para la descripción del procedimiento y la presentación de resultados.	X		
n.	Uso del tiempo presente en la discusión de resultados y las conclusiones.	X		
3.	Formato de Cita	Si	No	Observaciones
a.	Empleo mínimo de citas.	X		
b.	Citas textuales o directas: menores a 40 palabras, dentro de párrafo u oración y entrecomilladas.	X		
c.	Citas textuales o directas: de 40 palabras o más, en párrafo aparte, sin comillas y con sangría de lado izquierdo de 5 golpes.	X		
d.	Uso de tres puntos suspensivos dentro de la cita para indicar que se ha omitido material de la oración original. Uso de cuatro puntos suspensivos para indicar cualquier omisión entre dos oraciones de la fuente original.	X		
4.	Formato referencias	Si	No	Observaciones
a.	Correcto orden de contenido con referencias.	X		
b.	Referencias ordenadas alfabéticamente.	X		
c.	Correcta aplicación del formato APA 2016.	X		
5.	Marco Metodológico	Si	No	Observaciones
a.	Agrupó, organizó y comunicó adecuadamente sus ideas para su proceso de investigación.	X		
b.	Las fuentes consultadas fueron las correctas y de confianza.	X		
c.	Seleccionó solamente la información que respondiese a su pregunta de investigación.	X		
d.	Pensó acerca de la actualidad de la información.	X		
e.	Tomó en cuenta la diferencia entre hecho y opinión.	X		
f.	Tuvo cuidado con la información sesgada.	X		
g.	Comparó adecuadamente la información que recopiló de varias fuentes.	X		
h.	Utilizó organizadores gráficos para ayudar al lector a comprender información conjunta.	X		
i.	El método utilizado es el pertinente para el proceso de la investigación.	X		
j.	Los materiales utilizados fueron los correctos.	X		
k.	El estudiante conoce la metodología aplicada en su proceso de investigación.	X		

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución



Licenciada María Isabel Díaz Sabán

DICTAMEN DE TESINA

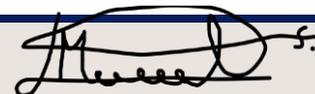
Siendo el día 13 del mes de Mayo del año 2022.

Acepto la entrega de mi Título Profesional, tal y como aparece en el presente formato.

Los C.C

Director de Tesina
Función

LFT. Lidia Marisol de León Sinay



Asesor Metodológico
Función

Licda. María Isabel Díaz Sabán



Coordinador de Titulación
Función

LFT. Diego Estuardo Jiménez Rosales



Autorizan la tesina con el nombre de:

Revisión bibliográfica de los efectos terapéuticos que presenta la aplicación del Método Halliwick en adultos mayores con edades de 60 a 75 años que presentan debilidad muscular por Síndrome de fragilidad

Realizada por el estudiante:

Esther Alejandra Marroquín Monroy

Para que pueda realizar la segunda fase de su Examen Privado y de esta forma poder obtener el Título y Cédula Profesional como Licenciado en Fisioterapia.



IPETH®
Titulación Campus Guatemala
Firma y Sello de Coordinación de Titulación

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a Dios, por haber puesto el sueño de trabajar en el área de salud, dentro de mi corazón. Toda la Gloria y honra sean para Él. Dedico también esta tesis a todos los pacientes que tendré la oportunidad de atender, el área de investigación es para ellos. Por último, pero no menos importante, dedico esta revisión bibliográfica a la evolución de esta profesión y al arte que representa ser Fisioterapeuta.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por darme la fuerza, inteligencia y perseverancia para cumplir mi sueño de ser Fisioterapeuta y culminar una etapa más. A mis padres, quienes hicieron el esfuerzo por financiar mi carrera universitaria y, a todas las personas que han sido de apoyo económica, emocional, académica y personalmente para alcanzar esta meta que representa el inicio de mi carrera profesional.

Esther Alejandra Marroquín Monroy

Palabras Clave

Adulto mayor

Envejecimiento

Síndrome de fragilidad

Fragilidad

Debilidad muscular

Fortalecimiento acuático

Riesgo de caídas

Hidrocinesterapia

Método Halliwick

Índice

Portadilla.....	i
Investigadores responsables	ii
Lista de cotejo director de tesis.....	vi
Lista de cotejo asesor metodológico	viii
Dictamen de tesis	x
Dedicatoria.....	xi
Agradecimientos	xii
Palabras Clave.....	xiii
Índice de Figuras.....	xvii
Índice de Tablas	xviii
Resumen.....	1
Capítulo I	2
Marco teórico.....	2
1.1 Antecedentes generales	2
1.1.1 Vejez.....	2
1.1.2 Síndrome de Fragilidad.	9
1.1.3 El sistema musculoesquelético.....	16
1.2 Antecedentes específicos.....	22
1.2.1 Hidroterapia	22
1.2.2 Método Halliwick.....	29
Capítulo II.....	40

Planteamiento del problema.....	40
2.1 Planteamiento del Problema.....	40
2.2 Justificación.....	42
2.3 Objetivos	45
2.3.1 Objetivo general	45
2.3.2 Objetivos específicos	45
Capítulo III.....	46
Marco metodológico	46
3.1 Materiales	46
3.2 Métodos.....	48
3.2.1 Enfoque de investigación.....	48
3.2.2 Tipo de estudio.	48
3.2.3 Método de estudio.	48
3.2.4 Diseño de investigación.....	49
3.2.5 Criterios de selección.....	49
3.3 Variables	52
3.3.1 Variable independiente	52
3.3.2 Variable dependiente	52
3.3.3 Operacionalización de variables	52
Capítulo IV	54
Resultados.....	54
4.1 Resultados	54

4.2 Discusión.....	65
4.3 Conclusiones	67
4.4 Perspectivas y/o Aplicaciones prácticas	68
Referencias.....	70

Índice de Figuras

Figura 1. Estimación y proyección de la estructura poblacional de Guatemala.....	3
Figura 2. Capacidad de retornar a la homeostasis	10
Figura 3. Componentes del Síndrome de fragilidad.....	12
Figura 4. Estructura del sarcómero.	18
Figura 5. Relación de la densidad del agua y la temperatura	23
Figura 6. Tensión superficial del agua	24
Figura 7. Hidrocinesiterapia	26
Figura 8. Planos y ejes del cuerpo.....	31
Figura 9. Movimientos fisiológicos del cuerpo humano.....	32
Figura 10. Puntos del Método Halliwick.	35
Figura 11. Porcentaje de material utilizado.....	47

Índice de Tablas

Tabla 1. Cuestionario FRAIL para clasificación del Síndrome de fragilidad	15
Tabla 2. Movimientos realizados en cada plano anatómico.....	32
Tabla 3. Puntos para el protocolo de aplicación del Método Halliwick.....	33
Tabla 4. Criterios de selección para la investigación.	51
Tabla 5. Operacionalización de variables	53
Tabla 6. Resultados de primer objetivo.....	55
Tabla 7. Resultados del segundo objetivo.....	59
Tabla 8. Resultados del tercer objetivo.	62

Resumen

El Síndrome de fragilidad es un padecimiento crónico en la población mayor. El envejecimiento se acompaña de cambios biológicos que se ven aumentados en un anciano frágil representado en una menor calidad de vida y disminución de su capacidad funcional generada por la incapacidad de retornar a una homeostasis basal. El ejercicio acuático ha sido muy aceptado por la población mayor, por lo que, este estudio se realizó con el objetivo de relacionar la aplicación del Método Halliwick en adultos mayores que presenten Síndrome de fragilidad e identificar los efectos producidos para su mejora funcional. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica en diferentes bases de datos para obtener información sobre la fisiopatología y datos relevantes de este síndrome, junto con la información del Método Halliwick como técnica de hidrocinesiterapia para construir la relación de su aplicación sobre el adulto mayor frágil.

Entre los resultados, se obtuvo que la fisiopatología del Síndrome de fragilidad está dada por la disfunción de múltiples sistemas y se evidenció la función mitocondrial con todos sus procesos a nivel muscular como actores importantes en este síndrome. Un programa de fortalecimiento acuático presenta efectos sobre las capacidades funcionales, sobre la fuerza muscular, flexibilidad y equilibrio por lo que se disminuye el riesgo de presentar caídas y eventos adversos como la muerte. El Método Halliwick consta de principios en los que se basa su aplicación, a través de programa de 10 puntos, sirviendo como referencia de la evolución del paciente, se encontró evidencia de sus efectos en todas las esferas del paciente, mejorando su calidad de vida.

Capítulo I

Marco teórico

En este capítulo se presentará el marco teórico, que corresponde a toda la información necesaria para el entendimiento de la patología de estudio y el desarrollo de la variable independiente y dependiente del mismo, siendo estas la hidroterapia en modalidad del método Halliwick y el Síndrome de Fragilidad, respectivamente. Se redactará información acerca del proceso del envejecimiento y los cambios que hay en el adulto mayor, el síndrome de fragilidad junto con su fisiopatología, clasificación y todos los datos de interés para llevar a cabo el objetivo de este estudio de investigación.

1.1 Antecedentes generales

1.1.1 Vejez. Según Martínez y colaboradores (2018) es un concepto abstracto y se considera la última etapa del desarrollo humano. El envejecimiento está comprendido por un conjunto de cambios morfo-fisiológicos causados por la acción del tiempo sobre los individuos y está dada por factores genéticos y ambientales. Se caracteriza por ser universal, heterogéneo, irreversible e individual, es en esta etapa donde los hábitos que tuvo una persona a lo largo de su vida se ven reflejados.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2021 mencionó que esta última etapa de la vida “Es el resultado de la acumulación de una gran variedad de daños moleculares y celulares a lo largo del tiempo, lo que lleva a un descenso gradual de las capacidades físicas y mentales, a un mayor riesgo de enfermedad y, en última instancia, a la muerte” (párr. 4). El individuo se considera en esta etapa a partir de 60 o 65 años.

1.1.1.1 Datos demográficos. “En 2030, una de cada seis personas en el mundo tendrá 60 años o más. En ese momento, el grupo de población de 60 años o más habrá subido de 1000 millones en 2020 a 1400 millones. En el año 2050, la población mundial de personas en esa franja de edad se habrá duplicado (2100 millones). Se prevé que el número de personas de 80 años o más se triplique entre 2020 y 2050, hasta alcanzar los 426 millones” (OMS 2021, párr. 2). Se prevé que para el año 2050 dos tercios de la población de adulto mayores vivirá en países de ingresos bajos y medianos.

En Guatemala, de acuerdo con las cifras provistas por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el año 2018 la población total fue de 14, 901,286 personas y el 5.6 % eran mayores de 65 años de edad siendo 837,280 respectivamente.

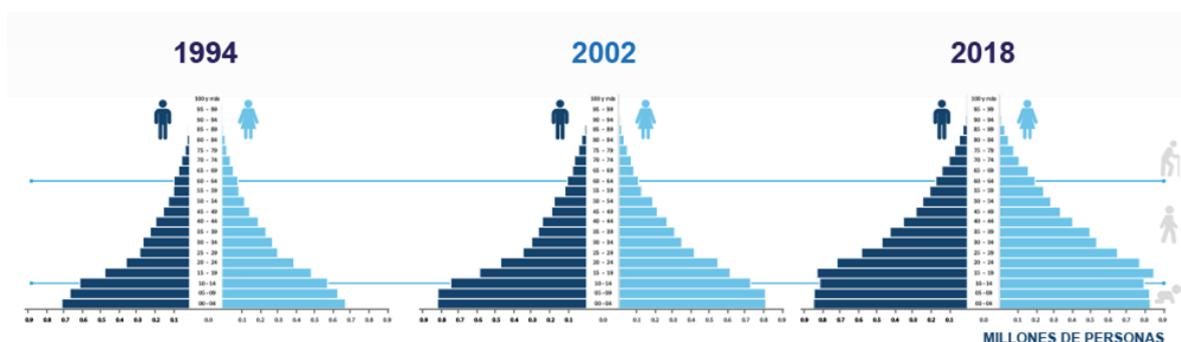


Figura 1. Estimación y proyección de la estructura poblacional de Guatemala
Esta gráfica proyecta para el año 2050 un aumento en la población envejecida, demandas en la seguridad social, salud y sistema de cuidados.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2018.

1.1.1.2 Tipos de envejecimiento. El proceso de envejecimiento no se produce de la misma forma en todos los seres humanos, tampoco dentro de la misma persona. Si bien, es un proceso dinámico, cada órgano envejece de distinta forma y a diferente velocidad que los demás órganos. Es necesario entender que los acontecimientos que conducen a la vejez no constituyen un curso de enfermedad, sino un proceso natural al que todas las personas son conducidas. En este proceso la calidad de vida de las personas puede verse afectada en su bienestar físico, mental y social (Martínez y colaboradores, 2021).

El envejecimiento, como se mencionó en el párrafo anterior es natural y está programado genéticamente, al que se le denomina envejecimiento intrínseco. Por otro lado, el envejecimiento extrínseco está dado por las esferas que rodean a cada hombre y mujer, su cultura, hábitos alimenticios, estilo de vida y riesgos ambientales (Rocha, 2013).

De acuerdo con Rodríguez en el año 2018 mencionó que existen varios criterios que ayudan a definir la vejez puesto que no es solo el factor de la edad que determina el estado de una persona, siendo los siguientes:

- Criterio cronológico: Es la más objetiva de todas las edades, está dada por la edad del individuo. Por ejemplo, las personas que nacieron el mes de septiembre del año 2000 tienen 21 años de edad en la actualidad.
- Criterio funcional: Asocia la vejez con la pérdida de las funciones físicas, psíquicas e intelectuales, coloca a la vejez en la misma balanza que la enfermedad lo cual es erróneo, puesto que la vejez no está dada por una discapacidad. Este criterio permite observar la aparición de discapacidad o limitación.
- Criterio biológico: Este está compuesto por el desgaste normal o patológico de los órganos que conforman al ser humano.

- Criterio de vejez como una etapa vital: Es el reconocimiento de que el paso de los años produce diversos cambios en las personas y que muchos hábitos que se han tenido a lo largo de su vida producen efectos ya sean negativos o positivos, proporcionando una realidad y diferencia de las etapas anteriores.

Por su parte Hechaverría y colaboradores en el año 2018 clasificaron el envejecimiento en dos tipos tomando en cuenta que la vejez implica factores intrínsecos y extrínsecos, siendo estos grupos primario y secundario.

El envejecimiento primario hace referencia al proceso fisiológico por el que pasan todas las personas, no toma en cuenta los procesos patológicos, sino que se fundamenta en los cambios celulares, moleculares y los aspectos genéticos que al interactuar de la manera correcta entre sí conducen a lo que concluyó Rodríguez en el año 2000 como “envejecimiento con éxito”.

El envejecimiento secundario, por su parte, distingue los procesos de enfermedad por los que ha pasado el adulto mayor a lo largo de su vida, así como hábitos y su estilo de vida que interaccionan con los cambios fisiológicos del envejecimiento primario y producen lo que denominaron como “envejecimiento habitual” (Hechaverría y colaboradores, 2018).

Autores como Truchado y colaboradores (2018) han descrito el envejecimiento activo como una estrategia política importante frente al envejecimiento poblacional, viene de la necesidad de crear y mantener oportunidades para que las personas mayores se mantengan activas y de esta forma mejore su calidad de vida y se logre extender la esperanza de vida saludable, tomando en cuenta no solo la salud misma sino la participación social, seguridad y bienestar integral del adulto mayor.

1.1.1.3 Teorías del envejecimiento. Diferentes autores han propuesto diversas teorías con el fin de lograr comprender mejor el proceso que conduce al envejecimiento y lo que sucede dentro del organismo del ser humano a lo largo del mismo. De acuerdo con González-Guerra y colaboradores en el año 2017 estas teorías se clasifican en dos grandes grupos, estocásticas y no estocásticas.

Las teorías estocásticas se consideran también ambientales porque se fundamentan en la acumulación de factores exógenos a los que se ha expuesto el adulto mayor a lo largo de sus años, implicando factores que son considerados como productos al azar por lo que deben ser estudiados y analizados con probabilidades estadísticas. Esta clasificación incluye la teoría del entrecruzamiento, el error catastrófico, teoría del desgaste y las teorías de los radicales libres (Rico-Rosillo y colaboradores, 2018).

Las teorías no estocásticas o también llamadas deterministas engloban variables concretas, propone que el envejecimiento está predeterminado. Son factores innatos, programados en la genética de cada persona, la cual considera que la edad está genéticamente determinada y que dentro de las personas hay un reloj que programa su longevidad (Pérez-Fuentes y colaboradores, 2018).

1.1.1.4 Cambios biológicos del envejecimiento. Varios son los cambios fisiológicos que conforman el proceso del envejecimiento. Todos los órganos y sistemas se ven afectados, aunque unos más rápido que otros todos conducen al mismo destino, por ejemplo, la piel es el primer órgano en manifestar cambios y el cerebro es el último en hacerlo. Este proceso fisiológico puede verse retardado o apresurado por la acción de factores externos como los hábitos que ha tenido la persona a lo largo de su vida (Jaeger, 2018).

En el sistema nervioso central (SNC) se aprecia una disminución de neuronas en la sustancia gris por muerte neuronal, pérdida de la arborización dendrítica, cierta atrofia en el área de la sustancia blanca y un leve aumento del líquido cefalorraquídeo, lo que se traduce en la disminución de la velocidad de conducción y respuesta de los impulsos nerviosos que llevan la información desde y hacia el cerebro, sin embargo, no se altera tanto la calidad de la respuesta final (Tinnirello y colaboradores, 2021).

Los sentidos especiales tales como el sentido del olfato, gusto, audición, vista y tacto se ven alterados debido al daño o pérdida gradual de los receptores específicos. Tortora y Derrickson en el año 2013 mencionaron que la mayoría de personas empieza a tener alteraciones en el gusto y el olfato a partir de los 50 años, por su parte, la audición comienza a verse afectada a los 60 años en donde el 25 % de las personas tienen una pérdida auditiva notable.

En el sistema renal se produce una disminución del parénquima y el flujo plasmático aproximadamente 10 % anual a partir de los 40 años de edad. La masa renal crece de 50 gramos al nacer hasta 400 gramos en la cuarta década de vida, sin embargo, decrece a menos de 300 gramos a los 90 años de edad debido al adelgazamiento de la corteza renal. Los glomérulos decrecen más de un 10 % y posteriormente se esclerosan. La función de los túbulos renales decrece en un 20 % lo que disminuye la capacidad de retener orina en la vejiga. Las arterias renales se engrosan y el flujo sanguíneo renal disminuye proporcionalmente al gasto cardíaco (García y Jiménez, 2018).

En el sistema endocrino se aprecia una disminución de las hormonas sexuales, siendo éstas la testosterona en el género masculino y los estrógenos en el género femenino, disminuye la hormona de crecimiento, decrece la somatotropina que puede conducir al decaimiento de la masa y fuerza muscular. A su vez, la melatonina, hormona que se

encarga de controlar los ciclos circadianos. Algunas hormonas que pueden aumentar en su cantidad son la hormona foliculoestimulante, lutropina, norepinefrina y paratiroidea (Morley, 2019).

Los cambios a nivel pulmonar se ven reflejados en la disminución de la capacidad pulmonar debido a la pérdida de elasticidad y distensibilidad de las vías aéreas y aumento de la rigidez en otros tejidos del aparato respiratorio como los alveolos y la pared torácica. Disminuye la capacidad vital, capacidad inspiratoria y el volumen espiratorio forzado. La capacidad pulmonar total y el volumen residual se ven aumentados por el atrapamiento de aire. También disminuye la difusión de oxígeno a través de la sangre, lo cual repercute en la incapacidad de poder realizar ejercicio intenso como correr (Suárez y colaboradores, 2020).

En el sistema cardiovascular se observan alteraciones en el miocardio, las válvulas cardiacas y los vasos sanguíneos. El grosor de las paredes del corazón aumenta, las arterias pierden su distensibilidad y elasticidad debido a alteraciones en el colágeno de las paredes arteriales, lo que repercute de manera negativa en la distribución sanguínea hacia todo el cuerpo. El endotelio de los vasos sanguíneos disminuye su capacidad de producir óxido nítrico, sustancia fundamental para la vasodilatación. Todos estos factores predisponen al adulto mayor a un aumento en el riesgo de padecer hipertensión sistólica o insuficiencia cardiaca (*National Institute of Aging*, 2018).

A nivel musculoesquelético se observa una disminución de la masa muscular, la cual inicia fisiológicamente entre los 30 y 50 años de edad, donde se aprecia una disminución de aproximadamente 10 % y es reemplazada por tejido adiposo y tejido conectivo fibroso, entre los 50 y 80 años se pierde otro 40 % pero no se ven cambios importantes en la fuerza muscular hasta que se llega a los 60 o 65 años de edad, siendo esta

debilidad mayor en miembros inferiores comparado con el tren superior (Tortora y Derrickson, 2013). Las células satélite disminuyen en proporción y el músculo pierde su capacidad regenerativa (Etienne y colaboradores, 2019).

Estos cambios musculares se ven aumentados si no se realiza actividad física y se lleva una vida sedentaria. Las fibras tipo II disminuyen más que las fibras tipo I. El decaimiento en la masa muscular se acompaña de una disminución de la fuerza máxima, de reflejos musculares, enlentecimiento en la ejecución del movimiento y flexibilidad muscular (Gac, 2022). De acuerdo con Dalle y colaboradores (2017) la pérdida de masa y función muscular es la mayor causa de caídas.

1.1.2 Síndrome de Fragilidad. La fragilidad es un síndrome clínico-biológico caracterizado por una disminución de la resistencia y reservas fisiológicas del adulto mayor ante factores estresantes, además de la desregulación de múltiples sistemas fisiológicos como consecuencia del desgaste acumulativo de los mismos, lo que conlleva a un aumento en el riesgo de sufrir eventos adversos como discapacidad, caídas, hospitalización y la muerte (Muscedere, 2020).

Según Amblás-Novellas y colaboradores en el año 2018, la fragilidad es una de las condiciones crónicas más comunes en la población mayor. Estos cambios se expresan en la vida diaria en la que injurias pequeñas como una infección leve, por ejemplo, resultan en un evento desproporcionado y dramático en el estado de salud, cambiando de independiente a dependiente, de móvil a una capacidad de movilización reducida, de una estabilidad postural a caídas constantes y de un estado de lucidez normal a un estado de delirium.

En la **Figura 2** se muestra la relación de la vulnerabilidad que tiene un anciano frágil posterior a un cambio repentino en su salud, frente a un anciano no frágil luego de haber sufrido la misma lesión mínima. El anciano no frágil retorna a su homeostasis normal, el anciano frágil pierde esa capacidad.

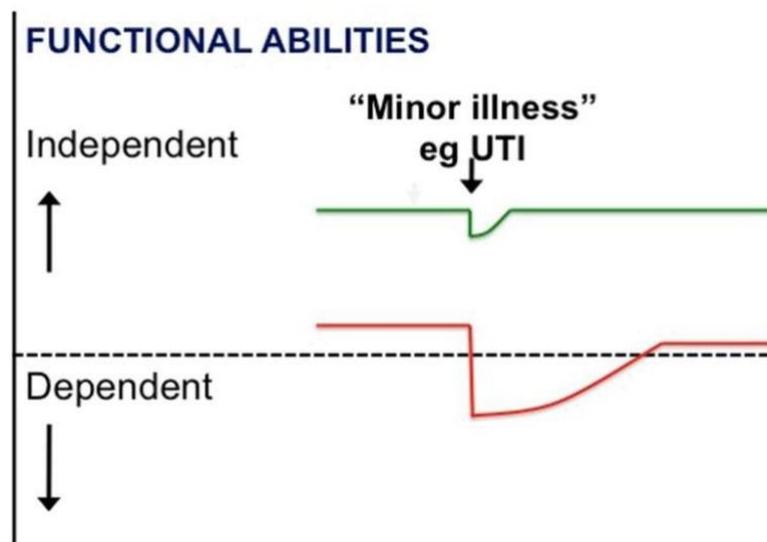


Figura 2. Capacidad de retornar a la homeostasis. La línea verde representa un anciano sano y la roja representa la capacidad de retornar a la homeostasis de un anciano frágil.

Fuente: Clegg y colaboradores, 2013.

Algunos factores que pueden predisponer al adulto mayor a presentar fragilidad son el sobrepeso, la obesidad, el sedentarismo o la baja actividad física, el consumo de alcohol y enfermedades cardiovasculares (Atkins y colaboradores, 2019). Por su parte, Huohvanainen y colaboradores en el año 2016 mencionaron que existe una relación entre la fragilidad y una baja puntuación en la SRH, *Self-rated Health* por sus siglas en inglés, que significa "Autoevaluación de la salud", esta es una escala en la que se le pide evaluar al individuo su estado de salud con una puntuación de hasta 5pts, representando un excelente o pobre estado de salud, o se le pide su perspectiva de salud comparado con su edad.

1.1.2.1 Epidemiología. De acuerdo con O’Caoimh y colaboradores en el año 2018 mencionaron que en Europa la prevalencia estimada de fragilidad en adultos mayores de 65 años de edad era de aproximadamente 15 % y ésta aumentaba a 25 % en adultos mayores de 85 años.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Geriátrica (2019) en la población mexicana la prevalencia del Síndrome de fragilidad en el adulto mayor es del 22 al 37 % siendo el sexo femenino mayormente afectado en un 46 %. Una de cada dos mujeres mayores de 60 años tiene riesgo de presentar fragilidad, mientras que en el sexo masculino solamente uno de cada cuatro hombres lo presenta.

1.1.2.2 Fisiopatología. Autores como Carrasco (2022) concluyen que existen tres trastornos relacionados con el envejecimiento que, sumado a los factores ambientales sientan la base de la fisiopatología para el Síndrome de Fragilidad, siendo estos la sarcopenia, la disfunción inmune y la disfunción neuroendocrina (**Figura 3**).

La sarcopenia hace referencia a la disminución de la cantidad de masa muscular en el individuo de manera involuntaria y progresiva. A partir de los 50 años de edad se empieza a perder 2.1 % de la masa muscular anualmente. Nascimento y colaboradores en el año 2018 mencionaron que esta pérdida de elementos contráctiles es el componente más involucrado con el Síndrome de Fragilidad, está relacionada con la disminución en la velocidad de la marcha, la disminución de fuerza en el apretón de mano, el aumento de caídas y la disminución de la capacidad para regular la temperatura corporal normal.

En esta etapa de la vida, está comprobado que hay un aumento de cortisol en ambos sexos, siendo mayor en las mujeres. Los niveles altos de cortisol se relacionan con la sarcopenia y también el riesgo de contraer enfermedades infecciosas. La hormona de

crecimiento disminuye progresivamente al envejecer, la disminución de ésta se ve mayormente en los valores del sexo femenino, el descenso de esta hormona aumenta el riesgo de desarrollar sarcopenia (Tello y Varela, 2016). Con relación a la secreción de las hormonas sexuales en ambos sexos ésta disminuye. El sistema neuroendocrino también afecta el proceso de contracción muscular el cual se ve afectado por la disminución de afinidad receptiva entre la troponina C y el Calcio para ser capaz de producir fuerza muscular (Sweeney y Hammer, 2018).

Brivio y colaboradores en el año 2019 concluyeron que en el envejecimiento hay un aumento de citoquinas catabólicas y un descenso de la inmunidad adaptativa, lo que puede conducir a alteraciones inflamatorias sistémicas crónicas. La testosterona, hormona sexual producida en el sexo masculino limita la producción de las citoquinas mientras que el estrógeno, hormona sexual producida en el sexo femenino, puede aumentar la generación de las citoquinas, lo cual explica, junto con los factores anteriormente descritos, la causa de la mayor incidencia de fragilidad en mujeres.

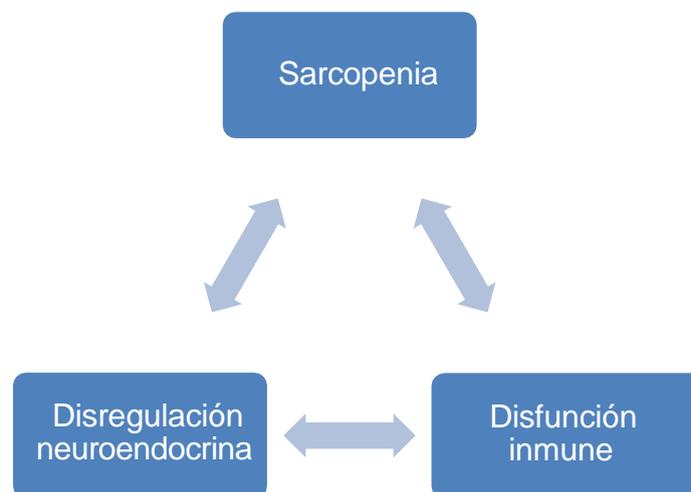


Figura 3. Componentes del Síndrome de fragilidad.
Fuente: Elaboración propia con información de Calvo, 2007.

1.1.2.3 Diagnóstico fisioterapéutico del Síndrome de Fragilidad. La Conferencia Internacional sobre Investigación de Fragilidad y Sarcopenia, *ICFSR* por sus siglas en inglés, en el año 2019 mencionaron tres instrumentos para el diagnóstico eficaz del Síndrome de fragilidad, incluyeron la escala clínica de fragilidad de Rockwood, la escala FRAIL y la escala de fragilidad de Edmonton.

La escala clínica de fragilidad de Rockwood se basa en el razonamiento y juicio clínico. Consta de 9 ítems con valor de 1 punto cada uno, mientras más puntaje tenga mayor es el riesgo que presenta el adulto mayor. Esta escala incluye factores que son fáciles de analizar como la movilidad, equilibrio, uso de aditamentos para la marcha y la capacidad funcional para vestirse, comer, realizar las compras o cocinar (Rockwood y Theou, 2020).

La escala FRAIL (*Fatigue, resistance, aerobic, illnesses, loss of weight*) está compuesta por 5 factores: fatiga, debilidad, marcha, pérdida de peso y cansancio. Este se realiza por medio de un cuestionario de 5 preguntas que abarcan los puntos anteriores. Esta escala es predictora de limitaciones físicas y comorbilidades, está estrechamente relacionada con el fenotipo propuesto por Fried en el año 2001 (Dent y colaboradores, 2019).

La escala de fragilidad de Edmonton es una autoevaluación que consta de 9 ítems a responder, incluye factores como estado general de salud, funciones cognitivas, independencia funcional, continencia urinaria, ingesta de medicamentos, nutrición y estado emocional (Roopsawang y colaboradores, 2020).

1.1.2.4 Manifestaciones clínicas. De acuerdo con Stenholm y colaboradores en el año 2019, mencionaron que 5 son las características propuestas por Fried en el 2001 en las que se basa el fenotipo de un adulto mayor con el Síndrome de fragilidad.

- Pérdida de peso involuntaria: Mayor o igual a 10 libras por año o mayor o igual a 5 % del peso corporal total.
- Debilidad muscular: Menor a un 20 % en la fuerza de agarre o apretón de mano.
- Poca energía, agotamiento: Este ítem es predictor de una potencial afectación cardiovascular.
- Lentitud al caminar: El individuo recorre una distancia de 15 pies en un tiempo mayor o igual a 7 segundos. Este parámetro debe ser ajustado a cada persona. Este síntoma es dado también por alteraciones en el balance y equilibrio.
- Bajo nivel de actividad física o sedentarismo: Gasto menor de 400 calorías por semana.

La discapacidad y comorbilidad están estrechamente relacionadas con el Síndrome de Fragilidad, sin embargo, no son directamente proporcional el uno del otro. El 29.1 % de adultos mayores con este síndrome tiene discapacidad para ejecutar sus actividades de la vida diaria y el 81.1 % tiene una o más comorbilidades. Es común que los ancianos frágiles presenten algún tipo de discapacidad o comorbilidades, a pesar de ello, un individuo puede tener el Síndrome de Fragilidad, pero carecer de discapacidad y comorbilidades, y viceversa (Dent y colaboradores, 2019).

1.1.2.5 Clasificación. El adulto mayor con fragilidad es clasificado dependiendo la cantidad de características fenotípicas que presente, siendo éstas las descritas por Kojima

en el año 2018, pérdida de peso, cansancio, baja actividad física, debilidad y disminución en la velocidad de la marcha. Si el paciente presenta tres o más de estas características se clasifica como frágil, si cumple con uno o dos criterios es prefrágil, si no cumple con ningún criterio no es un anciano frágil y se le denomina robusto. La siguiente **Tabla 1** muestra las preguntas del cuestionario FRAIL frecuentemente realizadas para la detección de la fragilidad.

Tabla 1. Cuestionario FRAIL para clasificación del Síndrome de fragilidad

Cuestionario FRAIL

¿Está usted cansado?

¿Es incapaz de subir un piso de escaleras?

¿Es incapaz de caminar una manzana?

¿Tiene más de cinco enfermedades?

¿Ha perdido más del 5% de su peso en los últimos 6 meses?

Nota: En esta tabla se muestran las preguntas realizadas en el cuestionario FRAIL para la clasificación del Síndrome de Fragilidad.

Fuente: Elaboración propia con información de Morley y colaboradores, 2013.

Según la clasificación de Edmonton en ésta el individuo puede recibir una puntuación máxima de 18 puntos y se clasifica en severamente frágil si obtiene una puntuación de 12 a 18 puntos, moderadamente frágil si puntúa 10 u 11 puntos, medianamente frágil si puntúa 8 o 9 puntos, aparentemente vulnerable si obtiene 6 o 7 puntos y no frágil si obtiene una puntuación entre 0 y 5 puntos (Roopsawang y colaboradores, 2020).

1.1.2.6 Etiología. El Síndrome de Fragilidad es una condición cuya causa es compleja de entender debido a su componente multifactorial y se compone de factores intrínsecos formado por los cambios propios del envejecimiento, y factores extrínsecos individuales. Los factores extrínsecos incluyen los hábitos de actividad física, malnutrición por la falta de micronutrientes como Vitamina D y macronutrientes como lo son las

proteínas son considerados grandes factores de riesgo para presentar fragilidad (Pérez y colaboradores, 2020).

Kojima y colaboradores (2018) concluyeron que la principal causa de este síndrome es la disminución en las reservas energéticas y una acumulación progresiva de las alteraciones y cambios relacionados con el proceso normal de envejecimiento. Caídas, lesiones, enfermedades agudas, dependencia, dismovilidad, discapacidad, fracturas (en su mayoría de cadera), hospitalización y la muerte son eventos adversos que sufren los adultos mayores diagnosticados con el Síndrome de Fragilidad.

De acuerdo con Concha y colaboradores (2020) las personas con fragilidad poseen una autonomía y capacidad funcional muy limitada debido a las diversas alteraciones físicas, psicológicas y de salud que presentan, lo que aumenta la vulnerabilidad de ser trasladados a establecimientos de larga estadía generando un alto impacto a nivel económico, psicológico y social, generando efectos negativos especialmente en la calidad de vida del adulto mayor.

1.1.3 El sistema musculoesquelético. Está formado por huesos, articulaciones y músculos. El cuerpo humano de un adulto se integra por 206 huesos en total y más de 600 músculos que permiten al individuo realizar todas las actividades y movimientos gracias a su contracción y relajación que realizan alternadamente. Sin músculos no hay movimiento, sin embargo, si el músculo no trabaja de la manera correcta, el movimiento pierde su calidad (Tortora y Derrickson, 2013).

El musculoesquelético forma aproximadamente el 40 % del peso corporal total, adapta el consumo de las reservas energéticas dependiendo del tipo y la duración de una actividad específica. Consume alrededor del 30 % de energía cuando el cuerpo se

encuentra en condiciones de reposo y hasta un 80 % en ejercicios de alta intensidad (Truskey, 2018).

El musculoesquelético recibe ese nombre debido a que se inserta en el tejido óseo. El músculo esquelético es estriado; cuando es observado con un microscopio se aprecian bandas proteicas claras y oscuras alternantes que brinda una apariencia de estriaciones, trabaja de forma voluntaria, su actividad puede ser controlada conscientemente a través de neuronas. El tejido muscular está formado por una gran cantidad de fibras musculares llamadas miofibras, las cuales a su vez están formadas por fibras más pequeñas (miofibrillas). Cada fibra forma una célula muscular en la cual se encuentra el sarcómero, la unidad básica de estas células (Mukund y colaboradores, 2019).

1.1.3.1 Tipos de fibras musculares. Gropp en el año 2017 mencionó que se ha clasificado las fibras musculares en dos grandes grupos dependiendo de su velocidad de contracción, siendo estas fibras rápidas y fibras lentas.

Las fibras de contracción lenta también son denominadas como fibras tipo I, se encuentran principalmente en músculos que participan en el mantenimiento de posturas y son resistentes a la fatiga utilizando el metabolismo oxidativo.

Las fibras de contracción rápida también llamadas fibras tipo II, se encuentran en musculatura que se activa al movimiento, se fatigan rápidamente y utilizan el metabolismo glucolítico para su función. Estas fibras tipo II se dividen en IIa, IIb y IIc.

Para Gropp (2017) el funcionamiento muscular implica una serie de estructuras y pasos específicos que se relacionan directa o indirectamente para producir la contracción muscular, entre las cuales mencionó la unión neuromuscular (UNM) que forma el puente entre el sistema nervioso y el músculo, el componente excitación-contracción que

representa el proceso de transducción del potencial de acción necesario para iniciar el proceso de contracción, y por último el sarcómero la unidad contráctil indispensable para producir la fuerza.

Como se mencionó antes, el sarcómero (representado en la **Figura 4**) es la unidad contráctil básica de las células musculares. Sweeney y Hammers en el año 2018 concluyeron que la estructura del sarcómero está formada por dos discos Z, los cuales delimitan y separan un sarcómero del otro. La banda A es la parte más oscura y central del sarcómero y contiene miosina, los cuales son llamados filamentos gruesos, algunos filamentos finos se superponen con filamentos gruesos en esta banda, y está continuada de la banda I compuesta por actina o denominados filamentos finos. La zona H es el área de la banda A donde se encuentran solamente filamentos gruesos. La línea M se encuentra justo en el centro de la zona H y contiene proteínas que sostienen filamentos gruesos dentro de la cadena.

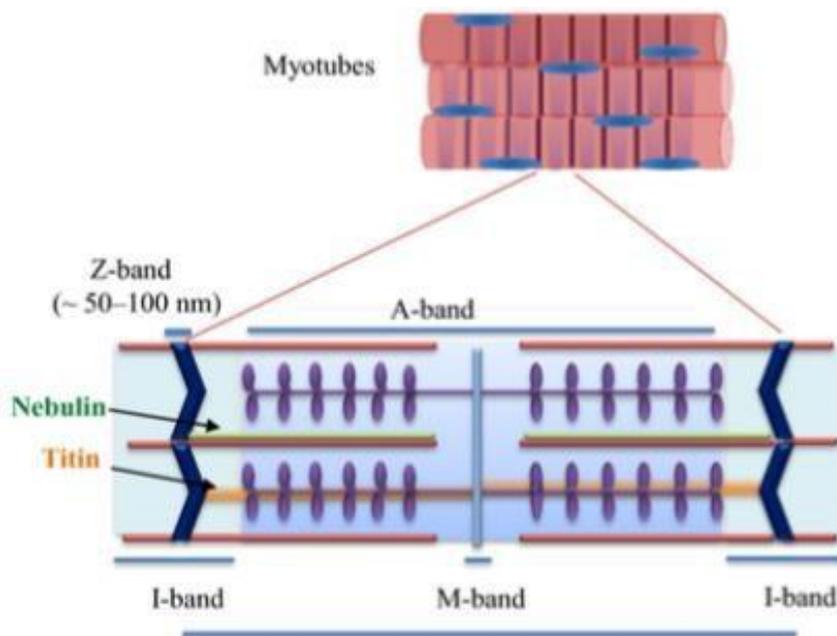


Figura 4. Estructura del sarcómero.
Fuente: Nayak y Amrute, 2020.

La base del mecanismo para el correcto funcionamiento del sarcómero es el ciclo de interacción entre los filamentos de miosina con los filamentos de actina, ambos miosina y actina son las proteínas contráctiles de las fibras musculares. Estos filamentos finos y gruesos convierten energía química en energía cinética al unirse de manera que acortan la longitud del sarcómero, permitiendo una generación de fuerza y por ende la contracción muscular (Wang y colaboradores, 2021).

Nishimune y Shigemoto (2018) concluyeron que cada fibra muscular está inervada por un nervio motor que desciende desde la médula espinal y finaliza en la placa terminal de la célula muscular, a esta unión nervio-músculo se le denomina unión neuromuscular (UNM). A pesar de que una fibra muscular está inervada por una única fibra nerviosa, el nervio puede inervar a muchas fibras musculares a través de sus ramificaciones, a esto se le denomina unidad motora. En la placa terminal se lleva a cabo el proceso de sinapsis que consiste en transmitir el impulso nervioso hacia el músculo.

1.1.3.2 Contracción muscular. La contracción muscular es un proceso complejo que involucra una serie de pasos desde la creación del impulso nervioso y su conducción a lo largo del nervio motor, hasta el ciclo producido dentro del sarcómero de la fibra muscular. Guyton y Hall en el año 2016 propusieron 8 pasos concretos para explicar el proceso de contracción del musculoesquelético y son los que hoy en día se utilizan.

- a. El sistema nervioso central (SNC) crea la orden de movimiento y esta información es conducida como un impulso nervioso a través del nervio motor que llega hasta la placa terminal de una fibra muscular para llevar a cabo la sinapsis.

- b. El nervio motor actúa como la célula pre-sináptica y libera una cantidad de un neurotransmisor llamado Acetilcolina hacia la célula post-sináptica (fibra muscular).
- c. La Acetilcolina se une a la fibra muscular y activa canales específicos para su apertura.
- d. La apertura de estos canales activados por la Acetilcolina permite la entrada de iones sodio (Na) al interior de la fibra muscular lo que provoca la despolarización de la membrana celular activando la apertura de más canales para el sodio lo cual crea un potencial de acción.
- e. El potencial de acción viaja a lo largo de toda la fibra muscular.
- f. Se genera la despolarización de la célula muscular y viaja al centro de la fibra a través de sus túbulos y llega hasta el retículo sarcoplasmático el cual libera grandes cantidades de Calcio (Ca).
- g. Los iones de Calcio permiten que se inicie el proceso de acoplamiento de los filamentos de actina y miosina utilizando ATP y un proceso de hidrólisis del mismo junto con las proteínas situadas en el sarcómero para la contracción.
- h. Por último, el Calcio regresa al retículo sarcoplasmático a través de bombas de Calcio para ser almacenado y liberado hasta que otro potencial de acción llegue a la membrana. La retirada de Calcio del sarcómero detiene el proceso de acoplamiento de los filamentos de actina y miosina.

1.1.3.3 Debilidad muscular. Se define como una disminución en la capacidad de generar fuerza y vencer una resistencia. Se caracteriza por la falta de fuerza, atrofia, fatiga, pérdida de la función y asimetría cuando se relaciona con el músculo contralateral u otros grupos musculares (Bhimani y colaboradores, 2021).

Larsson y colaboradores en el año 2019 mencionaron que el musculoesquelético tiene la capacidad de adaptarse a demandas en alteraciones funcionales, por ejemplo, al someter un músculo a ciertos estímulos de carga constantemente se hipertrofia y genera un aumento de fuerza adaptándose a dicha carga. Asimismo, el desuso de los músculos debido a circunstancias como hospitalización, descansar en cama y una baja o nula actividad física conducirán a la atrofia y debilidad muscular, generando así una reducción en la capacidad oxidativa y aumento en la fatiga de la fibra muscular.

En el adulto mayor la debilidad muscular en miembros inferiores es un problema muy común y que desencadena un factor de riesgo ante las caídas por desbalance, lo que provoca la necesidad de utilizar aditamentos para la marcha (Chang y colaboradores, 2018).

La atrofia muscular es una causa significativa para explicar la pérdida de fuerza, y ésta es proporcionalmente mayor al tamaño de la fibra muscular y su área de sección transversal. Luego de un tiempo de inactivación de la musculatura involucrada en la cadena posterior se produce una pérdida proteica debido a una reducción rápida en la síntesis de proteínas, aumento retardado en el proceso de proteólisis y una disminución en la degradación de proteínas de las miofibrillas, produce una reducción en la tensión de las fibras musculares, lo que se traduce en debilidad muscular y pérdida funcional (Larsson y colaboradores, 2019).

La debilidad muscular como manifestación clínica del Síndrome de Fragilidad en el adulto mayor puede ser evaluada a través del cuestionario FRAIL, el cual se describió anteriormente, un análisis en la fuerza de prensión y un análisis en la velocidad de la marcha a través del *Timed Up and Go test*, el cual evalúa principalmente la fuerza en miembros inferiores (Scott y colaboradores 2020).

1.2 Antecedentes específicos

1.2.1 Hidroterapia. También conocida como terapia acuática, es la utilización de agua con fines terapéuticos. Este método es de los más antiguos y más utilizados para tratar alteraciones físicas y neurológicas debido a los grandes beneficios dados por la utilización de la mecánica de fluidos y movimientos, a través de técnicas específicas (Monteiro y colaboradores, 2019).

Los efectos de la terapia acuática están directamente relacionados con las propiedades físicas y mecánicas que posee el agua, siendo estas la densidad relativa, flotabilidad, la viscosidad, tensión superficial, presión hidrostática y turbulencia (Pereira y colaboradores, 2021).

La flotabilidad es la fuerza que se opone a la gravedad y permite que el usuario realice cualquier movimiento, aunque éste sea difícil o imposible de realizar estando fuera del agua. El control postural que se requiere constantemente al estar dentro del agua es el resultado de la relación que tienen estas dos fuerzas del centro de gravedad junto con el centro de flotabilidad (Konstantinos y colaboradores, 2021). La flotabilidad es descrita gracias al principio de Arquímedes, el cual postula que cualquier cuerpo que sea sumergido

parcial o totalmente en un fluido recibe un empuje hacia arriba igual al peso del fluido que desaloja, esta fuerza hace parecer que todo es más liviano dentro del agua (Vite, 2022).

La densidad del agua puede ser conocida como la característica de ligereza que posee, diferenciándola del resto de sustancias y ésta generalmente es de aproximadamente 1000 kg/m³. Sin embargo, puede verse alterada levemente dependiendo la temperatura en que se encuentre (**Figura 5**), el agua caliente es más ligera que el agua fría, por lo que un cuerpo tenderá a irse más hacia la superficie en temperaturas altas.

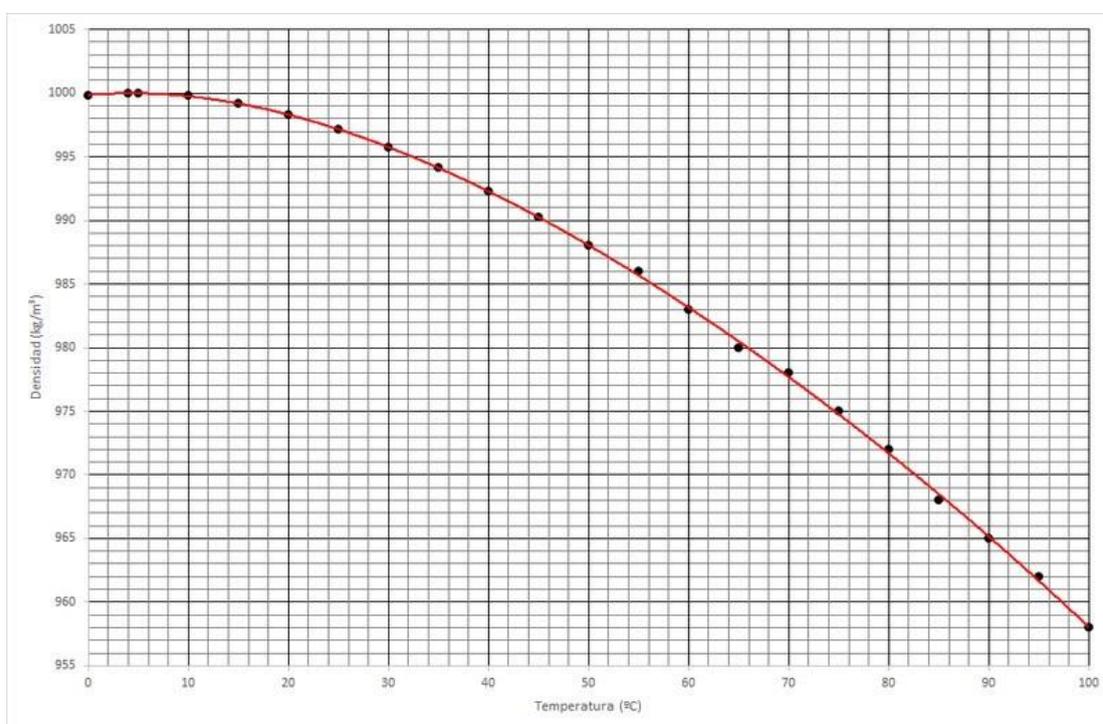


Figura 5. *Relación de la densidad del agua y la temperatura.*
En esta gráfica se puede observar que mientras mayor es la temperatura, menor la densidad del agua.
Fuente: Universidad de Sevilla, 2018.

Las moléculas del agua en la superficie se sienten más atraídas por las moléculas que están dentro del agua que por las que están fuera de él [en el aire], por otro lado, las moléculas que están dentro del agua tienen igual afinidad a todas las direcciones, esto produce lo que se denomina como tensión superficial y ésta permite que el agua se junte en

gotas en lugar de separarse en una capa delgada (**Figura 6**). Esta propiedad explica por qué es más difícil mover el cuerpo a través de la superficie y es más fácil hacerlo cuando está completamente sumergido (Ponce, 2021).

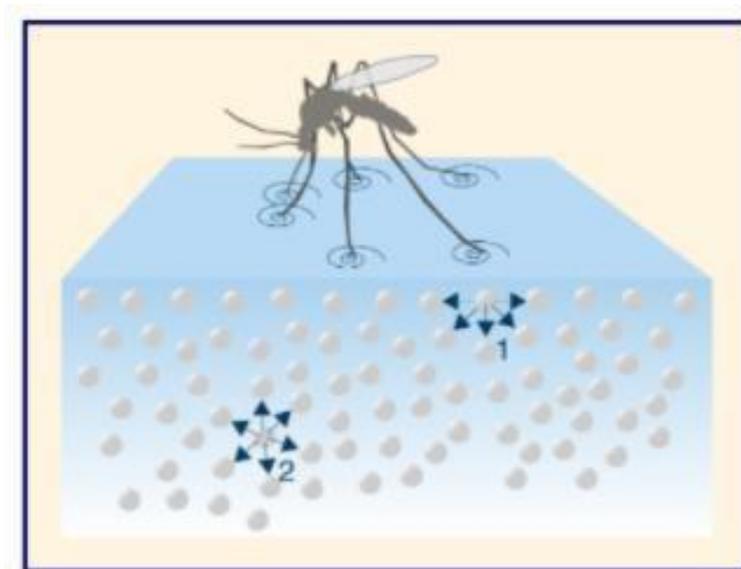


Figura 6. Tensión superficial del agua.
En esta figura se representa la tensión superficial, en donde 1 representa la dirección de atracción por parte de las moléculas más superficiales y 2 la dirección de atracción en las moléculas más inferiores.

Fuente: Aguilera, 2017.

Por otra parte, el Centro de Estudios Cervantinos (2020) definió la presión hidrostática como la fuerza que ejerce cualquier líquido sobre las paredes del objeto que lo contiene, en este caso una piscina, y sobre el cuerpo que se sumerge en ella. Es natural, no se necesita de ninguna fuerza externa para producirla. Depende en cierta forma de la densidad que presente el agua y será siempre constante tanto sobre las paredes de la piscina como en el cuerpo del individuo que se sumerge, solamente cuando éste se encuentra en reposo, ya que al haber movimiento existen otros vectores que alteran las direcciones de fuerzas.

La viscosidad es entendida como la propiedad del agua que provee de resistencia al movimiento de las moléculas que la componen, se compara con la fricción que presentan dos objetos sólidos al estar sus superficies en contacto directamente, la velocidad en que éstos se deslicen está dada por la fricción, asimismo es en el agua. La cantidad de viscosidad del agua es inversamente proporcional a la temperatura, mientras más alta la temperatura, menor viscosidad presenta (Masoliver y colaboradores, 2017).

La turbulencia es la propiedad del agua que con más dificultad se llega a comprender por su complejidad, por lo que en su mayoría se describe el flujo turbulento, en el que las partículas se mueven sin seguir un orden y en trayectorias irregulares, que como consecuencia de la ruptura del flujo se altera la dirección del movimiento (Zavala, 2021).

1.2.1.1 Hidrocinesiterapia. Fernández y Melián (2013) mencionaron que se define por la unión de dos conceptos; “hidroterapia” utilización del agua con fines terapéuticos y en forma de baños totales y “cinesiterapia” utilización del movimiento del cuerpo humano para prevenir y tratar alteraciones principalmente del aparato locomotor. Esta puede trabajarse de manera activa, es decir, el paciente realiza los movimientos él mismo, o de manera pasiva, en la que el fisioterapeuta ejecuta los movimientos (**Figura 7**). La hidrocinesiterapia incluye ejercicios donde se desplaza todo el cuerpo como la marcha y ejercicios donde solamente se desplaza un segmento corporal, una flexión del hombro por ejemplo (Pazos y González, 2002).

Si bien, esta es una forma de cinesiterapia, algunas son las diferencias que se presentan al realizar cinesiterapia acuática frente a la que se lleva a cabo fuera del agua, las siguientes fueron descritas por Fernández y Melián en el año 2013:

- La ingravidez que proporciona en la disminución del peso corporal permite ejecutar un trabajo con menor presión y estrés a nivel articular.
- La flotabilidad facilita la percepción del equilibrio y control postural.
- Se proporciona un efecto relajante por la temperatura del agua y provoca una sensación muy agradable.
- La densidad del agua proporciona resistencia a los movimientos por lo que generalmente no es necesaria la utilización de mancuernas, polainas o bandas de resistencia para el entrenamiento de fuerza.
- Se obtienen efectos psicológicos adicionales, los adultos mayores expresan un gran placer al realizar sesiones de terapia acuática grupales.



Figura 7. Hidrocinesiterapia.
Fuente: Asociación Médica Latinoamericana de Rehabilitación, 2020.

1.2.1.1.1 Generalidades. Pérez-de la Cruz en el año 2020 consideró que la temperatura del agua debe estar entre los 30 y 34 grados centígrados, esta es una temperatura indiferente y ayudará a relajar a musculatura y facilitar el trabajo de cinesiterapia dentro del agua y una temperatura del ambiente donde se encuentre la piscina

de 24 grados centígrados aproximadamente. Pazos y González (2002) concluyeron que una temperatura entre 34 y 36 grados centígrados son los ideales para la aplicación de hidrocinesiterapia.

Antes de realizar cualquier técnica ya sea de ejercicio activo o movilizaciones pasivas el individuo debe pasar por una etapa de acostumbramiento y perder el miedo al agua para evitar tensiones y factores que reviertan los objetivos propios de la hidrocinesiterapia, el paciente debe ir adaptándose al entorno y ser educado con las técnicas correctas de control respiratorio (Pérez-de la Cruz, 2020).

Con respecto a la piscina, ésta debe tener suelos antideslizantes, escaleras de acceso a la piscina para facilitar el ingreso del paciente, una barra en el recorrido de las paredes de la piscina, sobre la superficie del agua para que el paciente se sienta más seguro, escalones o alturas en diferentes profundidades, asientos subacuáticos para realización de ejercicios en sedente y paralelas en caso de ser necesarias para trabajo de marcha. Por otro lado, es recomendable que el paciente se duche antes y después de salir de la piscina, no realizar la sesión de hidrocinesiterapia justo después de ingerir alimentos ni mucho tiempo después de haberlo hecho, el uso de gorro como medida higiénica, también se recomienda vaciar la vejiga antes de ingresar a la piscina por el efecto diurético que brinda la temperatura del agua (Fernández y Melián, 2013).

Autores como Gurpinar y colaboradores en el año 2020 concluyeron que son muchos los beneficios dados por los estímulos térmicos y mecánicos causados por el agua; retrasa la fatiga, impide realizar movimientos bruscos que puedan generar lesiones, mejora la resistencia aeróbica, aumenta la movilidad articular y la elasticidad muscular, aumenta la capacidad motriz y del equilibrio, disminuye la carga sobre las articulaciones, además proporciona un sentimiento de bienestar y placer.

1.2.1.1.2 Fortalecimiento acuático. De acuerdo con Alves y colaboradores en el año 2020 mencionaron que el entrenamiento acuático es muy aceptado por los adultos mayores. Los efectos obtenidos son en gran manera dados por la necesidad de realizar ajustes posturales biomecánicamente al estar inmerso en el agua, misma que facilita la contracción de la musculatura antigravitacional. La presión hidrostática proporciona estímulos que favorecen reacciones posturales y una mayor percepción del movimiento corporal, por lo que adultos mayores con riesgo de caídas o miedo a caerse pueden realizar un entrenamiento funcional seguro.

Por su parte, Yueng y colaboradores en el año 2019 mencionaron que la fuerza de desplazamiento del agua que está compuesta por la flotabilidad y viscosidad de la misma puede ser utilizada para alterar la resistencia proporcionada para realizar movimientos subacuáticos e influye en la activación muscular para alcanzar los objetivos deseados en el proceso de rehabilitación.

El agua permite una progresión segura y relativamente fácil en el ejercicio, inicialmente apoya al individuo en la flotación, ayuda a realizar un movimiento y permite un recorrido articular con amplitud mayor. Se puede utilizar peso adicional como mancuernas acuáticas o flotadores, sin embargo, el agua actúa como resistencia suficiente para generar un aumento en la fuerza inicial y posteriormente se puede realizar turbulencias al agua para aumentar la resistencia contra el movimiento que se ejecute (Martínez y colaboradores, 2021).

Según el estudio realizado por Westhoff y colaboradores (2000) y citado por Alves y colaboradores en el año 2020, demostraron la efectividad de un trabajo de fortalecimiento acuático y los grandes cambios que se obtiene en el aumento de la

independencia funcional y fortalecimiento muscular para realizar las actividades de la vida diaria.

1.2.2 Método Halliwick. Este método consiste en proporcionar un conjunto de desestabilizaciones progresivas por parte del fisioterapeuta para que el paciente consiga un correcto balance y control postural, iniciando con una serie de movimientos sencillos que progresan hacia un control rotatorio mayor para el aprendizaje del control sobre el movimiento. Este va dirigido a todas las personas que presenten dificultades físicas y/o de aprendizaje y el objetivo principal es alcanzar la libertad dentro del agua, al adquirir un movimiento totalmente independiente. Está compuesto de cuatro fases: ajuste mental en el agua, rotaciones, control del movimiento y finalmente el movimiento en el agua (Güeita-Rodríguez y colaboradores, 2021).

El Método Halliwick fue creado por el ingeniero James McMillan en el año 1949 para enseñarle a nadar de manera independiente a niños con discapacidades. McMillan basó sus investigaciones en los principios hidrodinámicos en la conducta del cuerpo humano cuando está en el agua. Este método se enfoca en el desarrollo del control motor y la independencia funcional, el sentimiento de seguridad dentro y fuera del agua y la recreación para la estimulación a nivel psicológica (Meyer, 2020). A pesar que el Método Halliwick fue diseñado como una alternativa de enseñanza natatoria, actualmente se utiliza como tratamiento de rehabilitación para múltiples patologías.

1.2.2.1 Niveles de aprendizaje motor. El programa consta de 10 puntos y abarca tres niveles de aprendizaje motor, de acuerdo con la Unidad de Terapia en el Agua del Instituto San José en el año 2022.

- a. El ajuste mental se trata de perder el miedo al agua y adquirir la habilidad de responder de forma apropiada e independiente a cualquier situación dentro del agua. Este nivel abarca el control cefálico, control de tronco y control del patrón respiratorio.
- b. El control del equilibrio, engloba la capacidad rotatoria sobre los tres ejes anatómicos del cuerpo. Abarca del punto 2 al punto 8 del protocolo. En este nivel se adquiere la habilidad de cambiar de posición en el agua y conseguir un control postural correcto.
- c. El movimiento es el tercer y último nivel de aprendizaje motor, abarca los puntos 9 y 10 del programa y es en los cuales se adquiere la habilidad de realizar una actividad efectiva (Instituto San José, 2022).

Para entender correctamente los movimientos que se realizan en esta técnica de hidrocinesiterapia es vital conocer que el movimiento corporal humano se realiza en diferentes planos y ejes, teniendo en cuenta que un plano es una línea imaginaria que divide específicamente al cuerpo y un eje se encuentra a 90° respecto al plano y el movimiento se realiza o gira sobre él. Existen tres planos con sus respectivos ejes, los cuales describieron Tortora y Derrickson en el año 2013 (**Figura 8**).

- El plano sagital es una línea vertical que, al igual que la línea media, se encuentra en el centro del cuerpo y lo divide en dos lados, derecha e izquierda, por lo que también se conoce como plano mediosagital. El eje que acompaña este plano es transversal y se realizan los movimientos de flexión y extensión [aunque existen excepciones como el movimiento de flexión del dedo gordo de la mano].
- El plano coronal o frontal divide al cuerpo en dos partes iguales anterior y posterior o también llamados frontal y dorsal respectivamente. Este plano

está acompañado del eje anteroposterior en el que se aprecia los movimientos de abducción y aducción.

- El plano transversal u horizontal divide el cuerpo en una mitad superior [arriba] y una inferior [abajo]. El eje vertical es correspondiente a este plano y en él se visualizan los movimientos de rotaciones tanto medial como lateral.

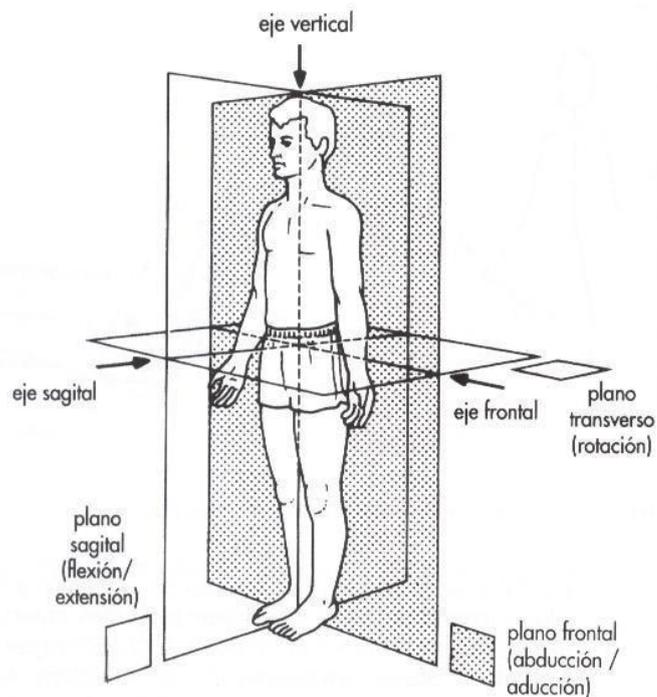
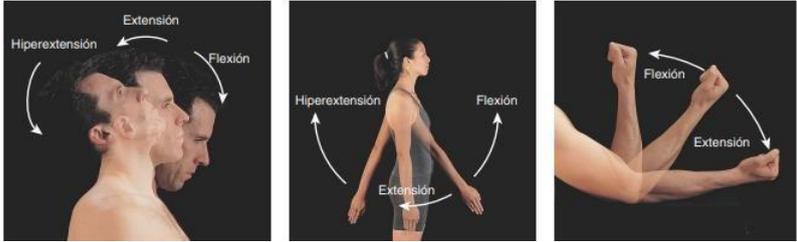
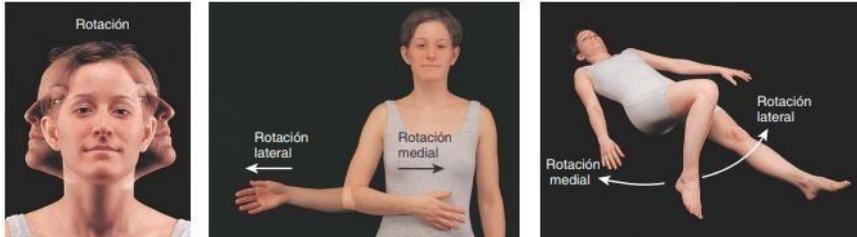


Figura 8. Planos y ejes del cuerpo.

Fuente: Técnico Superior en Animación de Actividades Físicas y Deportivas, 2022. Recuperado de <https://www.tafadycursos.com/cuerpo-humano/ejes-y-planos-anatómicos>

La siguiente **Tabla 2** corresponde a los movimientos fisiológicos realizados en los planos y ejes anteriormente descritos.

Tabla 2. Movimientos realizados en cada plano anatómico.

Plano	Movimientos	
Plano Sagital / Eje Transversal	<p>Flexión (Flexión-Doblar) Disminuye el ángulo formado por los huesos que componen una articulación.</p>	<p>Extensión (Estén-Estirar) Aumenta el ángulo entre los huesos de la articulación, generalmente posterior a una flexión.</p>
		
Plano Frontal / Eje Anteroposterior	<p>Abducción (Ab-Lejos, Duccere-Llevar) Se aleja de la línea media.</p>	<p>Aducción (Ad-Cerca) Movimiento de un hueso hacia la línea media.</p>
		
Plano Transversal / Eje Vertical	<p>Rotación lateral (externa) Los huesos rotan sobre su eje alejándose de la línea media.</p>	<p>Rotación medial (interna) Los huesos rotan sobre su propio eje hacia la línea media.</p>
		

Nota: En esta tabla se describe los movimientos realizados en cada plano anatómico.

Figura 9. Movimientos fisiológicos del cuerpo humano

Fuente: Elaboración propia con información y figuras de Tortora y Derrickson, 2013.

1.2.2.3 Puntos. Son diez los puntos que componen las bases del protocolo para la aplicación del Método Halliwick. Morer y colaboradores en el año 2017 realizaron la descripción de estos (**Tabla 3**).

Tabla 3. *Puntos para el protocolo de aplicación del Método Halliwick.*

Punto		Descripción
1. Ajuste mental	El adulto mayor debe aprender a reaccionar ante el agua e interactuar con ella, debe adaptarse a la mecánica de fluidos como la flotabilidad. En este punto de partida es importante la enseñanza del control respiratorio.	
2. Control de rotación sagital	Se enseña al paciente a controlar movimientos lateralizados, derecho-izquierdo en torno al eje sagital de su cuerpo especialmente en posición erguida.	
3. Control de rotación transversal	El individuo aprende a controlar los movimientos en torno al eje transversal del cuerpo, siendo estos movimientos de flexión y extensión.	
4. Control de rotación longitudinal	En este punto se le instruye al paciente a controlar movimientos en torno al eje longitudinal. Rotaciones que involucran principalmente el decúbito supino y la contrarrotación.	
5. Control de rotación combinada	El individuo aprende a controlar los movimientos en torno a todos los ejes (sagital, transversal y longitudinal), involucrando mayor capacidad cognitiva y locomotriz.	

- | | | |
|------------------------------------|--|---|
| 6. Empuje/Inversión mental | Es en esta etapa en la que el anciano aprende a confiar plenamente en la capacidad de flotabilidad, entiende que el agua lo sostiene y no se hundirá. |  |
| 7. Equilibrio en calma | El paciente debe mantener una posición estable estando relajado, evitando movimientos compensatorios de las extremidades superiores e inferiores, estar sentado en cuclillas por ejemplo. Es este punto en el que se adquiere un aumento visible en el control postural eficiente. |  |
| 8. Desplazamiento con turbulencia | El fisioterapeuta camina hacia atrás y el paciente debe desplazarse por la ola creada. El anciano debe controlar y evitar compensaciones o movimientos no deseados con la cabeza y el tronco. |  |
| 9. Progresión simple | Se enseña al paciente un movimiento de nado con las extremidades superiores simulando un gesto de propulsión. El control de tronco automático se vuelve importante en este punto. |  |
| 10. Movimiento básico de Halliwick | El paciente realizará un movimiento de propulsión natatoria, como el gesto de remo. En este punto se toma en cuenta la discapacidad que pueda presentar y se permite la adaptación individual |  |

Nota: Cada punto constituye el conjunto de la secuencia para la aplicación progresiva en cualquier paciente, y la progresión dependerá en gran medida del sujeto.

Figura 10. *Puntos del Método Halliwick.*

Fuente para figuras: Lambeck y Gamper, 2010.

Fuente para información: Morer y colaboradores, 2017.

1.2.2.4 Indicaciones y contraindicaciones. El Método Halliwick está dirigido a los pacientes con múltiples discapacidades físicas sean éstas leves o severas, se lleva a cabo en pacientes pediátricos y geriátricos, que presenten principalmente afectaciones neurológicas con repercusiones físicas y sociales. Está encaminado a facilitar el control postural, mejorar capacidades físicas y aumentar la independencia (Veldema y Jansen, 2020). Debido al protocolo secuencial que presenta es también utilizado como base de enseñanza natatoria. Este método no está contraindicado a ningún paciente, sin embargo, hay algunas excepciones como procesos infecciosos o enfermedades cutáneas (Wickman, 2020).

1.2.2.5 Efectos. De acuerdo con Grosse (2010) el Método Halliwick genera beneficios en las tres dimensiones; físico, social e intelectual. Adicional a los efectos generados por el Método Halliwick se encuentran los efectos propios de la hidrocinesiterapia.

1.2.2.5.1 Efectos fisiológicos. La presión hidrostática genera un aumento en la frecuencia cardíaca, mejora la respiración debido al mayor trabajo de la musculatura respiratoria (Konstantinos y colaboradores, 2021). En el primer momento de inmersión los vasos sanguíneos se contraen momentáneamente dando lugar a una resistencia periférica y de la presión sanguínea, posteriormente las arteriolas se dilatan y mejora el gasto cardíaco junto con el retorno venoso (Pazos y González, 2002).

Konstantinos y colaboradores en el año 2021, también mencionaron que la viscosidad del agua disminuye la velocidad en la ejecución de los movimientos, estimulando el cerebro del paciente con un ritmo más eficaz para la mejora en la conciencia corporal.

La demanda de oxígeno aumenta y también la producción de dióxido de carbono mejorando el trabajo de ventilación y la capacidad respiratoria. La inmersión en el agua provoca un descenso de la hormona antidiurética y de la aldosterona, además, aumenta la liberación de sodio y potasio lo que disminuye la presión sanguínea y mejora la eliminación de desechos metabólicos (Batista et al, 2008).

An y colaboradores en el año 2019 concluyeron que los efectos proporcionados por la terapia acuática se clasifican en efectos térmicos, mecánicos y químicos. Los efectos térmicos dados por temperaturas entre 35-40°C producen una vasodilatación en los vasos sanguíneos aumentando la irrigación, mientras que las temperaturas entre 8 y 10°C producen una vasoconstricción en la que disminuye el flujo sanguíneo.

Los efectos mecánicos, como se mencionó anteriormente se producen por las propiedades del agua, cuando el cuerpo está parcial o totalmente inmerso en el agua se produce una reducción de dolor por la reducción de estrés o de peso en estructuras específicas lo cual a su vez mejora la realización del ejercicio. La presión hidrostática produce un aumento en el aporte sanguíneo a ciertos órganos, dependiendo la profundidad de inmersión. La resistencia, por su parte, favorece el reclutamiento de fibras musculares para la realización del trabajo muscular requerido. Los efectos químicos se relacionan con los elementos que componen el agua que producen reacciones en la piel mejorando su integridad e inmunidad (An y colaboradores, 2019).

1.2.2.5.2 Efectos terapéuticos. El Método Halliwick a nivel físico provoca un aumento de fuerza y resistencia muscular, mejora el control motor y por tanto el rendimiento en capacidad motriz. Favorece la independencia del paciente, potencia en gran medida el movimiento corporal humano, aumenta el equilibrio y estabilidad estructural

para realizar las actividades. En caso de que el paciente presente obesidad o sobrepeso existe una disminución en la grasa corporal (Gomes y Brandao, 2021).

La rigidez muscular se ve disminuida lo que provoca el alineamiento de nuevas fibras de colágeno, aumenta la estabilidad articular gracias a las progresiones de los 10 puntos, aumenta la estabilidad del *Core* [palabra que hace referencia a los grupos musculares centrales del cuerpo siendo estos músculos de la zona abdominal, lumbar, pélvica y columna vertebral] y normaliza el tono muscular (Lambeck y Gamper, 2010).

Además, hay muchos efectos que están dados por la hidroterapia en sí como el aumento de propiocepción, relaja la musculatura, mejora el tono muscular y mejora el rango de movimiento articular (Castellanos, 2016).

Con respecto a la vasodilatación o vasoconstricción propuesta por An y colaboradores en el año 2019 ambos resultan en la disminución del dolor. Por otro lado, la necesidad de aumentar el reclutamiento de fibras musculares para vencer la resistencia que provee el agua mediante sus propiedades en conjunto produce el aumento en la fuerza en los distintos grupos musculares. La flotabilidad como propiedad del agua apoya a la realización de los movimientos y genera un efecto en el que facilita la capacidad de balance y equilibrio posteriormente (Konstantinos y colaboradores, 2021).

1.2.2.5.3 Efectos psicológicos. La base fomentada en hacer que el paciente se enfoque en sus capacidades dentro del agua y no la posible discapacidad fuera de ella, el hecho de progresar en los movimientos, su aumento en complejidad y la mayor independencia en las actividades de la vida diaria del sujeto, crea una mejora en su autoestima. Se evidencia un aumento en la habilidad de comunicación interpersonal y la capacidad del individuo de participar en las sesiones grupales. A través del agua los

adultos mayores sometidos a sesiones de esta técnica de hidrocinesiterapia logran sentirse con mayor libertad de movimiento, aumentando su satisfacción y confianza en sí mismo. Hacer feliz a las personas que reciben terapias con el Método Halliwick también es uno de sus objetivos principales el cual representa uno de los efectos más significativos (Malik, 2022).

Capítulo II

Planteamiento del problema

En el este capítulo se presentará el planteamiento del problema y la justificación, destinado a proporcionar información que será de utilidad para comprender el objeto de estudio y la razón de este, asimismo se dará a conocer la pregunta en la que se basa esta investigación. Por otro lado, también se darán a conocer los objetivos propuestos para este estudio, siendo éstos el objetivo general y los objetivos específicos.

2.1 Planteamiento del Problema

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2021 concluyó que la vejez se acompaña de la aparición de una serie de eventos complejos en el estado de salud denominados síndromes geriátricos, dentro de los cuales se encuentra la fragilidad. Este síndrome está relacionado con diferentes procesos fisiológicos propios del envejecimiento, como lo es la disminución de las reservas fisiológicas, pero también se encuentran factores

propios del individuo como los hábitos alimenticios, el sedentarismo, el nivel socioeconómico y enfermedades crónicas.

El adulto mayor está predispuesto a diversos eventos adversos como fracturas de cadera causadas por una caída desde su propia altura. Un 30 a 50% de pacientes con fractura de cadera se clasifican como frágiles. De acuerdo con Gallardo y Clavel en el año 2020 mencionaron que el anciano frágil tiene menor cantidad de masa corporal magra, siendo 4.1 veces mayor el riesgo de tener osteo-sarcopenia lo que propicia un riesgo de fractura más alto. Esta disminución de masa muscular se acompaña de una pérdida de fuerza, la cual se ve drásticamente reducida si la actividad física se ha disminuido o evitado a lo largo de la vida del adulto mayor. La fuerza muscular es necesaria para la realización de actividades de la vida diaria tales como caminar, levantarse de una silla o subir las escaleras dentro del hogar. Según Casas e Izquierdo en el año 2012 mencionaron que se ha observado que “las personas de 75 años presentan, con respecto a los jóvenes de 20 años, una disminución de la resistencia aeróbica (45%), fuerza de prensión (40%), fuerza de las piernas (70%), movilidad articular (50%) y de la coordinación neuromuscular (90%)” (párr. 17).

Casas e Izquierdo (2012) también concluyeron que entre los tratamientos que han sido desarrollados para el abordaje del Síndrome de fragilidad se encuentra la intervención nutricional en las que se sugiere la ingesta de vitamina D y suplementos proteicos, el tratamiento farmacológico consta de moduladores selectivos de los receptores androgénicos, antioxidantes, creatina entre otros, sin embargo, la intervención que más resultados positivos muestra sobre la fragilidad es el ejercicio físico. Aunque la evidencia no indica con claridad la intensidad, frecuencia o tipo de entrenamiento diversos estudios recomiendan un programa de ejercicio físico que implique trabajo aeróbico, ejercicios

activo-resistidos, ejercicios de balance y entrenamiento funcional para el tratamiento y la prevención de este síndrome (Dressendorfer y Palmer, 2021).

Actualmente la terapia acuática es muy utilizada en el área de fisioterapia por su efectividad. Fernández en el año 2019 mencionó que el método Halliwick es una técnica de hidroterapia que aporta diversos beneficios como mejora de control postural, aumento de fuerza muscular, disminución de dolor entre otros. Con base en esta información se plantea la siguiente pregunta ¿Cuáles son los efectos terapéuticos que presenta la aplicación del método Halliwick en adultos mayores con edades de 60 a 75 años que presentan debilidad muscular como manifestación clínica del Síndrome de fragilidad?

2.2 Justificación

La fragilidad es uno de los síndromes más comunes que se presentan en el adulto mayor. El envejecimiento trae consigo muchos cambios fisiológicos que se manifiestan como cambios físicos, cognitivos y emocionales. Estos cambios son totalmente normales en todas las personas, sin embargo, se ven aumentados en los ancianos que presentan fragilidad.

En el año 1970 Shock mencionó que no hay decaimiento en estructura y función del organismo que sea tan dramática como la pérdida de masa muscular relacionada con la edad. A partir de los 60 años de edad, en una persona sana, la masa muscular disminuye aproximadamente 2% anual y la fuerza muscular se ve disminuida en un 1.5% anual entre los 50 y 60 años de edad, posterior a esta edad la disminución aumenta a 3% cada año (Carrillo y colaboradores, 2011).

De acuerdo con Trendelenburg y colaboradores en el año 2019 el Síndrome de fragilidad está estrechamente relacionado con los procesos propios de la vejez, llevando al anciano a una acumulación de déficits, pérdida de la resiliencia y de la capacidad de

recuperarse luego de un evento adverso como lo es una caída desde su propia altura, lo que aumenta su vulnerabilidad e independencia.

El concepto de fragilidad supone la alteración de varios sistemas fisiológicos que contribuyen a una incorrecta homeostasis y condiciona al adulto mayor que presenta este síndrome a un declive más acelerado de sus reservas energéticas, comparado con un adulto mayor no frágil (Zugasti y Casas, 2019).

En los últimos años se ha aumentado el interés de indagar el curso de la fragilidad, Linda Fried en el año 2001 describió el fenotipo de los pacientes que cursan con este síndrome y son los que en la actualidad se utilizan para definirla de acuerdo con la presencia de cinco criterios, entre los cuales se encuentra la debilidad muscular.

De acuerdo con Zugasti y Casas en el año 2019 mencionaron que los sistemas principalmente implicados en la fisiopatología del Síndrome de fragilidad son el sistema nervioso, endocrino, inmune y musculoesquelético. Fried (2001) vinculó la fragilidad con la sarcopenia siendo este una alteración musculoesquelética asociada a la edad que se basa en la pérdida de masa muscular, su función en calidad, fuerza y rendimiento muscular (International Clinical Guidelines for Sarcopenia, 2018).

Los datos epidemiológicos actuales no son totalmente concisos, su prevalencia según Menéndez y colaboradores (2021) es entre 4 y 59.1% a nivel mundial, siendo mayor en mujeres y ésta aumenta dependiendo la prevalencia de enfermedades crónicas, depresión, malnutrición, estatus socioeconómico y educación (Rohrman 2020). Por su parte Trendelenburg y colaboradores en el año 2019 mencionaron que alrededor del 10% de personas con 65 años de edad presentan fragilidad y aumenta a 25-50% en personas de 85 años a nivel mundial.

En Guatemala, de acuerdo con las cifras provistas por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el año 2018 la población total fue de 14, 901,286 personas y el 5.6% eran mayores de 65 años de edad siendo 837,280 respectivamente.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Geriátrica (2019) en la población mexicana la prevalencia del Síndrome de fragilidad en el adulto mayor es del 22 al 37% siendo el sexo femenino mayormente afectado en un 46%. Una de cada dos mujeres mayores de 60 años tiene riesgo de presentar fragilidad, mientras que en el sexo masculino solamente uno de cada cuatro hombres lo presenta.

“Entre 2020 y 2030, el porcentaje de habitantes del planeta mayores de 60 años aumentará un 34%” (OMS 2021, párr. 1). Por lo que el porcentaje de fragilidad aumentará junto con el porcentaje de caídas, dependencia, institucionalización, altos costos sanitarios y mortalidad.

Tello y Varela en el año 2016 concluyeron que este síndrome se ha convertido en una epidemia para los adultos mayores, que representa profundas implicaciones para la planificación y atención socio-sanitaria, volviéndose una población que necesita constante atención médica utilizando con mayor frecuencia los recursos del país.

“Con la población de personas mayores de 65 años debido a una duplicación en el porcentaje de fragilidad en los siguientes 30 años, existe una necesidad urgente de encontrar intervenciones que retrasen o reviertan la fragilidad y aumenten la resiliencia en los adultos mayores para que puedan mantener su capacidad de independencia y una buena calidad de vida por más años” (Trendelenburg y colaboradores, 2019, p. 1).

Actualmente se han propuesto programas de prevención de lesiones y de entrenamiento para hacer al anciano más independiente, como lo son el ejercicio aeróbico, ejercicios de resistencia, consumo de vitamina D y reducir la polifarmacia, término que hace referencia a la ingesta de cinco o más medicamentos (Michel y colaboradores, 2015).

Publicaciones científicas concluyen que adultos mayores sometidos a sesiones de ejercicio acuático reflejan mejoras cognitivas y funcionales. Los efectos proporcionados por el método Halliwick pueden mejorar la calidad de vida del adulto mayor y prevenir de potenciales eventos adversos (Koprowski y colaboradores, 2012).

Para este estudio de investigación se consideró la población perteneciente a los adultos mayores, hombres y mujeres de cualquier etnia, raza y residencia, que hayan sido diagnosticados con el Síndrome de fragilidad.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general

Identificar a través de una revisión bibliográfica los efectos terapéuticos que tiene la aplicación del método Halliwick en adultos mayores con edades de 60 a 75 años que presentan debilidad muscular como manifestación clínica del Síndrome de fragilidad para aumentar su independencia y prevenir el riesgo de caídas.

2.3.2 Objetivos específicos

Reconocer la fisiopatología del Síndrome de fragilidad presente en adultos mayores con edades de 60 a 75 años para la identificación de los cambios a los que se ve sometido con base en la evidencia científica.

Describir, a través de una revisión bibliográfica, el trabajo de fortalecimiento acuático para disminuir el riesgo de caídas en adultos mayores con edades de 60 a 75 años que presentan debilidad muscular por el Síndrome de fragilidad para su validación en la práctica.

Exponer los principios de la hidroterapia en modalidad del método Halliwick para su aplicación en el adulto mayor con edades de 60 a 75 años que presenta debilidad muscular por el Síndrome de fragilidad a través de estudios realizados previamente.

Capítulo III

Marco metodológico

En este capítulo se presentará la metodología utilizada para la elaboración del presente estudio, entre los cuales se mencionarán los materiales utilizados, la fuente de extracción y los criterios tomados en cuenta para la selección de los mismos, se dará a conocer el tipo, método, enfoque y diseño de esta investigación. Además, se describirán las variables que forman la base de este trabajo investigativo, las cuales fueron desglosadas en el capítulo I, siendo estas la variable independiente y la variable dependiente.

3.1 Materiales

Para la elaboración de esta investigación se realizó una búsqueda amplia a partir de la revisión de artículos científicos y libros de fisioterapia en el adulto mayor,

síndromes geriátricos, terapia acuática y Método Halliwick. Para obtener la información pertinente de los temas mencionados esta búsqueda se realizó a través de las siguientes bases de datos: Elsevier, SciELO, PubMed, Google Académico y Research Gate. Por otro lado también se incluyó páginas web oficiales como *Aquatic Rehabilitation Consultants*, para la búsqueda de terapia acuática y el Método Halliwick específicamente.

Durante esta observación los recursos bibliográficos fueron obtenidos utilizando las siguientes palabras clave: *Frailty, adulto mayor, elderly, hidroterapia, Halliwick, gerontology, aquatic therapy, hidrocinesiterapia, Síndrome de fragilidad*. Los siguientes corresponden a los términos de búsqueda utilizados para recolectar los documentos utilizados: *Aquatic exercise OR halliwick method, Old adults AND frailty, elderly AND muscle weakness, hydrotherapy OR hydrokinesitherapy*.

Esta revisión bibliográfica se basa en 89 bibliografías científicas, las cuales presentaron los criterios de inclusión y la evidencia necesaria para la realización de la misma. La siguiente **Figura 11** muestra el porcentaje de documentos científicos que se extrajeron de cada base de datos utilizada.

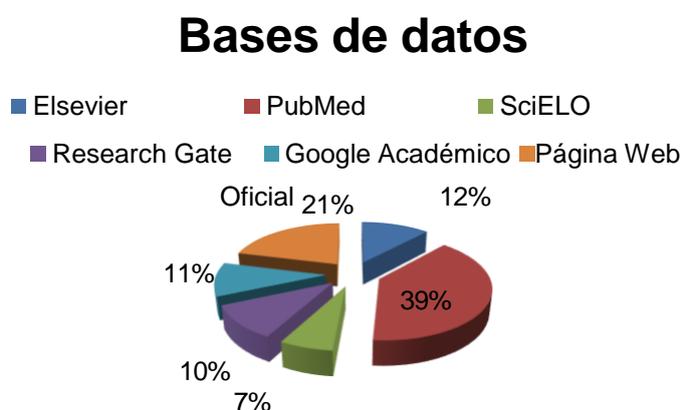


Figura 11. Porcentaje de material utilizado.

(Elaboración propia)

3.2 Métodos

3.2.1 Enfoque de investigación. Esta investigación es de tipo cualitativa.

Generalmente la forma de conocimiento de una investigación cualitativa es objetiva, pretende descubrir hechos y buscar resultados para formular leyes. Las variables son los elementos de estudio en una investigación de tipo cualitativa (Baena, 2017).

Este estudio de investigación es de tipo cualitativa dado que se pretende responder preguntas, correspondiente a los objetivos establecidos inicialmente para realizar este estudio, a través de la interpretación de información obtenida de investigaciones previas sin centrarse en datos medibles.

3.2.2 Tipo de estudio. El tipo de estudio para la investigación realizada es de tipo descriptivo. Dankhe en el año 1986 mencionó que los estudios de tipo descriptivo pretenden especificar las propiedades de los fenómenos analizados y proporcionan al lector características importantes acerca de todos los componentes del mismo.

A lo largo de este trabajo de investigación se describió la población, patología y tratamiento propuesto para el abordaje fisioterapéutico, a través de la recopilación de información en publicaciones científicas, por dicha razón el estudio fue de tipo descriptivo.

3.2.3 Método de estudio. El método de estudio de esta investigación es análisis y síntesis. Análisis y síntesis “son dos actividades simétricamente contrapuestas, el análisis significa disolución, descomposición en partes, en cambio la síntesis compone o forma un todo con elementos diversos” (Sierra Bravo citada por Baena, 2017, p.41). El análisis se realiza desde un todo, se discernen sus partes para luego dividir cada elemento. Por su parte, la síntesis parte de elementos divididos, los estudia y

posteriormente los integra en un solo conjunto encontrando la relación que tienen entre sí por medio del razonamiento (Baena, 2017).

Se consideró el análisis y síntesis como método de estudio para esta investigación debido a que se analizó detenidamente la información presentada en cada documento investigativo para poder extraer elementos de los mismos y con ellos construir la relación expuesta en este estudio, correspondiente al método Halliwick y el Síndrome de fragilidad presente en el adulto mayor.

3.2.4 Diseño de investigación. Esta investigación es no experimental - corte transversal. Una investigación no experimental es realizada sin manipular las variables, es decir, solamente se observan las variables para estudiarlas tal como suceden naturalmente, si bien puede tener intención explicativa, ningún fenómeno es provocado intencionalmente por el investigador (Hernández-Sampieri, 2018). El estudio transversal se refiere a la recolección de datos en un solo momento y tiempo específico para describir variables en una población establecida, analizar incidencias de las variables y la relación entre las mismas (Hernández-Sampieri, 2018).

Esta investigación es de tipo no experimental puesto que no se llevó a cabo ningún ensayo o aplicación del método Halliwick en los adultos mayores para observar los efectos físicos que genera, sino que se realizó la revisión bibliográfica para conocer los resultados que se han obtenido en estudios científicos existentes. A su vez, este estudio es de corte transversal debido a que se verificó la prevalencia de la fragilidad y la aplicación del método Halliwick en la población de adulto mayor en los últimos años.

3.2.5 Criterios de selección. El investigador debe especificar los criterios que deben cumplir las evidencias científicas para ser parte o no de la revisión bibliográfica que se realizará, a estas características se les conoce como criterios de selección. Los

criterios de inclusión son todas las características con las que debe contar el artículo, libro, tesis, revista científica o documento para ser parte de la investigación. A su vez, los criterios de exclusión son aquellas condiciones o características que presentan las evidencias científicas que pueden modificar o alterar los resultados, por lo que no son elegibles para la investigación (Gómez y colaboradores, 2016). En la **Tabla 4** se describe los criterios de inclusión y exclusión que se tomaron en cuenta para este estudio de investigación.

Tabla 4. *Criterios de selección para la investigación.*

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
<ul style="list-style-type: none">• Artículos en los que la población de estudio sea el adulto mayor.	<ul style="list-style-type: none">• Artículos y publicaciones científicas donde la población de estudio sea infantes.
<ul style="list-style-type: none">• Artículos, libros y revistas médicas en idioma español, portugués y/o inglés.	<ul style="list-style-type: none">• Artículos, revistas médicas, libros y tesis con fecha de publicación mayor a 15 años.
<ul style="list-style-type: none">• Artículos y tesis de pregrado donde la técnica estudiada sea el método Halliwick.	<ul style="list-style-type: none">• Publicaciones científicas en idiomas distintos al portugués, inglés y/o español.
<ul style="list-style-type: none">• Publicaciones científicas que describan el Síndrome de fragilidad.	<ul style="list-style-type: none">• Revistas, tesis y artículos donde el tema de estudio sea otro síndrome geriátrico.
<ul style="list-style-type: none">• Documentos que provean datos epidemiológicos y demográficos recientes, no mayor a cinco años de antigüedad.	<ul style="list-style-type: none">• Documentos que no contengan información con base científica.
<ul style="list-style-type: none">• Artículos donde se tomen en cuenta las manifestaciones clínicas del Síndrome de fragilidad.	<ul style="list-style-type: none">• Artículos donde el fortalecimiento muscular sea sobre tierra y no acuático.
<ul style="list-style-type: none">• Libros y artículos que hablen del ciclo de vida y los cambios que se ven en la etapa del envejecimiento.	<ul style="list-style-type: none">• Artículos que no hablen de la fisiopatología del Síndrome de fragilidad.
<ul style="list-style-type: none">• Artículos científicos que describan el fortalecimiento acuático en adultos mayores.	<ul style="list-style-type: none">• Estudios que presenten solamente otra técnica de hidrocinesiterapia, distinta al Método Halliwick.
<ul style="list-style-type: none">• Libros que describan la anatomía y fisiología del cuerpo humano.	<ul style="list-style-type: none">• Documentos científicos que no muestren las propiedades del agua como productores de los efectos sobre los adultos mayores.
<ul style="list-style-type: none">• Artículos, libros y documentos que describan la hidrocinesiterapia.	<ul style="list-style-type: none">• Papers, documentos y publicaciones que sean de páginas web no oficiales.

Nota: En esta tabla se enlistan los criterios de inclusión y exclusión que fueron tomados en cuenta para la elaboración de esta revisión bibliográfica (Elaboración propia).

3.3 Variables

Una variable hace referencia a una característica o propiedad que puede variar entre individuos, poblaciones o momentos. Sirven como instrumentos de análisis y se clasifican en independiente o dependiente (Baena, 2017)

3.3.1 Variable independiente. A la variable independiente también se le conoce como la causa que provoca el efecto. Corresponde al elemento o fenómeno que determina la ocurrencia de otro, esta variable puede ser controlada por el investigador. Es el tratamiento para la patología investigada y no se ve determinada por ninguna otra variable (Baena, 2017).

La variable independiente para este trabajo de investigación fue la hidroterapia en modalidad del Método Halliwick puesto que se propuso como técnica de aplicación que condiciona la calidad de vida del adulto mayor frágil.

3.3.2 Variable dependiente. Es aquella que representa el fenómeno o situación que están en función de otros. Corresponde al efecto y los cambios sobre los sujetos como resultado de la variable independiente. Esta variable, según Baena (2017) es la que sí puede ser manipulada por el investigador.

La variable dependiente seleccionada para esta investigación corresponde a la debilidad muscular por el Síndrome de fragilidad presente en el adulto mayor, quien recibe el efecto sobre su calidad de vida, incluyendo la salud física y mental.

3.3.3 Operacionalización de variables. Es un proceso en el cual se establece una definición conceptual y operacional de las variables de estudio, tanto la independiente como la dependiente (*Tabla 5*). En este se lleva el fundamento teórico a

un nivel empírico que permite evaluar y medir de manera concreta el fenómeno conceptualizado (Hernández-Sampieri, 2018).

Tabla 5. Operacionalización de variables.

Tipo de variable	Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional
Variable Independiente	Método Halliwick	La Asociación Internacional de Halliwick en el año 2011 definió el concepto Halliwick como una técnica para enseñar a todas las personas, principalmente aquellas que presentan dificultades físicas o del aprendizaje, a participar en actividades acuáticas y mejorar su funcionalidad.	El método Halliwick es una técnica de hidrocinesiterapia, se basa en un programa de 10 puntos en los cuales el paciente avanza progresivamente, generando beneficios físicos, psicológicos y sociales (Koprowski y colaboradores, 2012).
Variable dependiente	Debilidad muscular por Síndrome de fragilidad	La debilidad muscular se refiere a la pérdida de fuerza causada por el Síndrome de fragilidad, que se caracteriza por una disminución de las reservas fisiológicas o pérdida de la homeostasis (Dressendorfer, R., y Palmer, E., 2021).	Fried (2001) postuló las características fenotípicas de este síndrome: pérdida de peso involuntario, fatiga, lentitud en la marcha, bajo nivel de actividad física y debilidad muscular, ésta se ve más disminuida en miembros inferiores y se mide con la fuerza de agarre.

Nota: En esta tabla se definen las variables de estudio (Elaboración propia).

Capítulo IV

Resultados

Este capítulo cuenta con la redacción de las respuestas a los objetivos planteados en el Capítulo II, los cuales se basan en la revisión de estudios científicos para cada uno, detallando el año de realización, autores, población de estudio y los resultados que obtuvieron, logrando respaldar la aplicación del Método Halliwick en adultos mayores que presentan debilidad muscular como manifestación clínica del Síndrome de fragilidad. Además, se presenta la discusión y conclusiones que marcarán el final de este estudio de investigación.

4.1 Resultados

Se realizó una búsqueda de los mejores estudios de investigación para dar respuesta a los resultados y de esa manera, relacionar la aplicación del Método

Halliwick en adultos mayores con debilidad muscular por el Síndrome de fragilidad, correspondiente a la variable independiente y dependiente, respectivamente.

Primer objetivo. En la siguiente tabla (**Tabla 6**) se encuentra el primer objetivo planteado, seguido de cuatro resultados de los cuales tres son meramente de la fisiopatología del Síndrome de fragilidad y el último resultado corresponde a los cambios en la condición, el cual se consideró de importancia para relacionar los cambios fisiopatológicos en su evolución y el entendimiento de la patología como tal.

Tabla 6. Resultados de primer objetivo.

Primer Objetivo	Fisiopatología del Síndrome de fragilidad presente en adultos mayores con edades de 60 a 75 años para la identificación de los cambios a los que se ve sometido con base en la evidencia científica.
Resultado 1.	Meng, L., y colaboradores (2022)
Título del estudio	<i>Specific Metabolites Involved in Antioxidation and Mitochondrial Function Are Correlated with Frailty in Elderly Men</i>
Intervención	<p>Realizaron un estudio con muestra aleatorizada, en el cual determinaron el perfil de compuestos metabólicos sanguíneos utilizando una espectrometría de masas en tándem dirigida junto con el análisis estadístico. En total participaron 246 adultos mayores hombres, entre 62 y 100 años de edad. Los criterios de inclusión fue que tuvieran más de 60 años y pudieran comprender y responder de manera correcta cuestionarios y no tuvieran discapacidad cognitiva o mental severa. De los 246 participantes, 18 fueron clasificados como frágiles (7.3 %), 132 fueron pre-frágiles (53.7 %) y 96 fueron clasificados como no-frágiles (39.0 %). Los ancianos frágiles y pre-frágiles conformaron un solo grupo.</p> <p>El objetivo del estudio fue evaluar si los aminoácidos, la carnitina, acilcarnitinas y las lisofosfatidilcolinas están involucrados de manera significativa en la fragilidad, junto con la sarcopenia para conocer el mecanismo biológico de lo que sucede y de esa manera poder elaborar un abordaje más certero sobre la fragilidad. Se evaluó de manera integral la salud de los participantes, realizando un autorrelato de los hábitos de alcoholismo y tabaquismo, se realizó el <i>Charlson Comorbidity Score</i> para evaluar las comorbilidades presentes, <i>Geriatric Depression Scale-5</i> para la evaluación del componente de depresión, <i>Mini-Mental State Examination</i> para las funciones cognitivas, <i>Mini-Nutritional Assessment Short-Form</i> para medir el riesgo de malnutrición y para evaluar la dependencia funcional se les solicitó realizar seis actividades básicas de la vida diaria y ocho actividades instrumentales. La fragilidad fue evaluada por medio de los cinco componentes del fenotipo propuesto por FRIED.</p>

Se realizó una extracción de sangre por la mañana de la vena mediana cubital, se dejó reposar por 20 minutos y luego se realizó el proceso en una centrifugadora a 1,000xgramo por 10 minutos a 4°C. Posteriormente se realizó la examinación de la muestra sanguínea en un analizador bioquímico automático y test colorimétricos enzimáticos.

Resultados

Los resultados obtenidos de los parámetros químicos en las pruebas sanguíneas fueron: Los participantes con fragilidad mostraron concentraciones más bajas en los glóbulos rojos y hemoglobina comparado con los no-frágiles, al igual que la proporción de ácido úrico y alanina aminotransferasa. En otros parámetros como la albúmina, glucemia en ayunas, triglicéridos, colesterol, lipoproteína de baja y alta densidad mostraron diferencias significativas entre los dos grupos. En los ancianos frágiles se observó alteraciones específicas con respecto a los aminoácidos. La concentración del triptófano fue significativamente menor en el grupo frágil, la glicina fue considerablemente más alta en comparación con el grupo no-frágil. Las alteraciones en la lisofosfatidilcolinas séricas en adultos mayores frágiles fueron evidentes.

Resultado 2.

Andreux, P., y colaboradores. (2018)

Título del estudio

Mitochondrial function is impaired in the skeletal muscle of pre-frail elderly.

Intervención

Realizaron un ensayo clínico en el que compararon los niveles de función mitocondrial muscular en adultos mayores pre-frágiles y adultos mayores robustos. Participaron 22 adultos mayores, 11 pre-frágiles y 11 en el grupo de ancianos activos (6 hombres y 5 mujeres en cada grupo). En el grupo de ancianos pre-frágiles solamente finalizaron el estudio 5 hombres y 5 mujeres dado que un participante no cumplió con todas las sesiones. Todos los participantes fueron caucásicos, a excepción de uno que era descendiente Afro-holandés.

El objetivo de este estudio fue identificar el nivel de disfunción mitocondrial muscular en adultos mayores pre-frágiles mayores de 60 años de edad, comparado con el estado de función mitocondrial a nivel muscular en adultos mayores robustos, utilizando una espectroscopia de resonancia magnética (RM) y biomarcadores específicos para su medición. Se realizaron test adicionales el primer y último día, Día 1 y Día 14, *Short Physical Performance Battery*, test de agarre utilizando un dinamómetro marca Jamar, fuerza de cuádriceps, estabilidad postural y la RM. La función mitocondrial fue medida en músculos gastrocnemios utilizando la RM y fosfocreatina para evaluar el tiempo que tarde en refosforilarse cuando la mitocondria crea el ATP.

Resultados

El tiempo de recuperación de la fosfocreatina dada por la producción de ATP en la mitocondria fue significativamente mayor en el grupo de ancianos pre-frágiles que tardaron 40.82 segundos versus 29.53 segundos en los ancianos activos, lo cual indica que el anciano pre-frágil ocurre un proceso de disminución en la velocidad de producción de ATP mitocondrial. Se observó también que las mitocondrias a nivel muscular en ancianos pre-frágiles son menos abundantes y/o eficientes que en ancianos no frágiles. El ADN mitocondrial y el ADN nuclear se muestra con mayor proporción en ancianos no frágiles comparados con los pre-frágiles. La desregulación a nivel de genes en adultos mayores pre-

frágiles estuvo relacionado con el procesamiento y transducción del ARN, la actividad de histona H4 acetiltransferasa, oxidación de ácidos grasos, metabolismo de aminoácidos, y la gran mayoría corresponde a la mitocondria y su cadena respiratoria.

Resultado 3.

Tomkova, K., y colaboradores. (2021)

Título del estudio *A systematic review and meta-analysis of studies that have evaluated the role of mitochondrial function and iron metabolism in frailty.*

Intervención Realizaron una revisión sistemática y metaanálisis de estudios que evaluaran los resultados en mediciones del metabolismo del hierro o la función mitocondrial en individuos con y sin fragilidad, incluyendo aquellos que tuvieran o no sarcopenia, sin importar el tamaño de la muestra, la fecha de publicación o raza de los participantes. También incluyeron algunos estudios con muestra animal.

El objetivo del estudio fue identificar las diferencias entre la función mitocondrial y el metabolismo del hierro entre adultos mayores frágiles y no-frágiles. Se realizó una búsqueda en las siguientes bases de datos: PubMed, Cochrane library, Ovid Medline, Scopus y BioRxiv, siendo la última fecha de búsqueda el 25 de noviembre del año 2019. En total 107 estudios fueron incluidos, de los cuales 32 realizaron pruebas en humanos, 34 en ratas y 41 en ratones. Evaluaron la fragilidad utilizando los siguientes enfoques: edad (57 estudios), inmovilización o vida sedentaria (13 estudios), sarcopenia (8 estudios), fenotipo de FRIED (10 estudios), otros (4 estudios).

Resultados Los estudios que evaluaron la relación entre el ADN mitocondrial con el ADN nuclear mostraron valores significativamente más bajos en los individuos con fragilidad en comparación con los no-frágiles. La expresión genética de la *Dynamin related protein 1*, el cual es un regulador de la división mitocondrial se observó en menor cantidad en adultos mayores frágiles. Con respecto a la expresión genética de fusión mitocondrial, la Mitofusina 1, Mitofusina 2 y la *Mitochondrial Dynamin Like GTPase* evidenciaron una disminución en los individuos frágiles. En los procesos de respiración mitocondrial, siendo estos el complejo I-V y la expresión proteica/genética se evidenciaron significativamente reducidos en los sujetos con fragilidad. Por otro lado, en los procesos de respiración mitocondrial, la relación fosfato/oxígeno, que hace referencia al número de átomos de fósforo incorporados al ATP por cada dos electrones usados para la utilización de oxígeno, se vio significativamente menor en adultos frágiles. La fragilidad se asoció con la disminución significativa del consumo de oxígeno a nivel celular y un aumento en la concentración de hemoglobina en la sangre. En los procesos de apoptosis celular, estrés oxidativo y autofagia no se observó diferencias significativas entre adultos frágiles y no-frágiles.

Resultado 4.

Marchiori, G., y Tavares, D. (2017)

Título del estudio *Cambios en las condiciones de fragilidad y componentes del fenotipo en ancianos después de hospitalización.*

Intervención Realizaron un estudio de tipo longitudinal y analítico, llevado a cabo en Brasil durante abril de 2013 a marzo de 2014, en la hospitalización del adulto mayor y posteriormente abril de 2014 a marzo de 2014, un año

después del alta del anciano. La primera muestra fue de 265 ancianos mayores de 60 años y que fueran a ser hospitalizados en clínicas médicas (CM) o clínicas quirúrgicas (CQ). Para la segunda recolección se tomaron en cuenta solamente 129 ancianos y los demás fueron excluidos por razones como: haber fallecido, disminución cognitiva, secuelas graves de evento cerebrovascular (ECV), fueron hospitalizados nuevamente, cambiaron de residencia o rechazaron participar.

El objetivo de este estudio fue describir los cambios en condiciones de fragilidad, dando seguimiento un año después del alta hospitalaria, verificar variables predictivas del cambio de fragilidad y fenotipo según el estado de empeoramiento, estabilidad o mejoría. Los datos fueron recolectados en ambos momentos por entrevistadores previamente capacitados. El Síndrome de fragilidad fue evaluado por el fenotipo propuesto por Fried: Pérdida de peso no intencional, utilizaron la siguiente pregunta ¿En el último año, usted perdió más de 4,5 kg sin intención (es decir, sin dieta o ejercicio)?, disminución de fuerza muscular, por medio de prensión palmar con dinamómetro SAEHAN obteniendo la media de tres intentos seguidos, la fatiga fue evaluada por dos preguntas de la versión brasileira de la escala de depresión del *Center for Epidemiological Studies*, la lentitud en la velocidad de la marcha fue medida con cronómetro profesional el tiempo que se demoró en recorrer 4.6 metros, se tomó la media de tres intentos, bajo nivel de actividad física, medido con el consumo semanal de Kcal, considerando inactivos aquellos que realizaban de 0 a 149 minutos de actividad física en la semana. Se clasificó a los ancianos en grupos de mejoría (de frágil a pre-frágil o no frágil, además de pre-frágil a no-frágil), estabilidad (mantuvo la condición inicial en el segundo momento) y empeoramiento (anciano no-frágil a pre-frágil o frágil y de pre-frágil a frágil).

Resultados

En ambos momentos se verificó que hay más porcentaje de fragilidad en el sexo femenino y pre-fragilidad o no-frágil para el sexo masculino. En la internación hospitalaria la mayoría de los ancianos frágiles, no-frágiles y pre-frágiles utilizaban más de cinco medicamentos y eran independientes para las actividades de la vida diaria (ABVD). Después del alta hospitalaria se identificó cinco o más morbilidades en ancianos frágiles y dependencia para ABVD, las morbilidades aumentaron para los pre-frágiles, pero permanecieron independientes para ABVD. Para analizar los cambios que se vieron en las condiciones de fragilidad se tomaron en cuenta los 129 que participaron en ambos momentos y 20 ancianos que fallecieron durante el acompañamiento, siendo 149 en total. El mayor porcentaje fue para ancianos no-frágiles que pasaron a ser pre-frágiles 56.7 %, 23.8 % mostró mejoría de frágil a pre-frágil, 2.4 % mostró cambio de frágil a no-frágil, no se obtuvo cambio de no-frágil a frágil. El resultado de muerte representó 28.6 % en frágiles y 10.4 % en pre-frágiles.

Con relación al fenotipo de fragilidad, el aumento de morbilidades presentó 1.26 veces más de empeorar el autorrelato de fatiga. El grupo de mejoría tuvo aumento de dependencia en actividades instrumentadas de la vida diaria (AIVD), representando 1.42 veces más de perder peso involuntariamente. En el grupo de mejoría se observó que la disminución en el puntaje de depresión se consideró factor protector para la baja actividad física. Por el otro lado, no se observó ninguna variable predictiva para la mejoría o empeoramiento del componente de lentitud en la marcha o disminución en la fuerza muscular.

Nota: En esta tabla se muestran los resultados correspondientes al primer objetivo.

Segundo objetivo. La **Tabla 7** muestra los resultados extraídos de estudios experimentales que validan el programa de fortalecimiento acuático dentro de la rehabilitación del adulto mayor con debilidad muscular, planteamiento que corresponde al segundo objetivo. Se elaboró un conjunto de tres resultados para dar respuesta a este objetivo.

Tabla 7. Resultados del segundo objetivo.

Segundo Objetivo	Trabajo de fortalecimiento acuático para disminuir el riesgo de caídas en adultos mayores con edades de 60 a 75 años que presentan debilidad muscular por el Síndrome de fragilidad para su validación en la práctica.
Resultado 1.	Kim, J., y colaboradores. (2021)
Título del estudio	<i>Aquatic Exercise Positively Affects Physiological Frailty among Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Clinical Trial</i>
Intervención	Realizaron un estudio de control aleatorizado de doce semanas en Busa, Korea del Sur, siendo su muestra 30 mujeres de 70 a 82 años de edad que no realizaran actividad física habitual en los últimos 6 meses. Fueron excluidas aquellas que estuvieran bajo medicación durante el estudio, que no tuvieran una dieta balanceada o consumieran alcohol en exceso y que no quisieran participar durante todo el estudio. Se clasificó aleatoriamente dos grupos, un grupo de ejercicio acuático y un grupo control, cada uno de 15 mujeres de las cuales participaron hasta el final solamente 12 del grupo de ejercicio acuático y 10 del grupo control. El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de un programa de fortalecimiento acuático de doce semanas sobre la composición corporal, el riesgo de sufrir una alteración cardiovascular, la resistencia a la insulina y las alteraciones a nivel hormonal dadas por el envejecimiento, siendo estas estrechamente asociadas a la fragilidad. El programa seleccionado para realizar por el grupo de ejercicio acuático fue basado en dos programas propuestos en otros artículos, siendo estos el estudio de Ha y colaboradores (2018) y Kim y colaboradores (2018). La temperatura del agua se mantuvo entre 28 y 30°C. Se realizó un periodo de adaptación al agua una o dos semanas antes de iniciar las sesiones de ejercicio acuático, las cuales fueron 3 a la semana por 12 semanas. Las sesiones constaron de 10 minutos de calentamiento, 40 minutos de ejercicio y 10 minutos de vuelta a la calma. La intensidad del ejercicio se mantuvo entre 30 y 60 % de la frecuencia cardiaca. Evaluaron la composición corporal, incluyendo la masa muscular, porcentaje de grasa corporal y la circunferencia de la cintura, antes y después de las 12 sesiones de ejercicio acuático.
Resultados	En el grupo control se observó una disminución significativa de la masa muscular, leve aumento del porcentaje de grasa corporal y aumento en la <u>circunferencia de la cintura. El peso corporal y el índice de masa corporal</u>

no difirieron mucho en ambos grupos. En el grupo de ejercicio acuático se observó efectos e interacción positiva sobre el porcentaje de masa muscular, el porcentaje de grasa corporal tuvo un efecto significativo y la circunferencia de la cintura también mostró una disminución y efectos positivos.

Concluyeron que el ejercicio acuático ayuda a mantener la masa muscular, lo cual es difícil de realizar en la vejez. Recomendaron la aplicación de un programa de ejercicio acuático para mantener las propiedades corporales puesto que es seguro de realizar, además, se aumenta los efectos del ejercicio, potenciando el rendimiento muscular al aumentar la resistencia que provee el agua.

Resultado 2.

Martínez-Carbonell y colaboradores. (2019)

Título del estudio *Does aquatic exercise improve commonly reported predisposing risk factors to falls within the elderly? A systematic review*

Intervención

Realizaron una revisión sistemática para evidenciar el rol del medio acuático en la disminución de caídas en adultos mayores con edades de 60 a 80 años. Para ser tomados en cuenta, los estudios debían especificar el tipo de ejercicio realizado en el medio acuático, haber comparado el ejercicio acuático con el ejercicio realizado en tierra o comparar diferentes tipos de ejercicio acuático para prevenir caídas en la población de estudio.

El objetivo del estudio fue evaluar la efectividad del medio acuático para reducir factores de riesgo modificables que predisponen al adulto mayor a presentar caídas. Se realizó una búsqueda computarizada de estudios realizados de enero de 2005 a mayo de 2018, utilizando las siguientes bases de datos: ISI Web of Knowledge, ProQuest, PubMed, Science Direct, SPORTDiscus, Cochrane Central Register of Controlled Trials y Google Academic. Los estudios fueron seleccionados en base a los criterios de inclusión, evaluando el título del estudio, posteriormente fue revisado el texto completo del artículo mediante dos investigadores (EMCG y LB) los cuales extrajeron información pertinente como número de participantes, edades, sexo, descripción de la intervención y resultados obtenidos. Se realizó una evaluación a través de PEDro para calificar la calidad de cada artículo.

Solamente 14 estudios cumplieron los criterios, 12 fueron ensayos de control aleatorizado, 2 fueron estudios de tipo cuasiexperimental. De ellos 9 estudios evaluaron específicamente el impacto del entrenamiento acuático en la mejora de la fuerza muscular, 9 evaluaron el equilibrio posterior al entrenamiento acuático y 4 evaluaron diferentes componentes de la salud física, entre ellos la flexibilidad, agilidad, resistencia. Para evaluar la flexibilidad se realizó la prueba de *Sit and reach*, el equilibrio dinámico se evaluó mediante la escala de Berg y el *Timed up and go test*, y la fuerza fue evaluada con la prueba de agarre utilizando un dinamómetro.

Resultados

La mayoría de estudios tuvo una muestra de entre 20 y 66 participantes, 4 estudios incluyeron tanto hombres como mujeres, 4 estudios solamente mujeres y 3 estudios evaluaron solamente hombres. Al final de las sesiones de entrenamiento acuático se observó mejoras en la flexibilidad, equilibrio y fuerza. De 4 estudios que se comparó el entrenamiento en tierra con el entrenamiento acuático, en 2 no se observó diferencias en las variables de flexibilidad, equilibrio y fuerza, aunque el grupo de

entrenamiento acuático sí mostró aumento en el equilibrio. Los estudios que incluyeron ejercicios de flexibilidad no mencionaron los ejercicios específicos realizados. Solo 5 estudios indicaron los ejercicios de equilibrio que realizaron. En general, el trabajo de fortalecimiento se centra en los grupos musculares largos de miembros superiores e inferiores.

Estos autores remarcaron la evidencia para realizar un programa de entrenamiento acuático como medio para disminuir los factores de riesgo que predisponen al adulto mayor a presentar caídas. Además, el medio acuático potencia la funcionalidad muscular, por lo que se retrasa la aparición de sarcopenia.

Resultado 3.

Alves, F., y colaboradores. (2018)

Título del estudio *Balance as an Additional Effect of Strength and Flexibility Aquatic Training in Sedentary Lifestyle Elderly Women*

Intervención Realizaron un ensayo clínico controlado con 52 mujeres sedentarias con edades entre 60 y 75 años, siendo 67.3 años la edad media, que autorrelataran su estado de salud como sano, no fumadoras, que no hubieran practicado ejercicio físico en los últimos dos años y que no realizaran una caminata de 2 km más de dos veces a la semana. Fueron divididas al azar en el grupo acuático, las cuales recibieron la intervención de entrenamiento acuático y un grupo control, que no recibió ningún tipo de intervención. En ambos grupos los participantes mostraron un índice de masa corporal clasificado como sobrepeso.

El propósito del ensayo fue evaluar los efectos sobre el equilibrio que tiene un programa de entrenamiento acuático para fortalecimiento y flexibilidad en mujeres adultas mayores sedentarias. La fuerza muscular fue medida con un sensor de fuerza y realizando fuerza isométrica, la flexibilidad fue evaluada con la acción de tocar el piso con las puntas de los dedos de las manos y se midió la distancia entre la muñeca y el suelo, el equilibrio fue evaluado con la escala de Tinetti y la escala de Berg. La intervención duró cuatro meses, teniendo una sesión de una hora, dos veces a la semana. La temperatura del agua estuvo aproximadamente en 31.5°C. Las primeras cuatro sesiones se utilizaron para la adaptación al agua, las siguientes veintiocho sesiones se realizó el entrenamiento acuático utilizando el programa propuesto por Candeloro y Caromano (2007), el cual consiste en 29 actividades, 6 para calentamiento, 8 ejercicios de fortalecimiento muscular, 11 ejercicios de flexibilidad y 4 ejercicios de relajación. Se realizó en parejas, 10 minutos se tomaron en cada sesión para tomar los signos vitales y los otros 50 minutos correspondieron al programa mencionado.

Resultados

En las mediciones posteriores a la intervención, se observó una disminución significativa en la distancia entre muñeca y suelo en el grupo acuático, correspondiente a un aumento de flexibilidad. De la misma manera, la fuerza muscular aumentó en todos los segmentos de miembros inferiores, siendo estos cadera, rodilla y tobillo. A su vez, la evaluación de equilibrio mostró mejoras significativas, posterior a la intervención. Los autores concluyeron que, a pesar de que el entrenamiento estaba dirigido hacia fortalecimiento y flexibilidad, se observó una mejora en el equilibrio. Estos tres componentes se ven afectados en la etapa del envejecimiento, por lo que, intervenciones de este tipo reducen el riesgo de caídas en el adulto mayor.

Nota: En esta tabla se muestran los resultados correspondientes al segundo objetivo.

Tercer objetivo. A continuación, se encuentra la **Tabla 8** que corresponde a cuatro resultados planteados con base experimental y teórica que describen los principios de aplicación, es importante mencionar que estos principios son propios del concepto Halliwick y que no difieren entre patologías ni participantes.

Tabla 8. Resultados del tercer objetivo.

Tercer Objetivo	Principios de la hidroterapia en modalidad del método Halliwick para su aplicación en el adulto mayor con edades de 60 a 75 años que presenta debilidad muscular por el Síndrome de fragilidad a través de estudios realizados previamente.
Resultado 1.	Gomes, T., y Brandao, P. (2021)
Título del estudio	<i>O papel da hidroterapia em tratamento com idosos.</i>
Intervención	Realizaron un estudio de campo, de tipo exploratorio y descriptivo, con carácter cuantitativo, en el cual describieron los ejercicios del concepto Halliwick para mejorar factores como la fuerza muscular, prevenir caídas y aumentar la flexibilidad en adultos mayores por alteraciones causadas por el proceso de envejecimiento como lo es el Síndrome de fragilidad. El objetivo del estudio fue analizar cómo la hidroterapia actúa para mejorar los procesos de salud corporal y promueve la independencia motora en adultos mayores, basado en estudios realizados previamente. Se realizó un cuestionario abierto a 10 adultos mayores que tenían sesiones de hidrocinesiterapia, siendo 9 mujeres y 1 hombre. Primero se realizó una breve entrevista conversatoria y posteriormente se solicitó responder una encuesta semi-abierta realizada en Google Forms para conocer datos como edad, estado civil, grado de escolaridad, género, frecuencia de la práctica y los beneficios percibidos por el paciente de la práctica de hidrocinesiterapia en la realización de actividades de la vida diaria. Sin mencionar los ejercicios que realizaron, resaltan el concepto Halliwick como de gran importancia.
Resultados	Con base en los resultados obtenidos se deduce que los principios que componen este método son: <ul style="list-style-type: none">• Posee efectos en las esferas de salud, física y social: El 60 % de los adultos mayores mencionó el aumento en las capacidades físicas como el componente principal de mejora, el 30 % mencionó la relajación muscular y solo un 10 % atribuyó la disminución del estrés como beneficio.• Se realizan actividades grupales: El 50 % mostró mejora en el área de interacción social, 40 % de los participantes mencionaron el aumento de autoestima como principal beneficio y el 10 % consideró el área afectiva como beneficio.
Resultado 2.	Ramos, C., y colaboradores. (2020)

Título del estudio *Effects of aquatic physiotherapy versus conventional physical therapy on the risk of fall in the elderly: a randomized clinical trial.*

Intervención Realizaron un ensayo clínico aleatorizado experimental, en el cual participaron 38 personas mayores de 60 años de edad, de ambos sexos, que reportaran casos de caídas de 6 meses atrás, 35 personas finalizaron toda la intervención, dado que un participante fue hospitalizado por anemia, uno por tratamiento de cáncer y un participante falleció. El objetivo del estudio fue identificar si el tratamiento en el medio acuático es más efectivo que el tratamiento realizado en tierra, destinados a mejorar los procesos de limitación a nivel físico y funcional, como lo es la velocidad en la marcha, la estabilidad y las habilidades motoras. Fueron divididos en dos grupos, conformando 19 participantes el grupo experimental (terapia acuática) y 19 participantes en el grupo control (terapia convencional). Se asignó fisioterapeutas expertos en el Método Halliwick a cada grupo. Las pruebas utilizadas para las mediciones de los componentes valorados fueron: *Timed Up and Go Test*, *Sit-to-Stand* y el Test de alcance funcional. Se realizó ejercicios similares en ambos grupos, la diferencia fue marcada por el medio en el que se encontraban. Para el grupo experimental se realizó ejercicios correspondientes al programa de 10 puntos del concepto Halliwick. Se realizó tres mediciones, antes, en medio y al finalizar la intervención.

Resultados En todos los test de evaluación realizados en la tercera medición, es decir, al finalizar la intervención se observó una diferencia significativa a favor del grupo experimental.

Los autores mencionaron que la obtención de los resultados presentes en el estudio es dada en parte por:

- El sentimiento de poder realizar actividades y tareas que no eran capaces de lograr fuera del medio acuático, lo que corresponde al principio del concepto Halliwick que se debe enfocar en las habilidades que tiene dentro del agua y no la discapacidad.
- Ejercicios basados en el programa de 10 puntos, lo cual evidencia la progresión del participante.
- Las propiedades físicas del agua son generadoras de los efectos.

Resultado 3. Koprowski, M., y colaboradores. (2012)

Título del estudio *The Halliwick Concept, inclusion and participation through aquatic functional activities.*

Intervención Realizaron un estudio de tipo descriptivo en el cual presentaron resultados cualitativos y cuantitativos de la aplicación del Método Halliwick en cualquier persona con discapacidades física y/o mental. Hicieron el uso de una piscina para realizar la aplicación del Método en personas con diferentes tipos y niveles de discapacidad. La piscina presentó las siguientes medidas: 13 metros de largo y 5 metros de ancho. Con respecto a la profundidad 0.95 metros lo menos hondo y 1.45 metros lo más profundo.

El objetivo de este artículo fue presentar resultados cuantitativa y cualitativamente sobre la aplicación del Método Halliwick en personas con discapacidades. Los participantes no utilizaron ningún tipo de flotador, recibieron ayuda mínima o nula de los instructores puesto que la filosofía de Halliwick postula que la ayuda de flotadores permite un proceso respiratorio difícil, produce una sensación falsa de seguridad y el individuo puede volverse dependiente. Los participantes fueron divididos en tres grupos dependiendo de sus habilidades dentro del agua y no su discapacidad. Luego de alcanzar el control postural, los participantes se involucraban en actividades más independientes, muchos individuos en este punto mencionaron ser la primera vez que lograban realizar movimientos de manera independiente, aunque no tuvieran experiencia en el agua, gracias al programa de 10 puntos propuestos en el concepto Halliwick.

Se observó constantemente a los sujetos, su comportamiento y sus necesidades estando en casa para evaluar su participación y rendimiento acorde con el nivel de habilidades que tuviese en el agua.

Resultados

Los principios que fundamentaron la realización de este método son:

- El concepto Halliwick se basa en que todos pueden aprender a nadar y que el sentimiento de felicidad permite alcanzar los objetivos propuestos por este método.
- Trabajar en grupo puesto que ofrece un mayor aprendizaje y mejora las capacidades sociales.
- Utilizar juegos para “aprender jugando”.
- El instructor brinda apoyo físico en ciertos puntos para que el participante realice las actividades con mínima intervención del instructor.
- Las propiedades físicas del agua permiten desarrollar habilidades físicas, emocionales y sociales.
- El programa de 10 puntos, permite el aprendizaje basado en pre-requisitos y permite realizar movimientos dentro del agua que son difíciles de realizar en tierra.

Resultado 4.

Kokaridas, D., y Lambeck, J. (2015)

Título del estudio *The Halliwick Concept: Toward a Collaborative Aquatic Approach.*

Intervención

Realizaron un estudio de tipo descriptivo.

El objetivo del estudio fue describir el Método Halliwick, identificar posibles áreas en las que se puede aplicar el Método y describir los principios del concepto Halliwick. Mencionan que el Método Halliwick es una estrategia de intervención para adultos y niños, y se enfoca en objetivos dependiendo el nivel de funcionalidad, estructura y actividades de cada sujeto. Se enfoca en el desarrollo de actividades realizadas en tierra, pero utilizando el medio acuático para facilitar este proceso de aprendizaje. Para medir la progresión del paciente se creó el sistema de banderas de colores que indican el nivel de habilidades que tenga el sujeto, que corresponde a los componentes propuestos por la Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud (CIF). Existen dos momentos para la medición de habilidades: dentro del agua y en tierra.

Resultados	<p>Los principios descritos en este estudio son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las propiedades hidrodinámicas del agua fundamentan la base del Método Halliwick. • Basado en la progresión del programa de 10 puntos. • El Método Halliwick posee la capacidad de ser aplicado en diferentes situaciones, que van desde aumentar la estabilidad articular en la rodilla hasta preparar a un sujeto para participar en competiciones de natación, todo depende de las habilidades, necesidades, restricciones individuales para lograr un aumento de la función e independencia para las actividades de la vida diaria del paciente. • Se enfoca en la enseñanza de las habilidades sin el uso de flotadores. • Este Método se enfoca en un modelo bio-psico-social. • Es un método en el que cualquier persona con dificultades físicas o de aprendizaje puede ser participante.
-------------------	---

Nota: En esta tabla se muestran los resultados correspondientes al tercer objetivo.

4.2 Discusión

El entrenamiento acuático debe ser precedido por una etapa de adaptación al agua. Koprowski, M., y colaboradores (2012) mencionan esta etapa como el primer nivel del Método Halliwick, en donde el adulto mayor es educado para responder correctamente a su nuevo entorno y se adapta mentalmente al agua. Alves, F., y colaboradores (2020) están de acuerdo con esta etapa y la llaman “pre-entrenamiento”, en su estudio utilizan cuatro sesiones antes de iniciar el programa de entrenamiento acuático para que el anciano se adaptara al ambiente acuático. Kim, J., y colaboradores (2021) también mencionan realizar un período de adaptación al agua una o dos semanas previas a las sesiones de entrenamiento. Sin embargo, autores como Martínez-Carbonell y colaboradores (2019) junto con Waller, B., y colaboradores (2016) no mencionan esta etapa en su revisión sistemática.

La temperatura que debe tener el agua para realizar una sesión de hidrocinesiterapia en el adulto mayor debe ser entre 31 y 34°C según Ramos, C., y

colaboradores (2020). Este rango de temperatura es respaldado, a su vez, por Alves, F., y colaboradores (2020) quienes mencionan una temperatura de 31 a 33°C, con una media de 31.5°C. Por su parte, Kim, J., y colaboradores (2021) mencionan una temperatura de 28 a 30°C para la intervención en adultos mayores. Martínez-Carbonell y colaboradores (2019) en su revisión sistemática, menciona que la mayoría de estudios presenta una temperatura del agua entre 28 a 32°C, dos estudios en su revisión no mencionan los grados mantenidos. Bergamin, M., y colaboradores (2014) mencionan que es mejor utilizar una temperatura de 28°C porque temperaturas mayores pueden agregar factores estresantes adicionales que repercuten negativamente en el objetivo del entrenamiento del adulto mayor.

Con respecto a los metros de profundidad de la piscina todos los autores varían. La profundidad ideal de la piscina para realizar las sesiones de ejercicio acuático en adultos mayores es de 1.3 metros y con dimensiones de 6.0 x 4.0 metros (Alves, F., y colaboradores 2020). Soares, C., y colaboradores (2013) mencionan que la profundidad debe ser de 1.4 metros y un largo de 25 metros. De acuerdo con Salari, M., y colaboradores (2020) las dimensiones de la piscina donde se realice la intervención deben ser de 7.0 x 6.0 metros, con una profundidad de 1.1 metros. Por su parte, Martínez-Carbonell y colaboradores (2019) mencionan que la mayoría de estudios presenta una profundidad de menor cantidad, sin mencionar los metros de profundidad, menciona que el agua cubre hasta la cintura o en algunos casos hasta la apéndice xifoides del paciente, sin embargo, dos de los estudios de su revisión sistemática presentan una profundidad de 1.8 metros pero no aclaran en qué nivel se realiza.

La frecuencia de realización de hidrocinesiterapia en la modalidad estudiada es de tres veces por semana, Salari, M., y colaboradores (2020) junto con Gomes, T., y Brandao, P. (2021) mencionan esta frecuencia semanal para ver los efectos en menor

tiempo. Por su parte, Sato, D., y colaboradores (2011) mencionan que la fuerza muscular puede ser aumentada con una sola sesión semanal, sin embargo, para obtener resultados significativamente mayores en los componentes de fuerza, balance y flexibilidad las sesiones deben ser realizadas dos o tres veces a la semana. Martínez-Carbonell y colaboradores (2019) menciona que la mayoría de estudios presenta una frecuencia de dos días a la semana, en esta revisión se encuentra un solo autor que menciona cinco veces a la semana y de esa manera se puede disminuir la semanas de duración de la intervención (Walia, R., 2012). Waller, B., y colaboradores (2016) mencionan que no hay diferencias significativas en entrenar tres o dos veces a la semana por lo que sugieren una frecuencia de dos sesiones semanales.

4.3 Conclusiones

El Síndrome de Fragilidad es uno de los síndromes geriátricos más comunes en el adulto mayor. La fisiopatología está constituida por trastornos relacionados con el envejecimiento junto con factores ambientales, dichas alteraciones corresponden a la sarcopenia, la disfunción neuroendocrina y la disfunción del sistema inmunitario. Sin embargo, estudios recientes muestran una relación directa con la disfunción mitocondrial a nivel muscular, correspondiente a la disminución del ADN mitocondrial, disminución en la velocidad de producción de ATP y disminución en la cantidad de mitocondrias existentes en el musculoesquelético.

Un programa de fortalecimiento acuático reduce el riesgo de caídas en el adulto mayor. El aumento de fuerza muscular, en su mayoría de miembros inferiores, el aumento en la flexibilidad y la mejora del equilibrio permitirá al anciano aumentar sus capacidades durante la marcha y disminuyen los factores de riesgo que lo predisponen a

tener un evento adverso. Además, disminuye la aparición de la sarcopenia, la cual forma parte importante de la fisiopatología del Síndrome de fragilidad.

El Método Halliwick está destinado a todas las personas con cualquier nivel y tipo de discapacidad. Sus efectos y progresión están dados por los principios en los que se basa el método. El programa de 10 puntos se divide en tres niveles de aprendizaje, se compone de diferentes movimientos y ejercicios en los tres planos anatómicos. Esta técnica de hidrocinesiterapia hace énfasis en las capacidades que tiene el individuo dentro del agua y no su discapacidad. Las propiedades del agua constituyen parte importante para la adquisición de los efectos, siendo éstos representados en la esfera bio-psico-social del adulto mayor.

4.4 Perspectivas y/o Aplicaciones prácticas

Actualmente, en Guatemala está iniciando una temporada en la cual la fisioterapia y su verdadero significado está alcanzando a más personas. Sin embargo, aún quedan muchos guatemaltecos con un pensamiento erróneo de lo que es esta ciencia y arte. Por lo que, los profesionales sanitarios de este campo tienen la responsabilidad de implementar nuevos métodos que formen parte del tratamiento de los pacientes y, de esa manera, anular el concepto de que el abordaje en fisioterapia solamente está compuesto por técnicas de masoterapia.

La hidroterapia no ha tenido su auge en muchos países, las técnicas específicas de hidrocinesiterapia, como lo es el Método Halliwick no han sido muy investigadas en su aplicación de patologías musculoesqueléticas. Si bien, se encuentran muchos estudios experimentales en los que realizaron la intervención en adultos mayores con Parkinson u otras alteraciones a nivel neurológico en distintas poblaciones, a lo largo de

la recolección de recursos bibliográficos para la realización de esta investigación, se observó claramente la falta de evidencia científica donde la población de estudio sean adultos mayores con el Síndrome de fragilidad, por lo que se sugiere la realización de los mismos con la población de este estudio de investigación.

Con este trabajo de investigación, se pretende demostrar la posibilidad de realizar este método en adultos mayores con el Síndrome de fragilidad y los efectos que mejorarán su calidad de vida. Además, se desea aportar una base para que futuros tesisistas e investigadores realicen estudios experimentales del Método Halliwick en la población mencionada y de esa manera cubrir la necesidad de más evidencia científica actual.

Con este estudio se desea llegar también a los fisioterapeutas que ejercen esta profesión en su clínica dentro de Guatemala, para hacer un llamado a considerar la utilización de este método de hidrocinesiterapia dentro del abordaje de los pacientes elegibles tanto para el proceso de rehabilitación como también para la promoción de salud y prevención de enfermedad, por la magnitud de sus efectos en calidad y cantidad que cambiarán la calidad de vida de los pacientes y la carrera profesional del fisioterapeuta al ser pionero en la utilización del Método Halliwick en nuestro país.

Referencias

- Aguilera, J. (2017). *El agua en el cosmos. La matriz de la vida*. Barcelona, España: RBA.
- Alves, F., Callil, M., Brumini, C., Suda, E., da Silva, R., & Aparecida, F. (2020). Balance as an Additional Effect of Strength and Flexibility Aquatic Training in Sedentary Lifestyle Elderly Women. *Current gerontology and geriatrics research*, 2020(1), 1895473. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/1895473>
- Amblàs-Novellas, J., Carles, J., Espauella, J., Oller, R., Molist-Brunet, N., Inzitari, M., & Romero-Ortuno, R. (2018). Frail-VIG index: a concise frailty evaluation tool for rapid geriatric assessment. *BMC Geriatrics*, 18(29), 1-10. DOI: 10.1186/s12877-018-0718-2
- An, J., Lee, I., & Yi, Y. (2019). The Thermal Effects of Water Immersion on Health Outcomes: An Integrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7), 1280. DOI: 10.3390/ijerph16071280
- Andreux, P., van Diemen, M., Heezen, M., Auwerx, J., Rinsch, C., Groeneveld, G., & Singh, A. (2018). Mitochondrial function is impaired in the skeletal muscle of pre-frail elderly. *Scientific Reports*, 8:8548, 1-12. DOI: 10.1038/s41598-018-26944-x
- Angulo, J., El, M., Álvarez, A., & Rodríguez, L. (2020). Physical activity and exercise: Strategies to manage frailty. *Redox Biology*, (35)1, 1-21.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101513>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México, México: Grupo Editorial Patria.

- Becker, B., & Cole, A. (2017). *Comprehensive Aquatic Therapy*. Washington State: University Publishing.
- Benito, M., y Machado, E. (2013). *Cinesiterapia Bases Fisiológicas y Aplicación Práctica*. España, Elsevier.
- Bergamin, M., Ermolao, A., Matten, S., Sieverdes, J., & Zaccaria, M. (2014). Metabolic and Cardiovascular Responses during Aquatic Exercise in Water at Different Temperatures in Older Adults. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 86(2), 163-171. DOI: <https://doi.org/10.1080/02701367.2014.9816.29>
- Blas, A., Sánchez, A., Villarroya, E., Iglesias, A., y Soria, R. (2021). Efectos terapéuticos de la hidrocinesiterapia. Artículo monográfico. *Revista Sanitaria de Información*. Disponible en <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/efectos-terapeuticos-de-la-hidrocinesiterapia-articulo-monografico/>
- Brivio, P., Paladini, M., Racagni, G., Riva, A., Calabrese, F., Lazzarino, G., & Molteni, R. (2019). From Healthy Aging to Frailty: In Search of the Underlying Mechanisms. *Current medicinal chemistry*, 26(20), 3685-3701. DOI: 10.2174/0929867326666190717152739
- Carbonell, E., Burgess, L., Immins, T., Martínez-Almagro, A., & Wainwright, T. (2019). Does aquatic exercise improve commonly reported predisposing risk factors to falls within the elderly? A systematic review. *BMC Geriatrics*, 19(52). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12877-019-1065-7>
- Carrillo, R., Muciño, J., Peña, C., y Carrillo, G. (2011). Fragilidad y Sarcopenia. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, (54)5. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2011/un115c.pdf>

Casas, A., e Izquierdo, M. (2012). Ejercicio físico como intervención eficaz en el anciano frágil. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, (35)1. DOI: <https://dx.doi.org/10.4321/S1137-66272012000100007>

Centro Estudios Cervantinos. (2020). *Presión Hidrostática: ¿Qué es y cómo se calcula?*
Centro Estudios Cervantinos: Autor.

Clegg, A., Young, J., Iliffe, S., Olde, M., & Rockwood, K. (2013). Frailty in elderly people. *The Lancet*, (381)9868, 752-762. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)62167-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)62167-9)

Concha-Cisternas, Y., Contreras-Reyes, S., Monjes, B., Recabal, B. y Guzmán-Muñoz, E. (2020). Efectos de un programa multicomponente sobre la fragilidad y calidad de vida de adultos mayores institucionalizados. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 49(4), e0200758. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/344495770_Efectos_de_un_programa_multicomponente_sobre_la_fragilidad_y_calidad_de_vida_de_adultos_mayores_institucionalizados

Dent, E., Morley, J., Cruz-Jentoft, A., Woodhouse, L., Rodríguez-Mañas, L., Fried, L.,... Vellas, B. (2019). Physical Frailty: ICFSR International Clinical Practice Guidelines for Identification and Management. *The journal of nutrition, health and aging*, 23, 771-787. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s12603-019-1273-z>

Fernández, C., y Melián, A. (2013). *Cinesiterapia Bases fisiológicas y aplicación práctica*.
Barcelona, España: Elsevier

Fried, L., Tangen, C., Walston, J., Newman, A., Hirsch, C., Gottdiener, J.,... McBurnie,

M. (2001). Frailty in older adults: Evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology*, (56)3, 146-157. Disponible en:

<https://academic.oup.com/biomedgerontology/article/56/3/M146/545770>

García, D., y Jiménez, H. (2018). Cambios estructurales renales en el riñón con el

envejecimiento: con énfasis en glomeruloesclerosis. *Medicina legal de Costa Rica*,

35(1), 75-83. Disponible en [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-00152018000100075&script=sci_arttext)

[00152018000100075&script=sci_arttext](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-00152018000100075&script=sci_arttext)

Gomes, T., y Brandao, P. (2021). O papel da hidroterapia em tratamento com idosos.

Revista Científica Multidisciplinar, 2(9), 1-18.

DOI:<https://doi.org/10.47820/recima21.v2i9.781>

González, V., Gómez, A., y Gómez, E. (2018). La rehabilitación acuática para adultos

mayores con limitaciones articulares derivadas del envejecimiento. *Revista*

OLIMPIA, (15)52. Disponible en

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=25766> (Consultado enero 2022).

Gropp, K. (2017). Skeletal Muscle Toolbox. *SAGE Journals*, 45(7), 939-942. DOI:

<https://doi.org/10.1177/0192623317735794>

Grosse, S. (2010). Water Freedom for All: The Halliwick Method. *International Journal*

of Aquatic Research and Education, (4)2, 199-207.

DOI:<https://doi.org/10.25035/ijare.04.02.10>

Gurpinar, B., Kara, B., & Idiman, E. (2020). Effects of aquatic exercises on postural

control and hand function in Multiple Sclerosis: Halliwick versus Aquatic

Plyometric Exercises: a randomised trial. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal*

Interactions., 20(2), 249-255. Disponible en

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7288381/>

Guyton, A., y Hall, J. (2016). *Tratado de fisiología médica*. Barcelona, España: Elsevier.

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill Education.

Huohvanainen, E., Strandberg, A., Stenholm, S., Pitkälä, K., Tilvis, R. & Strandberg, T. (2016). Association of Self-Rated Health in Midlife with Mortality and Old Age Frailty: A 26-Year Follow-Up of Initially Healthy Men. *The journals of Gerontology*, 71(7), 923-928. DOI: <https://doi.org/10.1093/gerona/glv311>

Instituto Nacional de Geriátría. (2019). *Boletín Instituto Nacional de Geriátría*, (2)2. Disponible en http://www.anmm.org.mx/PESP/archivo//INGER/Boletin_Marzo2019.pdf (Consultado enero 2022).

Jaeger, C. (2018). Fisiología del envejecimiento. *EMC-Kinesiterapia-Medicina Física*, 39(2), 1-12. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1293-2965\(18\)89822-X](https://doi.org/10.1016/S1293-2965(18)89822-X)

Kim, J., Ha, M., Ha, S., & Kim, D. (2021). Aquatic Exercise Positively Affects Physiological Frailty among Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Healthcare*, 9(4), 409. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare9040409>

- Kojima, G. (2018). Frailty Defined by FRAIL Scale as a Predictor of Mortality: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of the American Medical Directors Association*, 19(6), 480-483. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2018.04.006>
- Kokaridas, D., & Lambeck, J. (2015). The Halliwick Concept: Toward A Collaborative Aquatic Approach. *Inquiries in Sport & Physical Education*, 13(2), 65-76.
Disponibile en
https://www.researchgate.net/publication/283354266_The_Halliwick_Concept_Toward_A_Collaborative_Aquatic_Approach
- Konstantinos, C., Konstantinidou, E., Tsiokanos, A., Moscholouri, C., Besios, T., & Tsigaras, G. (2021). Greek Translation, Content Validity, Test-Retest and Inter-Rater Reliability of Swimming with Independent Measure (SWIM) Assessment Test for People with Disabilities Based on Halliwick Concept. *Scientific Research Publishing*, 11, 135-147. DOI: 10.4236/ojped.2021.111013
- Koprowski, M., Cordeiro, E., Alves, M., Rocha, R., Oliveira, S., & Rizzo, L. (2012). The Halliwick Concept, inclusion and participation through aquatic functional activities. *Acta Fisiátrica*, 19(3), 142-150. DOI: 10.5935/0104-7795.20120022
- Lam de Calvo, O. (2007). Fisiología del Síndrome de Fragilidad en el Adulto Mayor. *Revista Médico Científica*, (20)1, 31-35. Disponible en
<https://www.revistamedicocientifica.org/index.php/rmc/search/search> (Consultado enero 2022).
- Larsson, L., Degens, H., Li, M., Salviati, L., Lee, Y., Thompson, W.,...Sandri, M. (2019). Sarcopenia: Aging-Related Loss of Muscle Mass and Function. *Physiological Reviews*, 99(1), 427-511. DOI: 10.1152/physrev.00061.2017

- Maia, C., Pinheiro, J., Pinheiro, W., da Silva, D., Rodrigues, R., Jinkings, Y., y Bahmad, F. (2021). Fisioterapia acuática: uma opção de reabilitação vestibular. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 87(6), 649-654. DOI: 10.1016/j.bjorlp.2021.09.001
- Malik, K. (2022). The Halliwick Concept. *Physiopedia*. Disponible en https://www.physiopedia.com/The_Halliwick_Concept?utm_source=physiopedia&utm_medium=related_articles&utm_campaign=ongoing_internal
- Marchiori, G., y Tavares, D. (2017). Cambios en las condiciones de fragilidad y componentes del fenotipo en ancianos después de hospitalización. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 10(25), e2905. DOI: 10.1590/1518-8345.1417.2905
- Martínez, N., Santaella, E., y Rodríguez, A. (2021). Beneficios de la actividad física para la promoción de un envejecimiento activo en personas mayores. *Retos nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 39, 829-834. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7586487>
- Martínez, T., González, C., Castellón, G., González, B. (2018). El envejecimiento, la vejez y la calidad de vida: ¿éxito o dificultad?. *Revista Finlay*. Recuperado enero de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2221-24342018000100007
- Masoliver, G., Pérez-Sánchez, M., y López-Jiménez, A. (2017). Modelo experimental para estimar la viscosidad de fluidos no newtonianos: ajuste a expresiones matemáticas convencionales. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(1), 5-16. DOI: 10.4995/msel.2017.5901

Meng, L., Shi, H., Wang, D., Shi, J., Wu, W., Dang, Y.,... Xi, H. (2022). Specific Metabolites Involved in Antioxidation and Mitochondrial Function Are Correlated With Frailty in Elderly Men. *Frontiers in Medicine*, 9(1), 1-15.

DOI:10.3389/fmed.2022.816045

Michel, J., Cruz, A., y Cederholm, T. (2015). Fragilidad, Ejercicio y Nutrición. *Clinics in Geriatrics Medicine*, (31)3,375-387.

DOI:<https://doi.org/10.1016/j.cger.2015.04.006>

Monteiro, E., Goretti, M., Azevedo, R., y Pinheiro, W. (2019). *Tópicos Especiais em Fisioterapia Aquática*. Brazil: Fundação Antônio Santos Abranches.

Mukund, K., & Subramaniam, S. (2019). Skeletal muscle: A review of molecular structure and function, in health and disease. *WIREs Mechanisms of Disease*, 12(1),1-46.

DOI: <https://doi.org/10.1002/wsbm.1462>

Muscudere, J. (2020). The Need to Implement Frailty in the International Classification of Disease (ICD). *The Journal of Frail & Aging*, 9(1), 2-3. DOI:

<https://doi.org/10.14283/jfa.2020.2>

Nascimento, C., Ingles, M., Salvador-Pascual, A., Cominetti, M., Gómez-Cabrera, M., & Viña, J. (2019). Sarcopenia, frailty and their prevention by exercise. *Free radical biology and medicine*, 20(139), 42-49. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2018.08.035

National Institute of Aging (NIA). (2018). *La salud del corazón y el envejecimiento*. NIA: Autor.

Nayak, A., & Amrute-Nayak, M. (2020). SUMO system – a key regulator in sarcomere organization. *The Febs Journal*, 287(11), 2176-2190. DOI: <https://doi.org/10.1111/febs.15263>

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Envejecimiento y salud*. OMS: Autor.

Pazos, J., y González, A. (2002). Técnicas de Hidroterapia. Hidrocinesiterapia. *Revista Fisioterapia*, (34)2, 34-42. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=3162> (Consultado enero 2022).

Pérez-de la Cruz, S. (2020). Effect of an Aquatic Balance-Training Program in Patients with Chronic Stroke: A Single-Group Experimental Pilot Study. *Medicina*, 56(12), 656. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina56120656>

Pérez-Fuentes, M., Gázquez, J., Molero, M., Barragán, A., Martos, A., Simón, M., y Sisto, M. (2018). *Avances de investigación en salud a lo largo del ciclo vital*. Temuco, Chile: ASUNIVEP.

Pérez, Ros, P., Vila-Candel, R., López-Hernández, L., & Martínez-Arnau, F. (2020). Nutritional Status and Risk Factors for Frailty in Community-Dwelling Older People: A Cross-Sectional Study. *Nutrients*, 12(4), 1041. DOI: [10.3390/nu12041041](https://doi.org/10.3390/nu12041041)

Ponce, V. (2021). Las propiedades del agua. *Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador*. Disponible en <https://www.coursehero.com/file/97025958/Las-propiedades-del-agua-Dr-Victor-M-Ponce-constante-psicrometrica-meteorologia-climatologia/>

- Ramos, C., Rodrigues, L., Goncalves, F., do Nascimento, E., Radies, A., & da Silva, I. (2020). Effects of aquatic physiotherapy versus conventional physical therapy on the risk of fall in the elderly: a randomized clinical trial. *Fisioterapia Brasil*, 21(3), 253-264. DOI: <https://doi.org/10.33233/fb.v21i3.3459>
- Rico-Rosillo, M., Oliva-Rico, D., y Vega-Robledo, G. (2018). Envejecimiento: algunas teorías y consideraciones genéticas, epigenéticas y ambientales. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 56(3), 287-294. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/4577/457757174017/movil/>
- Rocha, L. (2013). *La vejez en movimiento. Un enfoque integral*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Dunken
- Rockwood, K., & Theou, O. (2020). Using the Clinical Frailty Scale in Allocating Scarce Health Care Resources. *Canadian Geriatrics Journal*, 23(3), 210-215. DOI: 10.5770/cgj.23.463
- Rodríguez, L. (2021). *La Fragilidad, Una Perspectiva a lo Largo del Tiempo*. *Revista Española de Salud Pública*, (95)1. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8201233> (Consultado enero 2022).
- Rodríguez, N. (2018). Envejecimiento: Edad, Salud y Sociedad. *Horizonte Sanitario*, 17(2), 87-88. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-74592018000200087&script=sci_arttext
- Roopsawang, I., Thompson, H., Zaslavsky, O., & Belza, B. (2020). The Reported Edmonton Frail Scale-Thai version: Development and Validation of a Culturally-

Sensitive Instrument. *Nursing and Health Sciences*, 22(3), 685-693. DOI:
10.1111/nhs.12713

Salari, M., Ghayour, M., Naghdi, N., Sheikh, M., & Shaw, B. (2020). Effect of combined aquatic and cognitive training on quality of life, fall self-efficacy, and motor performance in aged with varying cognitive status: a proof-of-concept study. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 16(2), 148-153. DOI:
<https://doi.org/10.12965/jer.2040076.038>

Salech, F., Jara, R., y Michea, L. (2012). Cambios fisiológicos asociados al envejecimiento. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(1), 19–29.
DOI:[https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(12\)70269-9](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(12)70269-9)

Sato, D., Kaneda, K., Wakabayashi, H., Shimoyama, Y., Baba, Y., & Nomura, T. (2011). Comparison of once and twice weekly water exercise on various bodily functions in community-dwelling frail elderly requiring nursing care. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 52(1), 331-335. DOI: 10.1016/j.archger.2010.05.002

Scott, T., Larsson, M., & Wilburg, J. (2020). Muscle Weakness in Adults: Evaluation and Differential Diagnosis. *American Family Physician*, 101(2), 95-108. Disponible en <https://www.aafp.org/afp/2020/0115/p95.html#afp20200101p095-b40>

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Gobierno de Guatemala. (2020). *Informe de Gobierno 2020*. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia: Autor.

Soares, C., Borba-Pinheiro, C., Gomes, R., Di, F., Pinheiro, P., & Dantas, E. (2013). Functional autonomy, bone mineral density (BMD) and serum osteocalcin levels in older female participants of an aquatic exercise program (AAG). *Archives of*

Gerontology and Geriatrics, 56(1), 466-471. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.archger.2012.12.012>

Stenholm, S., Ferrucci, L., Vahtera, J., O, E., Huisman, M., Pentti, J.,...Kivimaki, M.

(2019). Natural Course of Frailty Components in People Who Develop Frailty

Syndrome: Evidence from Two Cohort Studies. *The journals of gerontology series*

A: Biological sciences and medical sciences, 74(5), 667-674. DOI:

10.1093/gerona/gly132

Suárez, M., Sariego, I., Gregorich, A., Benítez, Z., y García, A. (2020). Variaciones de la

fisiología respiratoria en el envejecimiento. *Primer congreso virtual de ciencias*

biomédicas en Granma. Manzanillo. Disponible en

<http://www.cibamanz2020.sld.cu/index.php/cibamanz/cibamanz2020/paper/viewFile>

[e/292/166](http://www.cibamanz2020.sld.cu/index.php/cibamanz/cibamanz2020/paper/viewFile)

Sweeney, H., & Hammers, D. (2018). Muscle Contraction. *Cold Spring Harbor*

Perspectives in Biology, 10(2). DOI: 10.1101/cshperspect.a023200

Tello, T., y Varela, L. (2016). Fragilidad en el adulto mayor: detección, intervención en la

comunidad y toma de decisiones en el manejo de enfermedades crónicas. *Revista*

Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, 33(2), 328-334.

DOI:<http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2016.332.2207>

- Tomkova, K., Pathak, S., Abbasciano, R., Wozniak, M., & Murphy, G. (2021). A systematic review and meta-analysis of studies that have evaluated the role of mitochondrial function and iron metabolism in frailty. *Clinical and Translational Science*, 14(16), 2370-2378. DOI: 10.1111/cts.13101
- Tortora, G., y Derrickson, B. (2013). *Principios de Anatomía y Fisiología*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana
- Trendelenburg, A., Scheuren, A., Potter, P., Müller, R., & Bellantuono, I. (2019). Geroprotectors: A role in the treatment of frailty. *Mecanism of Ageing and Development*, (180)1, 11-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mad.2019.03.002>
- Truchado, E., Marsillas, S., y Sancho, M. (2018). Del envejecimiento activo a la ciudadanía activa: el papel de la amigabilidad. *Aula Abierta*, 47(1), 37-44. Disponible en <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/152427/Aula%20abierta%2c%20v.%2047%2c%20n%201%2c%20p.%2037-44.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Truskey, G. (2018). Development and Application of Human Skeletal Muscle Microphysiological Systems. *Lab on a Chip*, 18(20), 3061-3073. DOI: 10.1039/c8lc00553b
- Tumbaco y Ceballos. (2018). *Aplicación de la Técnica de Halliwick en adultos mayores con alteración de equilibrio y marcha que asisten al Centro Gerontológico municipal Dr. Arsenio de la Torre Marcillo de la ciudad de Guayaquil en el periodo octubre 2017 – marzo 2018*. (Tesis de licenciatura en terapia física). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Universidad de Sevilla. (2018). *Propiedades del agua*. Universidad de Sevilla: Autor.

Veldema, J., & Jansen P. (2020). Aquatic therapy in stroke rehabilitation: systematic review and meta-analysis. *Acta Neurológica Scandinavica*, 143(3), 221-241. DOI: <https://doi.org/10.1111/ane.13371>

Wang, Z., Grange, M., Wagner, T., Lin, A., Gautel, M., & Raunser, S. (2021). The molecular basis for sarcomere organization in vertebrate skeletal muscle. *Cell*, 184(8), 2135-2150. DOI: 10.1016/j.cell.2021.02.047

Wickman, J. (2020). Indicaciones y contraindicaciones de la hidroterapia. *Mejor con Salud*. Disponible en <https://mejorconsalud.as.com/fitness/salud/fisioterapia/indicaciones-contraindicaciones-hidroterapia/>

Xue, Q., Buta, B., Ma, L., Ge, M., & Carlson, M. (2019). Integrating Frailty and Cognitive Phenotypes: Why, How, Now What?. *Current Geriatrics Reports*, 8(2), 97-106. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6897328/>

Yuen, C., Lam, C., Tong, K., Yeung, J., Yip, C., & So, B. (2019). Investigation the EMG Activities of Lower Limb Muscles When Doing Squatting Exercise in Water and on Land. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4562. DOI: 10.3390/ijerph16224562

Zavala, L. (2021). Apuntes de Oceanografía Física: Turbulencia. *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada Baja California, México*. Disponible en https://usuario.cicese.mx/~lzavala/lectures/Apuntes_Turbulencia.pdf

Zugasti, A., y Casas, A. (2019). Síndrome de fragilidad y estado nutricional: valoración, prevención y tratamiento. *Nutrición Hospitalaria*, 36(2), 26-37. DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02678>