

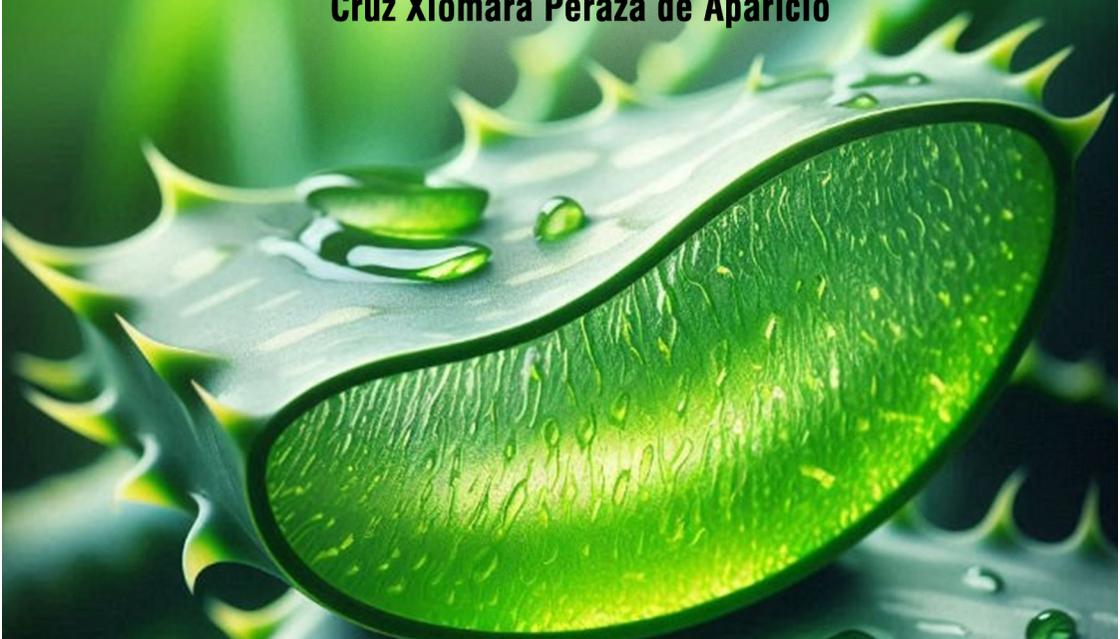


# **RELACIÓN**

**ENTRE LA MASA MUSCULAR Y EL ESTADO DE SALUD.**

**POTENCIAL NUTRACÉUTICO DEL ALOE VERA L.  
PARA SU PRESERVACIÓN**

**Yoel López Gamboa  
Cruz Xiomara Peraza de Aparicio**





**RELACIÓN**  
**ENTRE LA MASA MUSCULAR Y EL ESTADO DE SALUD.**  
**POTENCIAL NUTRACÉUTICO DEL ALOE VERA L.**  
**PARA SU PRESERVACIÓN**

**Yoel López Gamboa**  
**Cruz Xiomara Peraza de Aparicio**

Dirección editorial: PhD. Jorge Luis León-González  
Representante del sello editorial: Mg. Carmen Priscilla Guerra-Maldonado  
Diseño de carátula y maquetación: D.I. Yunisley Bruno-Díaz

ISBN: 978-9942-7147-6-3

DOI: <https://doi.org/10.62452/ZNRO4698>

© Editorial UMET, 2025. All rights reserved.

La evaluación científica y metodológica de la obra se realizó a partir del método de Revisión por Pares Abierta (Open Peer Review).

Este libro es una publicación de acceso abierto con los principios de Creative Commons Attribution 4.0 International License, que permite el uso, intercambio, adaptación, distribución y transmisión en cualquier medio o formato, siempre que dé el crédito apropiado al autor, origen y fuente del material gráfico. Si el uso del material gráfico excede el uso permitido por la normativa legal deberá tener permiso directamente del titular de los derechos de autor.



**Editorial UMET**

Universidad Metropolitana  
Gral. Francisco Robles 411, Quito,  
Ecuador, 170143

# ÍNDICE

Introducción .....7

## **01** **CAPÍTULO I.....12**

Masa muscular. Composición y funciones

1.1. Efectos sobre la salud derivados de una baja masa muscular ..... 13

1.2. Fisiología de la masa muscular .....23

1.3. Métodos de medición de la masa muscular .....28

1.4. Comorbilidades asociadas a la disminución de la masa muscular .....38

1.5. Efectos del porcentaje de grasa sobre la masa muscular .....48

## **02** **CAPÍTULO II.....74**

Tratamientos para contrarrestar la disminución de la masa muscular

2.1. Tratamiento farmacológico .....75

2.2. Tratamiento no farmacológico y otras intervenciones .....76

2.3. Factores asociados con el desarrollo de la masa muscular .....79

## **03** **CAPÍTULO III..... 118**

El Aloe Vera L como producto nutracéutico

3.1. El uso de nutracéuticos como alternativa farmacéutica ..... 119

3.2. Uso medicinales y cosméticos del Aloe vera L ..... 130

3.3. Composición química del Aloe vera L ..... 139

3.4. Relación entre la composición química del Aloe vera L. y posibles mecanismos de acción en el desarrollo de la masa muscular ..... 150

Conclusiones ..... 158

Referencias Bibliográficas ..... 160

# COMITÉ EDITORIAL

**PhD. Carlos Xavier Espinoza-Cordero**, Universidad Metropolitana, Ecuador

**PhD. Abel Sarduy-Quintanilla**, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba

**PhD. Adalia Liset Rojas Valladares**, Universidad Metropolitana, Ecuador

**PhD. Farshid Hadi, Islamic** Azad University, Irán

**PhD. Alejandro Rafael Socorro-Castro**, Universidad Metropolitana, Ecuador

**PhD. Héctor Tecumshé-Mojica-Zárate**, Centro Regional Universitario Oriente- Universidad Autónoma Chapingo, México

**PhD. Rolando Medina-Peña**, Universidad Metropolitana, Ecuador

**PhD. José Luis Gil-Álvarez**, Universidad de Cienfuegos, Cuba

**PhD. Kseniya Kovalenko**, Altai State University, Russian Federation

**PhD. Lázaro Dibut-Toledo**, Universidad del Golfo de California, México

**PhD. Lidia Díaz-Gispert**, Universidad de Otavalo, Ecuador

**PhD. José Gervasio Partida-Sedas**, Centro Regional Universitario Oriente- Universidad Autónoma Chapingo, México

**PhD. Luis Lizasoain-Hernández**, Universidad del País Vasco, España

**PhD. Maritza Librada Cáceres-Mesa**, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**PhD. Marta Linares-Manrique**, Universidad de Granada, España

**PhD. Noemí Suárez-Monzón**, Universidad Iberoamericana del Ecuador, Ecuador

**PhD. Norma Graciela Soria- León**, Universidad Metropolitana, Ecuador

**PhD. Raúl López-Fernández**, Universidad Bolivariana, Ecuador

**PhD. Raúl Rodríguez-Muñoz**, Universidad de Cienfuegos, Cuba

**PhD. Rogelio Chou-Rodríguez**, Universidad Bolivariana, Ecuador

**PhD. Romel Vázquez-Rodríguez**, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba

**PhD. Rubén García-Cruz**, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**PhD. Samuel Sánchez-Gálvez**, Universidad de Guayaquil, Ecuador

**PhD. Yailen Monzón-Bruguera**, Universidad Metropolitana, Ecuador

**PhD. Yanet Rodríguez-Sarabia**, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba

# INTRODUCCIÓN

Las propiedades del *Aloe vera L.* ha sido ampliamente estudiado por las ciencias médicas debido a que se ha demostrado un número significativo de propiedades beneficiosas para la salud humana. Su uso como nutraceutico data desde las civilizaciones antiguas como Egipto y Grecia, donde se valoraba por sus efectos curativos. Estudios históricos documentan su aplicación tópica para quemaduras y heridas, así como su ingestión para aliviar problemas digestivos (Heş et al., 2019; Liu et al., 2019; Deora et al., 2021). El Aloe ha formado parte de varias investigaciones científicas que han revelado sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatoria y de cicatrización, denotando de esta manera la justificación en la dieta como alimento funcional (Khan et al., 2022; Wang et al., 2022).

Uno de los elementos nutricionales más significativos del *Aloe vera L* lo constituye la diversidad de compuestos bioactivos en su estructura, destacándose los aminoácidos, polifenoles y las vitaminas, mismos que les confieren propiedades nutraceuticas y medicinales (Domínguez-Fernández et al., 2012). Los ingredientes de manera sinérgica pueden regular procesos fisiológicos claves en el cuerpo humano como respuesta inmune, desintoxicación celular y regeneración de tejidos. Otros estudios (Gao et al., 2019; Rezazadeh-Bari et al., 2019) han demostrado la efectividad del Aloe vera L. para regular la microbiota intestinal, lo que puede explicar su actividad farmacológica sobre el sistema gastrointestinal y mantener el estado de eubiosis.

La tendencia a buscar alternativas naturales y seguras para favorecer la salud y evitar las enfermedades ha generado un creciente impulso en la investigación de nutraceuticos. Se han producido avances considerables en el conocimiento en nutrición y biología molecular que han permitido un mayor conocimiento de los compuestos presentes en los alimentos, plantas y de los mecanismos de acción de estos compuestos. Como resultado, se han identificado varias moléculas con un gran potencial terapéutico, especialmente los polifenoles, los ácidos grasos omega 3 y probióticos, entre otros, que pueden ser aplicados como adyuvantes en el tratamiento de enfermedades crónicas como la diabetes, cardiopatías y obesidad (Abarca Meléndez, 2022).

Diferentes Investigaciones clínicas (Villarreal, 2019; Wang et al., 2021; Abarca Meléndez, 2022), han demostrado la eficacia

de plantas como nutracéuticos, lo que han permitido que sean incluidas en la formulación de suplementos con fines alimenticios e inclusión en estrategias de prevención y promoción de salud.

Con el avance de la nutrición y la fisiología y el conocimiento sobre los mecanismos que intervienen en el crecimiento muscular, se ha diversificado considerablemente el desarrollo de nutracéuticos utilizados para este propósito. Además de las proteínas, se han identificado otros compuestos que tienen el potencial de estimular la hipertrofia muscular y mejorar el rendimiento físico. Los más notables entre estos son los aminoácidos de cadena ramificada (BCAA), que se cree que son esenciales para la síntesis de proteínas en el músculo esquelético y la recuperación después del ejercicio (Solano & Carazo, 2019). Además, algunos estudios han investigado el papel de compuestos como la creatina, beta-alanina y HMB (beta-hidroxibeta-metilbutirato) en la mejora del rendimiento deportivo y el aumento de la masa corporal magra (Solano & Carazo, 2019; Huerta Ojeda et al., 2019; Villarreal, 2019).

La pérdida del tejido muscular en las personas de edad avanzada constituye un factor de riesgo decisivo para el mantenimiento del estado de salud, por lo que su abordaje es crucial para garantizar una calidad de vida adecuada. La adopción de hábitos y estilo de vida saludable, incluyendo una adecuada alimentación y la realización de ejercicio físico contribuyen a la preservación de la masa muscular en el transcurso del tiempo. Existen varias estrategias que permiten el mantenimiento y desarrollo de la masa muscular, dentro de la que se pueden destacar el entrenamiento con ejercicios de fuerza el consumo adecuado de proteínas y de algunos suplementos vitamínicos donde destacan los suplementos de vitamina D. Independientemente de las estrategias abordadas con anterioridad es importante el control de otras variables que intervienen en la composición corporal, como el sueño, la gestión del estrés y la hidratación (Solano & Carazo, 2019; Solano García Bach et al., 2019; Moreno Peña et al., 2022)2019.

Una de las estrategias más acertada relacionada con el desarrollo de la masa muscular, lo constituye el consumo adecuado de proteínas, independientemente de que su procedencia sea animal o vegetal. Se conoce que las proteínas vegetales pueden ser menos biodisponible que las proteínas de fuente animal, aunque su efecto sobre la masa muscular dependerá del consumo de

otros nutrientes en la dieta y de la realización de actividad física. Existen fuentes de proteínas vegetales con un perfil de aminoácidos esenciales similares de origen animal, por ejemplo, la soya y los guisantes. Las proteínas vegetales aportan beneficios adicionales para la salud por sus bajos niveles de grasas saturadas no aporte de colesterol y por su elevado contenido de fibra y fitonutrientes (Vásquez-Morales et al., 2013; Quesada & Gómez, 2019).

Aproximadamente el 45% del peso total de un adulto saludable debería ser masa muscular esquelética, que disminuye aproximadamente un 1% por año después de los 30 años, lo que resulta en una pérdida estimada del 3 al 8% por década, que se vuelve más notable después de los 60 años. Esta pérdida de masa muscular y fuerza es una de las causas de la sarcopenia, que puede afectar entre el 2 y el 34% de la población adulta mayor de 60 años; sin embargo, este porcentaje puede variar considerablemente dependiendo de las técnicas de diagnóstico utilizadas, como se indica en estudios epidemiológicos (García Moreira et al., 2019; Sánchez-Castellano et al., 2019) and to compare characteristics of patients with and without sarcopenia. Methods: one hundred and fifty consecutive patients  $\geq 80$  years old admitted with HF were included. Sarcopenia was diagnosed with low muscle mass (bioimpedance, using two different cut-off points, Janssen and Masanés.

La pérdida de músculo en los adultos puede convertirse en un problema de salud importante debido a su asociación con una calidad de vida reducida, aumento de la fragilidad, independencia deteriorada que restringe sus actividades laborales y sociales. Además, aumenta el riesgo de desarrollar enfermedades como la Diabetes Tipo II (T2D), otros trastornos metabólicos, varios tipos de cáncer, etc. (Crushirira Reina et al., 2019).

Es importante que se detecte temprano la pérdida de músculo debido al impacto clínico, económico, social y en la calidad de vida de los individuos. La reducción de la funcionalidad, discapacidades y un mayor riesgo de caídas están asociadas con baja masa muscular. Además, esto lleva a un incremento del 50% en el riesgo de hospitalización, fracturas óseas, limitaciones en las actividades diarias, trastornos del movimiento y movilidad reducida; pérdida de independencia; deterioro cognitivo; estancia hospitalaria promedio aumentada por 20 días y un aumento del costo de atención médica del 34 al 58 %. Entre los

factores determinantes para esta condición, se resalta que la escasa fuerza muscular es el componente más significativo para prever estos resultados negativos, entre ellos el aumento en la mortalidad (Lorenzo et al., 2022).

Diferentes alternativas están disponibles dentro del tratamiento para contrarrestar el deterioro de la masa muscular, siendo las no farmacológicas las más efectivas hasta ahora, y entre ellas la adecuada ingesta de proteínas y la actividad física han demostrado ser las más efectivas (Moreno Peña et al., 2022). El *Aloe vera L* constituye una alternativa para mantener la masa muscular por su elevado contenido en aminoácidos, aunque también contiene otros nutrientes como vitaminas, minerales y otros compuestos antioxidantes que podrían en unión coadyuvar en este sentido (Domínguez-Fernández et al., 2012).

Un hallazgo significativo sobre las propiedades de *Aloe vera L* está relacionado con su capacidad para regular los niveles lipídicos y su efecto protector sobre las células  $\beta$  pancreáticas en ratones de experimentación, lo que permitió demostrar la regulación de insulina, la reducción del porcentaje de grasa y el aumento de la masa muscular magra, sugiriendo efectos potencialmente similares al ser usados en humanos (Deora et al., 2021) WNIN/GR-Ob Diabetic rats (Streptozotocin-35 mg/kg bw).

El *Aloe vera L* ha mostrado propiedades antioxidantes (debido a su alto contenido en polifenoles), lo que la convierte en una alternativa como coadyuvante en la prevención de varios procesos patológicos, incluidas las enfermedades cardiovasculares, enfermedades degenerativas y cáncer (Gorzynik-Debicka et al., 2018; Heś et al., 2019; Maleki et al., 2019) vegetables, nuts and seeds, roots, bark, leaves of different plants, herbs, whole grain products, processed foods (dark chocolate. Los polifenoles también son conocidos por sus efectos estimulantes sobre el sistema inmunológico, antiinflamatorios, antialérgicos y antitrombóticos, entre otros.

Se sabe que la fibra presente en la sábila tiene efectos prebióticos, lo que podría mejorar el funcionamiento de la microbiota intestinal y otros problemas de salud a un costo relativamente bajo. El *Aloe vera L* mejora la salud proporcionando propiedades nutricionales, antioxidantes y prebióticas que, si se consumen en cantidades adecuadas junto con otras acciones preventivas para la salud,

llevarían a mejorar la calidad de vida de las personas cuya masa muscular se deteriora a medida que envejecen (Solano García Bach et al., 2019).

Entre las propiedades probióticas de *Aloe vera L*, se han demostrado sus efectos beneficiosos sobre el crecimiento de *L. acidophilus* en formulaciones con contenidos iguales o mayores al 27.5% (Rezazadeh-Bari et al., 2019), lo que mejora los beneficios de esta cepa en la microbiota intestinal que están asociados con el tratamiento y la prevención de infecciones causadas por *Clostridium difficile*, que actualmente es una de las causas más comunes de infecciones asociadas a la atención médica (McFarland et al., 2018).

Además, se ha investigado que el *Aloe vera L* tiene componentes minerales como hierro, potasio, fósforo y calcio, que cuando se combinan con otros nutrientes y sus compuestos bioactivos lo convierten en un gran alimento funcional que ha sido ampliamente estudiado desde la perspectiva nutricional y como fuente de propiedades farmacológicas dentro de las que se pueden resaltar efectos antimicrobianos, antiinflamatorios y de cicatrización de heridas (Dey et al., 2017).

La síntesis de proteína en el organismo humano se ve afectada por la ingesta de proteína y aminoácidos a través de la dieta. La disminución de las proteínas de la masa muscular se encuentra impactada por el desequilibrio entre la síntesis y degradación del citado macronutriente. la ingesta de excesiva de proteínas y de calorías en la dieta puede influenciar el sobrepeso y la obesidad por lo que será necesario garantizar un consumo adecuado priorizando aquellas de alto valor biológico (Lorenzo et al., 2022).

Hay situaciones (como el envejecimiento o la inflamación) donde no hay un desorden basal de renovación o producción de proteínas, pero una disminución en la respuesta anabólica a la ingesta de alimentos, es decir, resistencia anabólica. Existen enfoques dietéticos que pueden contrarrestar esta resistencia al maximizar la reacción posterior a la comida en la síntesis de proteínas musculares después de comer, se puede lograr aumentando el contenido proteico por ingesta (de 20 a 30 gramos) y utilizando fuentes específicas de proteínas (Lorenzo et al., 2022).



01

**Masa muscular.**  
Composición y funciones

## 1.1. Efectos sobre la salud derivados de una baja masa muscular

El cuerpo humano se puede dividir en dos compartimentos principales, masa magra y masa grasa, como parte de la masa magra están la masa muscular, la masa ósea y el agua corporal total, lo que genera diferentes perfiles de composición corporal entre individuos. La masa muscular, es vital para la salud al mantener la densidad ósea y la fuerza muscular, reduciendo el riesgo de lesiones y caídas. La baja masa muscular, es decisiva para el diagnóstico de la sarcopenia relacionada con la edad (primaria) y la enfermedad (secundaria), afecta negativamente la funcionalidad y calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, la diversidad de métodos y criterios utilizados en su diagnóstico dificulta las comparaciones y evaluaciones de tratamientos (González-Arnáiz et al., 2023).

La pérdida de masa muscular es un estado crónico-degenerativo, que se ha descrito a nivel mundial que afecta alrededor del 14 % de las personas mayores de 60 años (Casals et al., 2017; Sánchez-Castellano et al., 2019). Según reportes de varias literaturas científicas la masa muscular a partir de los 30 años disminuye entre un 3 y un 8% por cada década y a partir de los 60 años dicho proceso se acrecienta (Ferreira Mesquita et al., 2017; Gutiérrez Cortés et al., 2018; Espinel-Bermúdez et al., 2018). Este estado provoca en las personas que la padecen mayor pérdida de fuerza, de independencia física, sarcopenia y peso corporal, además de mayor probabilidad de fracturas ósea (Gutiérrez Cortés et al., 2018; Solano García Bach et al., 2019).

La sarcopenia resalta como el principal problema de salud que genera pérdida de masa muscular en la etapa adulta, con una prevalencia mundial del 5% al 13% en personas entre 60 y 70 años, alcanzando hasta el 50% a los 80 años. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cerca de 50 millones de personas la padecen actualmente, proyectando un incremento a 200 millones en los próximos 40 años (Gutiérrez Cortés et al., 2018).

En Ecuador no se cuenta con datos oficiales sobre la prevalencia de la sarcopenia, aunque se conoce que el 7% de la población excede los 65 años (1'221.000 adultos) ,específicamente en la provincia del Guayas las personas mayores de 65 años representan el 0,8%. Un factor de riesgo que puede agravar la prevalencia de padecimiento de sarcopenia en el Ecuador, está relacionado con que el 11% de la población adulta mayor vive en estado de pobreza (Salazar Arévalo & Zúñiga Martínez, 2019)and as a consequence the appearance of diseases caused by inadequate feeding. The main objective is to characterize protein intake in older adults at risk of sarcopenia in 5 marginal areas of the city of Guayaquil, Ecuador. Materials and methods: This study has a quantitative non-experimental, descriptive and transversal approach. The population covered 103 older adults and the sample was 84 older adults, 64 women and 20 men. The SARC-F questionnaire was used to assess the prevalence of sarcopenia, and to estimate the protein intake was use the frequency of food consumption adapted from Ensanut, photographic food album \"Guide for dietary studies\" and the Mexican table and Ecuadorian food composition. Result: The protein distribution, women (76.2%. La sarcopenia guarda relación con otras enfermedades dónde destacan las fracturas óseas y dentro de este tipo de fractura, la de cadera es la más común, misma que genera incapacidad sobre todo en personas mayores de 75 años. Se debe resaltar que el 53,8% de los ingresos hospitalarios por fractura de cadera se asocia con estado de desnutrición y 3 de cada 4 pacientes padecen sarcopenia (Cervera-Díaz et al., 2022)la desnutrición relacionada con la enfermedad (DRE.

La situación se torna más preocupante considerando las proyecciones demográficas. Según la Organización Mundial de la Salud, entre 2020 y 2030, la población mayor de 60 años aumentará un 34%, y para 2050, el 65% de los adultos mayores residirá en países de ingresos medios o bajos (Agost Felip et al., 2021). Si tomamos en consideración

que la sarcopenia es un proceso patológico asociado a la edad y que Ecuador es un país en vía de desarrollo, es evidente que los retos para el sistema de salud serán cada vez mayores.

La problemática se intensifica por factores nutricionales y de estilo de vida. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2024), Ecuador presenta elevados niveles de subalimentación, con un 15.4% de la población total alimentándose inadecuadamente al cierre de 2020, superando significativamente la media regional de América Latina del 8.2%.

Esta problemática se agrava aún más cuando se consideran los resultados de la encuesta de salud y nutrición realizada en Ecuador en 2014, la cual reveló que el 23% de las mujeres y el 17% de los hombres entre 18 y 55 años no alcanzaban el consumo de proteínas recomendado por la OMS para personas sedentarias (0,8-1,0 g/kg de peso). Esta deficiencia nutricional, al combinarse con la pérdida natural de masa muscular propia de la edad adulta, constituye un factor de riesgo significativo que acelera el deterioro muscular en la población.

Lamentablemente esta es una deficiencia preocupante si tomamos en consideración que las proteínas son biomoléculas primordiales en el ser humano, pues estas realizan varias funciones importantes en el metabolismo. Además, tales moléculas actúan como enzimas en los procesos metabólicos, intervienen en la actividad de movimiento, así como también actúan como estructura mecánica, de transporte, protección y control de actividades fisiológicas. La habilidad para realizar correctamente estas funciones está relacionada con la calidad de las proteínas en la dieta, la cual está determinada por la composición y disponibilidad de aminoácidos, donde los aminoácidos esenciales destacan como un factor que influye positivamente en la reparación y crecimiento de los tejidos. Es importante señalar que el valor biológico de

los aminoácidos varía en función de la especie, la edad, el estado fisiológico y digestibilidad (Gutiérrez et al., 2020).

Según el estudio realizado en Ecuador por López et al. (2018), la conexión entre consumir proteínas y la salud muscular arrojó resultados contradictorios. En esta investigación se realizó un análisis de cómo el consumo de proteínas se relaciona con los indicadores de composición corporal, donde los resultados fueron aparentemente contradictorios. Resultó que un 67% de las personas estudiadas comían proteínas por encima de los valores estimados (considerando que lo normal es 0,8 g/kg de peso). A pesar de esto, un 74% mostraba niveles altos de grasa y un 51% tenía poca masa muscular. Estos hallazgos demuestran que el consumo proteico, por sí solo, no garantiza valores adecuados de masa muscular, pues intervienen otras variables, entre las cuales el ejercicio físico desempeña un papel determinante.

En Ecuador existe una tendencia a la disminución de la actividad física, lo que supone un factor de riesgo para el padecimiento de enfermedades y en particular para desarrollo de la masa muscular. Según reporta el Instituto de Estadísticas y Censos (2024), en el año 2022 el 21,7 % de la población en edades de 19 a 69 años tenía niveles de actividad física insuficiente; mientras que en el año 2021, los niveles de actividad física insuficiente eran de 17,8 % de las personas del mismo grupo de edad. Los niveles de inactividad en la zona urbana en el 2022 representaron el 23,7 % en el citado grupo de edades, incrementándose en 3,8% con respecto a la zona rural.

Las estadísticas del año 2022, referente a la inactividad física muestran resultados preocupantes, al indicar un promedio de sedentarismo diario de 180 minutos para personas de ambos sexos del grupo de edades de 19 a 69 años. Aunque resalta que la inactividad física en mujeres representa el 28,6%, mientras que en los hombres fue de 14%. En las personas del grupo de edades de 45 a 69, la inactividad

física fue más deficiente aun, representando el 24,9 % de dicha población (Ecuador. Instituto de Estadísticas y Censos, 2024), destacando que precisamente a estas edades se incrementa la pérdida de masa muscular .

Los avances en la investigación científica han permitido que la esperanza de vida a nivel mundial sea cada vez superior, por lo que el número de personas adultas mayores es mucho más elevado, no siempre relacionado con incremento en la calidad de vida, constituyendo la disminución de la masa muscular uno de los tantos procesos implicados en la afectación de la salud. Como consecuencia de lo anterior se han incrementado las investigaciones que avalan las estrategias necesarias para prevenir la sarcopenia o para su tratamiento, dejando claro que en la prevención se asientan los mejores resultados (Solano García Bach et al., 2019).

La disminución de la masa muscular conduce a la sarcopenia, que consiste en la pérdida de la masa muscular, y se asocia con una disminución de la fuerza, afectación en la independencia de las personas y con ella una disminución en la calidad de vida, que en algunos casos se puede asociar a incremento en la probabilidad de muerte (Cruz-Jentoft et al., 2019). Pasado los 40 años probablemente la mayoría de las personas comienzan a notar la pérdida muscular, lo que puede ser agravado por mantener una vida sedentaria (Sánchez-Castellano et al., 2019).

La masa muscular, al llegar a representar hasta el 45% del peso del organismo, se convierte en la principal fuente de reserva de proteínas, de ahí entonces se deriva la importancia que reviste para la salud su mantenimiento en todas las etapas de la vida, por lo que se hace verdaderamente importante mantener el equilibrio de su función metabólica y funcional. Se ha descrito que los músculos de mayor tamaño se deterioran con mayor rapidez que los pequeños, siendo éstas las causas fundamentales de limitaciones físicas en las personas adultas (Pinzón-Ríos & Pinzón-Ríos, 2019).

En una persona adulta sana, la masa muscular representa del 25 al 45 % de su peso corporal total y de ello aproximadamente el 75% se localiza en las extremidades, de ello se deriva la importancia del mantenimiento y desarrollo de la masa muscular de dicha zona. Pues es imprescindible para la movilización del organismo humano y realizar con éxitos las actividades cotidianas derivadas de las necesidades sociales (Chapela & Martinuzzi, 2018).

Son disímiles los mecanismos moleculares que conllevan a la disminución de la masa muscular en la edad adulta, cambios fisiológicos que llevan a modificaciones morfológicas que afectan a las células, órganos y sistemas, que conducen a la pérdida de la capacidad de adaptación a las situaciones de estrés y de recuperación. Las citadas modificaciones funcionales producen cambios en el metabolismo celular; aumenta la resistencia a la insulina, la tolerancia a la glucosa disminuye y consiguientemente incrementa la probabilidad de padecimiento de enfermedades crónicas (Pinzón-Ríos & Pinzón-Ríos, 2019).

Existen otras causas que tributan a la disminución de la masa muscular relacionadas con la edad, destacan las modificaciones de la síntesis de las hormonas de crecimiento, insulina, hormonas tiroideas, factor de crecimiento similar a la insulina, progesterona, testosterona y la acumulación en el músculo de la lipofuscinas como resultado de los procesos de oxidación celular de las membranas biológicas (Papadopoulou, 2020). Todo ello unido a fallas de las células satélites musculares induce a la pérdida de músculo y disminución de la fuerza. Se estima además que los procesos inflamatorios de bajo grado asociados a la oxidación celular en personas adultas conllevan a una resistencia a la síntesis de proteínas y de esta manera favorecen la pérdida de masa muscular.

Según Papadopoulou (2020), existen evidencias que relacionan la pérdida de masa muscular con factores genéticos, mediados por Variantes Genéticas de un Solo

Nucleótido (SNV) que pueden incidir sobre diferentes proteínas implicadas en la diferenciación y proliferación celular a nivel muscular, así como en la longevidad, ejemplificando el caso de la miostatina, de la que se estableció una correlación entre su incremento con una disminución de la masa muscular.

Independientemente de la importancia que reviste para las personas adultas no deteriorar su masa muscular, o retardar su deterioro en el tiempo para no depender de otros, debemos destacar la asociación entre la baja masa muscular y la predisposición de enfermedades que guardan relación con el metabolismo. Pues se conoce que, además del corazón, el riñón y el cerebro, el músculo esquelético es una de las estructuras del cuerpo con mayor actividad metabólica basal en los seres humanos (Chapela & Martinuzzi, 2018; Chen et al., 2021).

El músculo esquelético cuenta con una cantidad considerable de transportadores de glucosa (GLUT 4), que se asocia con la función de recepción de la glucosa en el interior del músculo para que sea usada con fines energéticos y en su acumulación en forma de glucógeno, razón que destaca la importancia de dichos receptores en la sensibilidad periférica a la insulina. Un deterioro de la masa muscular como ocurre en el organismo de manera fisiológica con el transcurso de los años, predispone la aparición de patologías tales como: DT2, Hipertensión Arterial (HTA) y otras enfermedades cardiovasculares, degenerativas del sistema nervioso, obesidad, entre otras (Chapela & Martinuzzi, 2018).

La disminución del músculo afecta considerablemente la calidad de vida. Un hallazgo reciente en este sentido establece relación entre disminución muscular y la resistencia a la insulina, tal como se evidencia en una investigación realizada con 14,528 personas mayores de 20 años. El análisis se realizó tanto en personas con obesidad y sin obesidad con baja masa muscular, y en ambos casos

fue evidente la resistencia a la insulina con mayor incidencia en los menores de 60 años (Bauer et al., 2019). Se ha descrito también en otra investigación realizada por Casals et al. (2017), que los pacientes que viven con DT2 presentan niveles bajos de masa muscular, menor realización de actividad física y mayor desnutrición; con mayor incidencia en el sexo masculino.

Las afectaciones a la masa muscular conllevan a un aumento progresivo de la fibrosis, cambios en el metabolismo muscular, inflamación crónica, estrés oxidativo y degeneración de la unión neuromuscular. Aunque es más frecuente una disminución de las fibras musculares en las personas mayores de 50 años, llegando a representar cerca del 50 % de afectación a los 80 años, no se puede perder de vista que en personas jóvenes que llevan una actividad física intensa aparecen afectaciones que futuramente puede predisponer la aparición de sarcopenia (Papadopoulou, 2020).

Investigaciones realizadas en el año 2019 (Cruz-Jentoft & Sayer, 2019; Nascimento et al., 2019), han abordado la asociación de la disminución de la masa muscular, con la fragilidad de las personas que las padecen y los daños consecuentes sobre la salud, incluyendo al sistema nervioso, fundamentalmente por estrés celular. Igualmente se han establecidos estrategias de prevención y tratamiento con diferentes modalidades de atención que van desde la suplementación hasta el ejercicio físico.

Una investigación de Wu et al. (2021), en China, con la participación de 6,172 personas en un rango de edades de entre 60 y 94 años, evaluó la relación de la baja masa muscular y algunas patologías como factores asociados. La prevalencia de baja masa muscular fue de 46.5%. Las patologías con mayor asociación con la disminución de la masa muscular resultaron ser: HTA, enfermedades pulmonares crónicas, enfermedades cardíacas, la artritis

y las enfermedades psiquiátricas. Mientras que, en las personas con niveles elevados de hemoglobina, mayor velocidad de marcha, mayor masa muscular y consumo bajo de alcohol se asociaron con menor riesgo de padecimiento de sarcopenia.

Park et al. (2020), realizaron un estudio prospectivo en Corea del Norte, donde se evaluó la asociación entre la disminución de la masa muscular y la disfunción sexual eréctil de 519 hombres con un promedio de edad de 74 años. En el 72 % de los hombres con disminución severa de la masa muscular experimentó disfunción sexual, asociado con una disminución de la velocidad de marcha, mientras que en los que solo presentaron disminución de la fuerza de presión no hubo tal asociación, lo que hace pensar que la masa muscular juega un rol decisivo en este sentido.

En otra investigación realizada en Corea (Choi et al., 2020ab) con la intención de establecer asociación entre la úlcera péptica y la disminución de la masa muscular, con la participación de 7,092 pacientes donde se tuvo en cuenta la dieta, el consumo de alcohol, tabaquismo y la actividad física; se clasificaron a los participantes que tenían obesidad sarcopénica y no sarcopénica, identificando 870 y 2698 respectivamente y los resultados revelaron que en la obesidad sarcopénica la prevalencia de las úlceras pépticas fue 2.2 veces mayor que en las personas con obesidad no sarcopénica. Concluyendo que una baja masa muscular y niveles elevados de grasa incrementan la probabilidad de padecer úlceras pépticas.

En un metaanálisis publicado en Brasil en el año 2021 (Silva-Fhon et al., 2021), donde se valoró la relación que existe entre la masa muscular y la albúmina sanguínea, con la participación de adultos mayores se concluyó que las personas sin disminución de la masa muscular tenían cantidades superiores de albúmina, lo contrario a los que tenían bajo nivel de masa muscular. Este resultado

evidencia un motivo más para la atención que se debe prestar al consumo adecuado de proteínas y la realización de ejercicios físicos en las personas adultas.

Otro estudio de revisión brasileño realizado con investigaciones publicadas entre los años 2008 y el 2018, llevado a cabo con la finalidad de establecer la relación que existe entre la enfermedad renal crónica y la masa muscular, evidenció que niveles bajos de masa muscular afectan la capacidad reguladora, excretora y endocrina del riñón. Dichas funciones parecen no afectarse en los pacientes con masa muscular adecuada para su edad; aunque pudiera ser que la enfermedad renal como enfermedad primaria sea quien afecte la movilidad de los enfermos y el desarrollo de la masa muscular (Henrique Farias et al., 2019).

Según se mostró en una investigación realizada en México (Bustamante Hernández et al., 2021), existe relación entre la masa muscular, la diabetes y la realización de hemodiálisis. En el citado estudio transversal participaron un total de 33 pacientes, en los cuales la prevalencia de baja masa muscular fue de 90.8%, con un tiempo de hemodiálisis de 3.57 años. En la investigación se concluyó que existe correlación entre los bajos niveles de masa muscular, el tiempo de evolución de la insuficiencia renal y la edad, observando que la totalidad de los pacientes con insuficiencia renal presentaban niveles bajo de masa muscular.

Uno de cada cinco pacientes que padecen enfermedad de Parkinson presentan niveles bajos de masa muscular, lo que en gran medida podría explicar el empeoramiento de la calidad de vida de dichos pacientes, a la vez se ha establecido que en el Parkinson existe una disbiosis intestinal y que mediante el eje intestino cerebro se establece un estado proinflamatorio que consecuentemente también se

asocia con una disminución de la masa muscular. En los pacientes con Parkinson se ha identificado que predominan bacterias del género *Ralstonia spp*, las cuales se conoce que son proteobacterias con elevados niveles inflamatorios (García Milla et al., 2021).

La literatura científica describe otras causas donde se afecta la masa muscular no asociada al envejecimiento, la cual se encuentra relacionada con diferentes enfermedades que provocan atrofia muscular. Dentro de las que se pueden mencionar el cáncer, insuficiencia renal, cardíaca y la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), en estos casos el abordaje de tratamiento es diferente, el cual contempla entre otras acciones el control de la enfermedad de base (Bauer et al., 2019).

En el contexto ecuatoriano, no existen estudios actualizados que permitan ilustrar la incidencia de la pérdida de masa muscular como problema de salud, aunque se conoce que en países no asiáticos aproximadamente el 20% de la población general está afectada con dicho padecimiento (Ramos-Ramírez & Soto, 2020).

## 1.2. Fisiología de la masa muscular

Un componente fundamental del sistema musculoesquelético del organismo humano lo constituye la masa muscular, misma que juega un papel crucial en la composición corporal. La masa muscular se compone fundamentalmente de fibras musculares (Figura 1.1), del tipo 1 y del tipo 2 que intervienen en el proceso de contracción muscular. Las fibras del tipo 1 se destacan por su participación en la contracción lenta y las del tipo 2 participan en la contracción rápida.

La mezcla de distintos tipos de fibras en los músculos no es igual para todos, mostrando diferencias notables de persona a persona. La cantidad de cada fibra depende sobre todo de

la genética y de la edad, aunque el ejercicio que se realiza también tiene un peso importante. Las fibras tipo I soportan mucho tiempo contrayéndose sin agotamiento, pero las de tipo II, aunque son rápidas y fuertes, se fatigan antes. El modo en que se distribuyen y se combinan estas fibras, marca el trabajo muscular y define cómo se debe enfocar el entrenamiento, afectando a la fuerza, la resistencia y la potencia muscular (Hall et al., 2011).

La masa muscular además de las fibras musculares anteriormente descrita se encuentra formada por el tejido conectivo y los vasos sanguíneos que la irrigan para el soporte nutricional del músculo. El tejido conectivo se encuentra formado principalmente de colágeno y su función fundamental en el músculo está relacionada con el soporte a las fibras musculares además de conformar los tendones que conectan al músculo con el hueso.

La irrigación sanguínea en el músculo juega un papel decisivo para el suministro de oxígeno y nutrientes a nivel celular, además de favorecer la eliminación de sustancias de desechos producto del metabolismo. Una adecuada vascularización en el músculo esquelético es decisiva para el funcionamiento óptimo de este y la recuperación posterior al ejercicio (Hall et al., 2011).

La masa muscular juega un rol fundamental en varias funciones fisiológicas del organismo humano, destacando los movimientos voluntarios y la locomoción. independientemente de las funciones descritas anteriormente se conoce que la masa muscular juega un papel significativo en el metabolismo basal y otras funciones endocrinas. Las propiedades anteriormente descritas le adjudican a la masa muscular un papel preponderante para el mantenimiento y desarrollo de variables de composición corporal, tales como el peso, el porcentaje de grasa, entre otras (Hall et al., 2011).

## Estructura del músculo esquelético

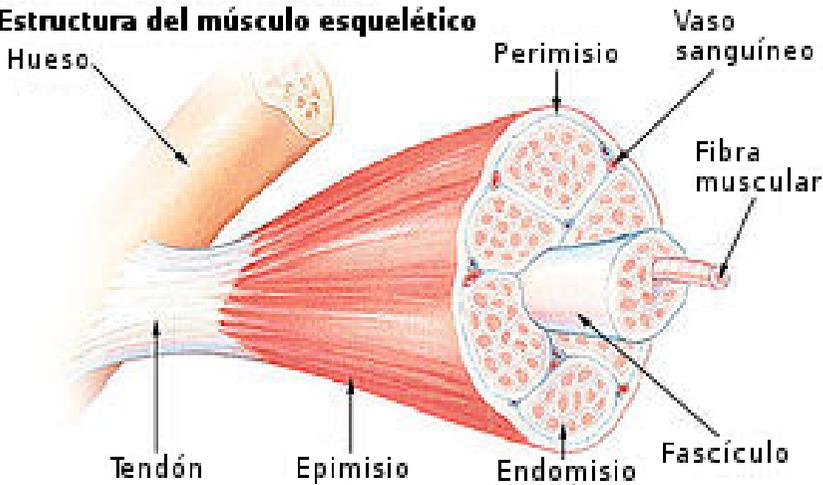


Figura 1.1. Estructura del músculo esquelético.

Fuente: Hall et al.(2011).

En los últimos tiempos se ha estudiado como la actividad física, la alimentación y otros factores modulan la masa muscular. Los avances científico y tecnológico dentro de lo que se encuentra la resonancia magnética y la tomografía computarizada han permitido realizar una valoración más precisa de la masa muscular y los factores que inciden sobre ella. En el ámbito de la alimentación, por solo citar un ejemplo, se ha identificado con precisión cómo el consumo de aminoácidos, proteínas y otros nutrientes afecta tanto el crecimiento como la conservación del músculo. En este sentido se ha podido demostrar los efectos que produce la sarcopenia sobre la salud y el bienestar en general (Sarasa et al., 2020).

La importancia que reviste la masa muscular para el estado de salud en general ha sido objeto de estudio en varios ámbitos que la medicina. Desde las primeras investigaciones realizadas en áreas como la fisiología y la medicina del deporte se identificaron los efectos de la

pérdida de la masa muscular sobre la salud, asociados con atrofia muscular y sarcopenia, mismas que se asocian con empeoramiento del estado de salud en general. Además, se demostró que existe una relación proporcional entre la pérdida de masa muscular y la disminución de la fuerza. Las Investigaciones en el área de la nutrición han demostrado la importancia del consumo adecuado de proteínas para el mantenimiento y desarrollo de la masa muscular, mismo que debe ir asociado a la realización de ejercicios de fuerza para lograr resultados óptimos. La masa muscular, al día de hoy se conoce que además de su función motora, juega un rol decisivo en la salud metabólica y funcional en el organismo humano (Solano & Carazo, 2019; González-Arnáiz et al., 2023) con un índice de masa corporal (IMC).

El estudio de los músculos es clave para entender cómo funciona el cuerpo humano en movimiento. Observa los procesos que hacen que los músculos se contraigan y se relajen, y cómo se adaptan a diferentes situaciones, en la salud o en la enfermedad. A nivel celular, la fisiología muscular estudia el proceso de contracción muscular, proceso donde a partir de la liberación del calcio intracelular se produce un desplazamiento entre las proteínas actina y miocina. Estos procesos bioquímicos producen fuerza y movimiento, esenciales para el desplazamiento del cuerpo. También se consideran aspectos como la fatiga muscular, que involucra procesos de acumulación de sustancias que limitan la capacidad de contracción (Hall et al., 2011; Mito et al., 2022).

En el campo de la fisiología muscular, sobresale cómo el tejido muscular se transforma y se adapta a ciertos estímulos. El ejercicio, por poner un caso, pone en marcha una serie de modificaciones tanto en la estructura como en las moléculas del músculo. Se aprecia un crecimiento en la cantidad de mitocondrias, lo cual estimula la función

de las fibras musculares para usar oxígeno, mejorando así la resistencia en actividades de larga duración. Además, se evidencia un agrandamiento de las fibras musculares, que lleva a una mayor fuerza y tamaño del músculo. Esta habilidad para cambiar no solo es clave en el mundo del deporte de alto nivel, sino también en la medicina, donde la recuperación y el cuidado de distintas dolencias musculares se basan en entender cómo funciona estos mecanismos fisiológicos (Hall et al., 2011; Mito et al., 2022).

Un punto clave en cómo funciona la fisiología de la masa muscular se evidencia con la interacción entre sí de los sistemas nervioso y muscular (Figura 1. 2), los receptores en la pared de las células musculares activan el potencial de acción, lo que lleva a que el músculo se contraiga. Analizar a fondo este proceso es esencial para entender cómo el cerebro controla y ejecuta los movimientos, y para tratar problemas que dañan esta comunicación, como las dolencias neuromusculares (Hall et al., 2011).

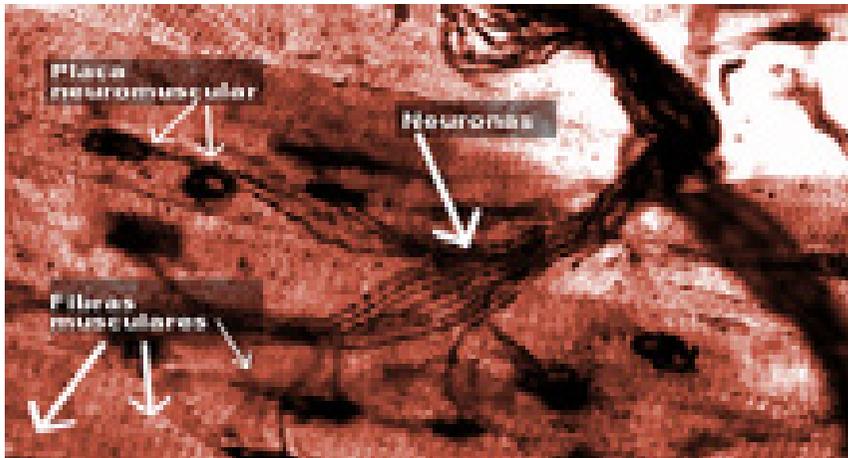


Figura 1.2. Relación entre el sistema nervioso y la masa muscular.

Fuente: Hall et al.(2011).

### 1.3. Métodos de medición de la masa muscular.

En el terreno de la fisiología, la medición de la masa muscular reviste una importancia vital para evaluar la salud y el rendimiento físico de individuos y atletas. Existen diversos métodos de medición, cada uno con sus ventajas y limitaciones. Uno de los enfoques más comunes es el uso de técnicas de imagenología, como la resonancia magnética y la tomografía computarizada, que permiten una visualización detallada de la composición muscular. Estas técnicas brindan con exactitud la distribución de los tejidos musculares y grasa en el cuerpo. En cambio, su utilización en el sistema de salud puede ser reducido por su precio y la disponibilidad de equipos especializados (Costa Moreira et al., 2015; Chen et al., 2020; Spalevic et al., 2021).

En este sentido se puede abordar la existencia de otra técnica menos costosa e invasiva que puede ser recomendada para este fin en el sistema de salud, como es el método de la bioimpedancia. Este consiste en medir la resistencia eléctrica del musculo cuando es sometido al paso de una corriente eléctrica de baja intensidad. Para la aplicación de este método se debe tomar en consideración que el contenido de agua y grasa corporal puede influir en la precisión de los resultados. No obstante, también se conocen otras herramientas menos complejas y de uso común como el empleo de caliper o plicómetros para medir los pliegues de la piel los cuales nos dan una idea de la proporción de grasa y masa muscular en el organismo. A pesar de ser métodos simples han demostrado ser efectivos para la evaluación de cambios en la composición corporal en el tiempo (Costa Moreira et al., 2015; González-Arnáiz et al., 2023).

Para realizar estos estudios, la adopción de la técnica va a depender primeramente del conocimiento de lo que se

quiere estudiar y de los recursos disponibles. El empleo de la bioimpedancia eléctrica y las evaluaciones antropométricas nos puede dar una idea más completa y exacta de cuánta masa muscular existe y su distribución en el cuerpo.

Además, es esencial considerar la variabilidad interindividual y los posibles errores asociados a cada método al interpretar los resultados. En última instancia, la selección adecuada de la metodología de medición de la masa muscular es fundamental para obtener datos fisiológicamente relevantes y confiables que respalden la investigación y la práctica clínica en este campo (Costa Moreira et al., 2015; Howe et al., 2018).

### ***Medición de la masa muscular por resonancia magnética***

El uso de la Resonancia Magnética (RM) para medir la masa muscular ha resultado ser una técnica avanzada para este tipo de estudio por su nivel de precisión y confiabilidad en la evaluación de la composición corporal. Este método se apoya en que la RM puede ver diferencias entre tejidos, así como músculos, grasa y otros componentes del organismo. Por la calidad de las imágenes que nos proporciona (ver figura 1.3), se puede medir con mayor precisión la masa muscular en diferentes partes del cuerpo. Esto es de gran utilidad ya que permite realizar estudios e investigaciones más precisas, así como el monitoreo de patologías que afectan los músculos y el seguimiento de los tratamientos destinados a la salud muscular (Martínez Sanz et al., 2018; García-Almeida et al., 2023) economical, portable, non-invasive technique that evaluates the musculoskeletal area with linear, broadband, multifrequency probes, with a depth field of 20–100mm. It quantifies muscle modifications in malnutrition and provides information on functional changes (echogenicity).

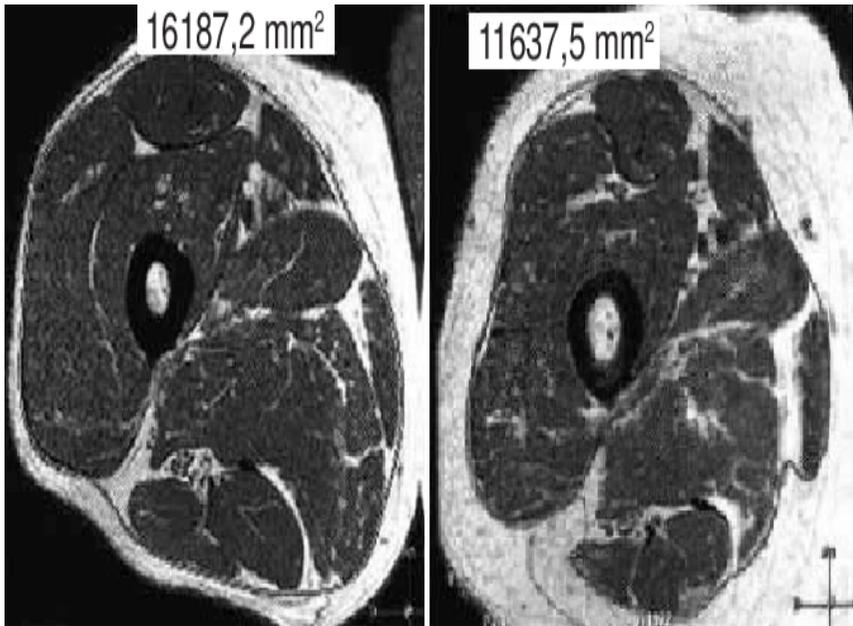


Figura 1.3. Masa muscular del músculo cuádriceps femoral vista por RM.

Fuente: Amador-Licona et al.(2018).

Sin embargo, como cualquier técnica de medición, la RM para la evaluación de la masa muscular presenta tanto ventajas como desventajas. Entre las ventajas más destacadas se encuentra su alta precisión y sensibilidad para detectar cambios en la composición corporal a lo largo del tiempo. Esto la convierte en una herramienta invaluable en estudios longitudinales y en la monitorización de tratamientos diseñados para mejorar la masa muscular. Además, la RM permite una evaluación detallada de múltiples grupos musculares, lo que proporciona información específica sobre la distribución y calidad del tejido muscular en el cuerpo (Costa Moreira et al., 2015; Chapela et al., 2021).

No obstante, es importante tener en cuenta algunas limitaciones de este método. La RM es una técnica que suele ser cara y necesita equipos especializados para su

implementación, lo que hace que no siempre esté al alcance en sistemas de salud o de investigación de bajos recursos. Aparte de esto, aunque se considera una tecnología muy precisa, se necesita de un talento humano con experiencia en imagenología para interpretar las imágenes y la segmentación de los tejidos, algo que puede ser difícil para el personal que no esté entrenado en este tipo de técnica.

Por último, la duración del procedimiento puede ser un factor a considerar, ya que la adquisición de imágenes de alta resolución puede tomar más tiempo en comparación con otras técnicas de medición de la composición corporal (Costa Moreira et al., 2015).

### ***Medición de la masa muscular por tomografía computarizada***

En el ámbito de la fisiología y la medicina, la Tomografía Computarizada (TC) es una técnica de uso frecuente para cuantificar la masa muscular. Este procedimiento aprovecha la habilidad de la TC para generar imágenes con alta resolución (Figura 1.4) de los órganos internos a partir de varias secciones transversales. Cuando se trata de calcular la masa muscular, la TC brinda una visión exacta de los músculos, lo que permite conocer su tamaño y densidad. Esto cobra importancia en el análisis de la estructura corporal y al analizar problemas que dañan el tejido muscular como la sarcopenia o la distrofia muscular (Costa Moreira et al., 2015; Bazán et al., 2023).

Una de las virtudes esenciales de la TC para medir la masa muscular, es su capacidad especial de ofrecer imágenes de gran resolución de los músculos y órganos circundantes. Esta propiedad permite realizar un estudio detallado de la distribución y calidad del tejido muscular, además de detectar anomalías o cambios producidos por el tiempo. Cabe destacar que la TC es una herramienta que puede estar disponible con facilidad en los sistemas de salud o centros de investigación, lo que la hace más accesible para el personal médico y científico. Por otra parte, es importante

destacar que la TC emite rayos ionizantes, factor que puede ser perjudicial para pacientes que son sometidos a estudios periódicos, lo que constituye una limitante de esta tecnología. En este sentido, se puede afirmar que se han ejecutado acciones para disminuir las dosis de radiación, no obstante es un detalle a tener en consideración, especialmente para pacientes sensibles (Costa Moreira et al., 2015; Bazán et al., 2023).



Figura 1.4. Imagen tomada por Tomografía del muslo, en cortes coronal y axial.

Fuente: Hall et al.(2011).

Otra ventaja significativa de la medición de la masa muscular por TC es la capacidad de realizar mediciones regionales específicas. Esto significa que es posible analizar grupos musculares individuales o segmentos corporales particulares, lo que brinda una comprensión detallada de la distribución de la masa muscular en el cuerpo.

Además, la TC puede combinarse con técnicas de análisis de imagen avanzadas, como la segmentación automática, para mejorar la precisión y eficiencia en la cuantificación de la masa muscular. No obstante, es importante destacar que la TC puede no ser la opción ideal para ciertos grupos de población, como aquellos con contraindicaciones para la exposición a radiación o para quienes se prefieran métodos no invasivos o no ionizantes (Chapela et al., 2021; Bazán et al., 2023).

### ***Medición de la masa muscular por ecografía***

En la actualidad la ecografía se ha convertido en una herramienta óptima en la medición precisa de la masa muscular. Esta técnica, basada en la emisión de ultrasonidos y su posterior interpretación de las ondas reflejadas por los tejidos musculares (Figura 1.5), permite una evaluación directa y no invasiva de la composición corporal. Con el uso de esta técnica para medir la masa muscular, se logra obtener información detallada sobre la estructura, tamaño y calidad del músculo, lo que permite la evaluación de cambios relacionados con el ejercicio físico, lesiones o condiciones médicas. Es importante destacar que esta técnica por su accesibilidad, facilidad de uso y bajo precio en relación con otras técnicas utilizadas para el estudio de la masa muscular, se convierte en una herramienta factible para ser aplicada en los sistemas de salud, de investigación y deportivo (Demont & Lemarinel, 2019) en particular para la evaluación muscular. La ecografía muscular fue iniciada en la década de 1960 por un equipo de la Universidad de Tokio para medir el área transversal del bíceps braquial. Esta herramienta ha sido ampliamente elegida para la evaluación de lesiones musculares en el deporte. Sin embargo, la evaluación muscular por sus características morfológicas y morfométricas se ha desarrollado de forma paralela a la necesidad de mejorar la validez y fiabilidad de las hipótesis clínicas formuladas a partir de herramientas clínicas que a menudo tienen una precisión y reproducibilidad baja o

moderada. Un gran número de estudios de buena calidad confirman ahora el interés de la ecografía para evaluar la morfología (grosor, ecogenicidad, ángulo de penación, longitud fascicular, atrofia e infiltración de grasa).

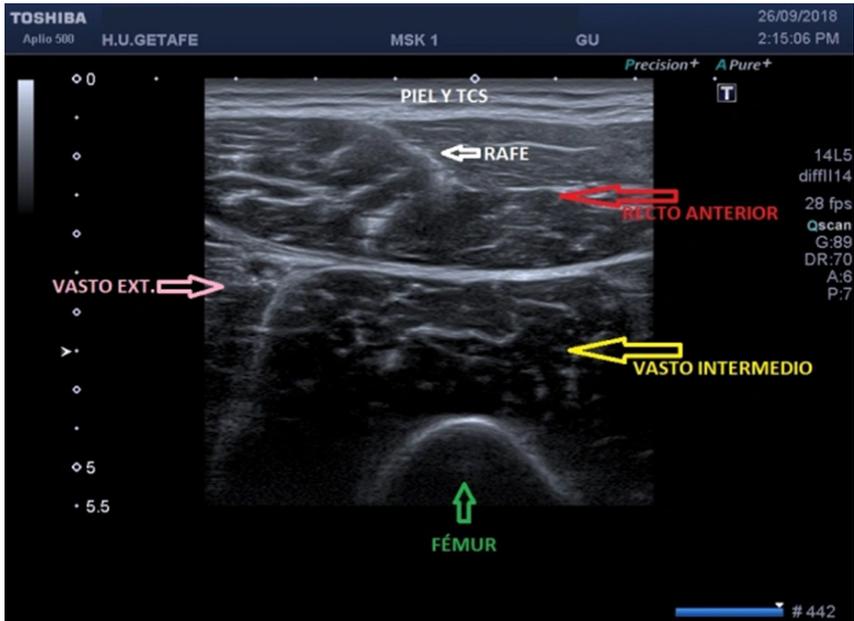


Figura 1.5. Masa muscular del muslo medida por ecografía.

Fuente: Demont & Lemarinel (2019) en particular para la evaluación muscular. La ecografía muscular fue iniciada en la década de 1960 por un equipo de la Universidad de Tokio para medir el área transversal del bíceps braquial. Esta herramienta ha sido ampliamente elegida para la evaluación de lesiones musculares en el deporte. Sin embargo, la evaluación muscular por sus características morfológicas y morfométricas se ha desarrollado de forma paralela a la necesidad de mejorar la validez y fiabilidad de las hipótesis clínicas formuladas a partir de herramientas clínicas que a menudo tienen una precisión y reproducibilidad baja o moderada. Un gran número de estudios de buena calidad

*confirman ahora el interés de la ecografía para evaluar la morfología (grosor, ecogenicidad, ángulo de penación, longitud fascicular, atrofia e infiltración de grasa.*

Por lo antes expuesto, es importante destacar que la ecografía como técnica para medir masa muscular se basa fundamentalmente en su capacidad para brindar evaluaciones precisas y reproducibles. Este método de diagnóstico permite tener una visión directa de los músculos y la evaluación de su tamaño trasversal y longitudinal, además brinda datos detallados sobre el grosor, el área de sección trasversal y la arquitectura muscular, información esencial que permite entender no solo la cantidad de masa muscular, también su distribución y calidad, lo que resulta invaluable en el seguimiento del progreso muscular en diferentes contextos, desde la rehabilitación hasta el rendimiento deportivo. Asimismo, la capacidad de efectuar mediciones en tiempo real mediante se produce el movimiento ofrece una visión dinámica y funcional del tejido muscular, lo que fundamenta su utilidad tanto en el ámbito fisiológico como en la práctica clínica. (Demont & Lemarinel, 2019) en particular para la evaluación muscular. La ecografía muscular fue iniciada en la década de 1960 por un equipo de la Universidad de Tokio para medir el área transversal del bíceps braquial. Esta herramienta ha sido ampliamente elegida para la evaluación de lesiones musculares en el deporte. Sin embargo, la evaluación muscular por sus características morfológicas y morfométricas se ha desarrollado de forma paralela a la necesidad de mejorar la validez y fiabilidad de las hipótesis clínicas formuladas a partir de herramientas clínicas que a menudo tienen una precisión y reproducibilidad baja o moderada. Un gran número de estudios de buena calidad confirman ahora el interés de la ecografía para evaluar la morfología (grosor, ecogenicidad, ángulo de penación, longitud fascicular, atrofia e infiltración de grasa.

## ***Medición de la masa muscular por Bioimpedancia Eléctrica (BIA)***

El principio de funcionamiento de la bioimpedancia eléctrica consiste en la capacidad de los tejidos biológicos para conducir la electricidad de forma diferente según la composición corporal y el contenido de agua. La bioimpedancia utiliza corriente eléctrica de baja intensidad que se transmiten a través del organismo humano y posteriormente se registran los voltajes resultantes para calcular la impedancia, misma que se relaciona con la composición de los tejidos. La mencionada técnica tiene una utilidad particular en escenarios clínicos y de investigación donde se precisa una evaluación rápida y no invasiva sobre la masa muscular (Costa Moreira et al., 2015; Chapela et al., 2021).

En este sentido, uno de los atributos más destacados en la evaluación de la masa muscular mediante bioimpedancia eléctrica (BIA) radica en su carácter práctico y su facilidad de implementación. Por su parte, esta técnica no implica métodos invasivos ni exposición a radiaciones, lo que la ubica como una alternativa segura y confortable para distintos grupos etarios. A lo anterior se suma su bajo costo relativo y la posibilidad de utilizar dispositivos portátiles, lo cual beneficia su implementación, tanto en ambientes clínicos como en escenarios de investigación. Asimismo, la rapidez con la que proporciona estimaciones de composición corporal resulta particularmente valiosa en situaciones que demandan evaluaciones frecuentes o en contextos donde la agilidad en la recolección de datos es prioritaria (Alonso Izquierdo, 2018; Nicot Balón et al., 2020) pero este indicador no es capaz de distinguir si los cambios de peso son debidos a la masa grasa, a la masa libre de grasa o al agua corporal. En los últimos años se ha demostrado que el análisis de impedancia convencional es un método más preciso para analizar la composición corporal, aunque con ciertas limitaciones. Sin embargo, el análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA).

Por otra parte, es necesario tomar en cuenta que la exactitud del cálculo de la masa muscular por BIA puede sufrir algún tipo de variación por diversos elementos como es la hidratación del paciente, la posición corporal y la calidad del equipo utilizado. Cabe destacar que, aunque la BIA representa una herramienta útil para este tipo de estudios, puede no ser tan exacta como otras técnicas más sofisticadas como es el caso de la RM o la TC. Al evaluar lo expuesto anteriormente es fundamental tomarlo en consideración al elegir el método más adecuado para medir la masa corporal y se debe considerar el contexto y los objetivos de la evaluación. Sus ventajas incluyen la simplicidad de uso, la no invasividad y la accesibilidad en diferentes entornos. Sin embargo, es importante tener en cuenta las posibles limitaciones en cuanto a precisión y considerar el contexto de la evaluación al seleccionar este método (Alvero-Cruz et al., 2011; Alonso Izquierdo, 2018; Nicot Balón et al., 2020).

### ***Medición de la masa muscular por pliegues cutáneos***

Esta técnica tiene su basamento científico en medir la cantidad del tejido adiposo subcutáneo que se acumula en áreas específicas del organismo, lo que garantiza estimar la cantidad total de grasa y por consiguiente inferir la masa muscular. Para realizar la medición se utilizan calibradores de pliegues cutáneos que permiten tomar medidas exactas de los pliegues de la piel en diferentes partes del cuerpo, como pueden ser el tríceps, el muslo y el abdomen. Este método se puede utilizar en contextos clínicos y de investigación donde se precisa una evaluación económica y no invasiva del organismo (Chapela et al., 2021; Costa Moreira et al., 2015; Martínez Sanz et al., 2018).

Dentro de los principales beneficios del cálculo de la masa muscular a partir de pliegues cutáneos es su fácil acceso y simplicidad, ya que no se requieren equipos modernos, ni procedimientos invasivos, lo que la convierte en una

alternativa económica y práctica para los profesionales del ámbito de la salud y científico. Al mismo tiempo, al resultar una técnica no invasiva es bien aceptada por la mayoría de los pacientes, incluyendo a los individuos que pueden tener reservas o preocupaciones respecto a otras técnicas más complejas. Asimismo, la medición de los pliegues cutáneos permite obtener información sobre la distribución de la grasa subcutánea, lo que puede ser útil para evaluar el riesgo de ciertas condiciones de salud asociadas con la adiposidad (Costa Moreira et al., 2015).

No obstante, es importante reconocer que la precisión de la medición de la masa muscular por pliegues cutáneos puede estar influenciada por la habilidad del operador, la fórmula con la que se realice la estimación y la variabilidad en la técnica de medición. Además, esta técnica puede no ser tan precisa como otras metodologías más avanzadas, como la Resonancia Magnética o la Tomografía Computarizada. Por lo tanto, es decisivo que aquellos que utilicen este método estén debidamente capacitados y sigan protocolos estandarizados para minimizar el margen de error (Alvero-Cruz et al., 2011; Nicot Balón et al., 2020).

#### **1.4. Comorbilidades asociadas a la disminución de la masa muscular**

Las enfermedades relacionadas con la reducción de la masa muscular constituyen una temática de notable importancia para el ámbito de la salud, ya que este fenómeno puede generar un impacto significativo en la salud y calidad de vida de las personas. Hay que destacar que una de las patologías más frecuentes relacionadas a esta disminución es la sarcopenia, enfermedad que se manifiesta en la disminución progresiva de la masa y función muscular con el envejecimiento.

La sarcopenia además de afectar la capacidad física y la calidad de vida del individuo se encuentra asociada con un mayor riesgo de caída, fracturas y discapacidad. La disminución de la masa muscular que implica esta patología incide en la aparición y progresión de diferentes enfermedades crónicas, tales como las enfermedades cardiovasculares y la diabetes tipo 2 dónde los músculos desempeñan un papel crucial en el metabolismo de la glucosa y al gasto energético total (Chen et al., 2020)Asia included. The Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS.

Otra condición clínica relacionada con la pérdida de masa muscular es la obesidad sarcopénica, que se expresa por exceso de grasa y pérdida de tejido muscular en un mismo individuo. Esta combinación representa un desafío importante para el personal de salud, ya que el aumento del tejido adiposo puede enmascarar la pérdida de masa muscular, lo que entorpece su diagnóstico y tratamiento. Esta enfermedad se asocia con un alto riesgo de complicaciones metabólicas y cardiovasculares, además de causar un deterioro de la función física. Por tal motivo se hace necesario realizar un abordaje que vincule la masa muscular y la obesidad, para contribuir al mejoramiento de la salud y calidad de vida de los pacientes (Melo de Oliveira et al., 2019).

Otra de las patologías vinculadas a la pérdida de masa muscular es la osteoporosis, esta enfermedad se caracteriza por la fragilidad de los huesos y por ende se vuelven más propensos a fracturas. Existe una estrecha relación entre la pérdida de la masa muscular y la reducción de la densidad ósea, esto se debe a que los músculos brindan soporte y estimulación mecánica a los huesos. Por lo tanto, es esencial abordar tanto la masa muscular como la salud ósea de manera conjunta para prevenir complicaciones asociadas (López et al., 2018; Nielsen et al., 2018).

Además de la osteoporosis, la disminución de la masa muscular también puede estar relacionada con trastornos metabólicos como la resistencia a la insulina. El tejido muscular tiene una función clave en la regulación metabólica de la glucosa, ya que estos juegan un papel crucial en su almacenamiento y utilización. En este sentido se puede afirmar que la disminución de la masa muscular puede comprometer este proceso y causar un desequilibrio en los niveles de glucosa en sangre. En consecuencia a lo anterior se considera importante preservar la salud muscular para evitar trastornos metabólicos y sus complicaciones (Howe et al., 2018).

### **Sarcopenia**

La sarcopenia es un proceso fisiológico asociado al

## **Sarcopenia**

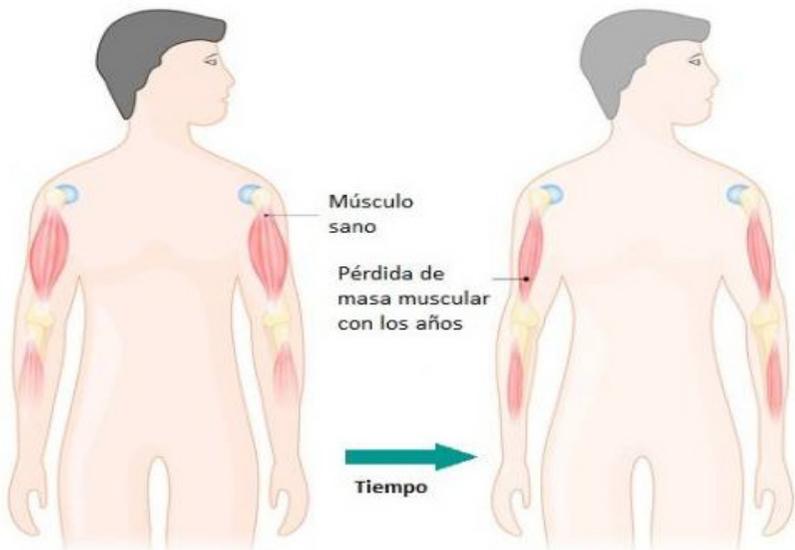


Figura 1.6. Disminución de la masa muscular con la edad.

Fuente: Chen et al. (2020).

Desde el punto de vista de su fisiopatología, esta enfermedad relaciona una compleja relación entre factores genéticos, hormonales, nutricionales y de estilos de vida. La reducción de hormonas anabólicas como la testosterona y el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-1), contribuyen significativamente a la pérdida de la masa muscular.

Asimismo, la resistencia a la insulina y la disminución en la sensibilidad a la leucina, un aminoácido esencial para la síntesis proteica, también contribuyen a la fisiopatología de la sarcopenia. Factores ambientales como la inactividad física y una ingesta inadecuada de proteínas pueden agravar este proceso. Además, se ha observado que la inflamación crónica de bajo grado, común en el envejecimiento, puede desencadenar cascadas de señalización que contribuyen a la degradación muscular y a la disminución en la capacidad regenerativa del músculo (Hall et al., 2011; Chen et al., 2020; Bahamondes-Ávila et al., 2021).

Sin duda alguna, los efectos de la sarcopenia sobre la salud son relevantes y variados. El detrimento de la masa muscular está asociado con la disminución de la fuerza y la capacidad funcional, estos factores pueden influir en la disminución de las actividades cotidianas, como es el caso de levantarse de una silla o subir escaleras incrementando el riesgo de sufrir caídas y lesiones; consecuencias graves, especialmente en la población de edad avanzada.

Además, la sarcopenia está relacionada con una mayor prevalencia de comorbilidades como la diabetes tipo 2, la osteoporosis y la fragilidad. También se ha observado que los individuos con sarcopenia tienen un mayor riesgo de hospitalización y una recuperación más lenta después de cirugías o enfermedades agudas (Chen et al., 2020) Asia included. The Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS).

En cuanto a la epidemiología de la sarcopenia, su prevalencia ha ido en aumento debido al envejecimiento de la población a nivel mundial. Se calcula que aproximadamente el 10% de los adultos mayores de 60 años padecen de sarcopenia y

este porcentaje aumenta aproximadamente el 50% en adultos mayores de 80 años. En este sentido es necesario señalar que esta condición no solo afecta a los adultos mayores, sino que también puede estar presente en adultos más jóvenes, principalmente en los que llevan un estilo de vida sedentario o padecen enfermedades crónicas. Podemos llegar a la conclusión que entender la fisiopatología y los efectos de esta enfermedad es fundamental para el desarrollo de estrategias efectivas para su prevención y tratamiento en la población (Chen et al., 2020; Ramos-Ramirez & Soto, 2020; Bahamondes-Ávila et al., 2021) de cohorte prospectivo, en adultos mayores hospitalizados en el servicio de medicina del HNHU. El análisis crudo y multivariado se realizó utilizando modelos de regresión de Poisson para determinar la relación entre sarcopenia y mortalidad intrahospitalaria y EHP mediante riesgos relativos (RR).

A nivel internacional la incidencia de sarcopenia ha mostrado un incremento notable en los últimos años, motivado en lo fundamental al vertiginoso envejecimiento de la población en la mayoría de los países. Según la evidencia en la última década la variación en cuanto a la prevalencia de la sarcopenia es significativa entre los diferentes continentes, acrecentándose en aquellos con una población más envejecida (Chen et al., 2020; Sepulveda Loyola et al., 2020; Ramos-Ramírez & Soto, 2020; Barrientos-Calvo et al., 2021; Cervera-Díaz et al., 2022; Ramos & Guevara, 2023) la desnutrición relacionada con la enfermedad (DRE).

A modo de ejemplificar este fenómeno, se menciona que, en países del continente europeo, se ha reportado una alta incidencia de la sarcopenia con valores que fluctúan del 11 al 25% en personas mayores a 60 años. Los valores estimados en Asia se comportan de manera similar con cifras que oscilan entre el 16 y 37% en la misma población. En cambio, en el continente americano pese a que estos valores son ligeramente inferiores, también son preocupantes ya que muestran una prevalencia que se sitúa entre el 5 y

el 20%. Las tasas más bajas con un número de caso del 4% al 10%, se encuentran en el continente africano. Las estadísticas antes expuestas reflejan la magnitud de esta problemática a nivel mundial y reflejan la importancia de abordar esta enfermedad como un reto para los sistemas de salud pública del mundo.

En el ámbito ecuatoriano en consonancia con el incremento de la que esperanza de vida y el envejecimiento de la población, se ha comenzado a prestar una atención diferenciada a la sarcopenia y otras enfermedades propia de la población adulta mayor. En este contexto investigaciones realizadas en Ecuador por Campoverde & Maldonado (2021); y Ramos & Guevara (2023), estiman que entre el 12 y el 15% de los adultos mayores presentan una alta probabilidad de padecer sarcopenia, con variaciones entre las diferentes regiones del país relacionados con factores socioeconómicos. De lo anterior se deriva la necesidad de implementación de políticas y programas sanitarios específicos para la prevención y manejo de la sarcopenia y las patologías asociadas.

### ***Sarcopenia secundaria***

En este caso, la sarcopenia secundaria, se define por ser una enfermedad que causa pérdida de la musculatura y la función muscular, pero que no necesariamente está asociada con el proceso de envejecimiento, si no por otras causas subyacentes relacionadas con enfermedades crónicas, oncológicas, renales y respiratorias, las cuales puede causar un deterioro progresivo de la masa muscular, debido a cambios fisiopatológicos del organismo. Otros factores como la inactividad física prolongada, el sedentarismo, la mala alimentación y el consumo de ciertos medicamentos contribuyen a su presencia al afectar la síntesis proteica muscular, el equilibrio entre la degradación y la formación del tejido muscular, y la respuesta metabólica del organismo (De Nobili, 2020).

Por otra parte, la epidemiología de la sarcopenia derivada de otros problemas de salud comprende una amplia variedad de grupos poblacionales y situaciones de salud que contribuyen al aumento y prevalencia de esta enfermedad. Para el caso de pacientes con diabetes se ha evidenciado resistencia a la insulina y procesos inflamatorios crónicos contribuyendo a la degradación de los músculos provocando la pérdida de masa muscular.

Otro grupo de enfermedades que pueden ser factor de riesgo para sarcopenia es la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y la enfermedad renal crónica, que pueden generar un estado de caquexia en el cual la pérdida de peso y la debilidad muscular son los síntomas más predominantes. Por otro lado, la mayoría de los tipos de cáncer, tanto por efecto del tumor en sí, como por efecto de los tratamientos como la quimioterapia, desencadenan procesos catabólicos que afectan la masa y la función muscular, contribuyendo a sarcopenia secundaria en pacientes oncológicos (De Nobili, 2020).

De igual forma, la sarcopenia secundaria presenta una tendencia epidemiológica preocupante en términos de su prevalencia en la población geriátrica y su relación con otras comorbilidades. La sarcopenia secundaria en adultos mayores se asocia con mayor frecuencia a hospitalizaciones prolongadas, discapacidad funcional y un aumento de la morbilidad y mortalidad. La entidad también ha sido descrita en la coexistencia con obesidad, osteoporosis y fragilidad, generando la hipótesis de la aparición de la sarcopenia secundaria cuando existen condiciones clínicas añadidas, lo que presupone una relación epidemiológica bidireccional y epidémica de causa y efecto con el envejecimiento. En el contexto de atención geriátrica, esta comprensión destaca la necesidad de un enfoque sistémico y multidisciplinario de la sarcopenia secundaria, que discuta no solo su etiología primaria sino cómo se relaciona con otras condiciones

clínicas para optimizar las medidas preventivas y terapéuticas (De Nobili, 2020).

En Ecuador no existen cifras exactas relacionadas con la incidencia de la sarcopenia secundaria, debido a la inexistencia de estudios epidemiológicos registrados relacionado con la enfermedad en la población del país. La información disponible hasta la fecha está basada en estudios inespecíficos que no refleja la realidad de la enfermedad objeto de estudio. En función de lo anterior un análisis estadístico sobre la prevalencia de sarcopenia secundaria en Ecuador aunado a una investigación clínica minuciosa, Incluyendo la calidad de vida y factores socioeconómicos podría beneficiar la población ecuatoriana.

### ***Osteoporosis***

A escala internacional, la osteoporosis es un importante problema de salud pública, sobre todo en relación con el envejecimiento de la población. Según los resultados de numerosos estudios de bases de datos y metaanálisis realizados a nivel mundial, la prevalencia de la osteoporosis en los distintos continentes varía significativamente. En Europa, se calcula que esta enfermedad afecta aproximadamente al 22% de la población y al 7% de las mujeres y los hombres mayores de 50 años, respectivamente (Nielsen et al., 2018). En Asia, estas cifras varían entre el 15% y el 27% de la población y entre el 6% y el 13% en mujeres y hombres, respectivamente. Tanto en América del Norte como en América del Sur, las tasas son ligeramente inferiores, pero siguen siendo un problema sanitario relevante: en la primera se habla de un 12% a un 18% de su población total y de un 3% a un 6%, entre hombres y mujeres respectivamente (Clynes et al., 2020; Sarafrazi, 2021).

En África, la afección es la menos prevalente, afectando del 7% al 11% de la población y del 2% al 6% en hombres y mujeres, respectivamente (Salari et al., 2021; Xiao et al.,

2022) regional prevalence, and risk factors of osteoporosis. Prevalence varied greatly according to countries (from 4.1% in Netherlands to 52.0% in Turkey. Estas estadísticas ponen de relieve la importancia de abordar la osteoporosis como un problema de salud a escala mundial y subrayan la necesidad de estrategias preventivas y terapéuticas a nivel internacional. En cambio, para el Ecuador la presencia de esta enfermedad ha tomado interés en los últimos años, ya que se ha observado un aumento de la cantidad de personas afectadas por patologías relacionadas con el envejecimiento incluida la enfermedad en cuestión, esto se debe principalmente al aumento de la esperanza de vida de la población ecuatoriana.

Según estudios nacionales, se estima que en Ecuador alrededor del 18% de las mujeres y el 8% de los hombres mayores de 50 años pueden estar afectados por esta condición (López et al., 2023). Además, se ha identificado una correlación entre la presencia de osteoporosis y la concomitancia de otras condiciones de salud, como la sarcopenia y las fracturas por fragilidad. A medida que la conciencia sobre la osteoporosis y su impacto en la salud de la población ecuatoriana continúa creciendo, es inminente la implementación de programas de salud específicos para la prevención y tratamiento de esta condición en el ambiente local.

### ***Obesidad sarcopénica***

La obesidad sarcopenia es una patología caracterizada por valores elevados de grasa corporal y pérdida de masa muscular, misma que se ha incrementado a nivel mundial en las últimas décadas constituyendo hoy en día un serio problema de salud. La evidencia científica actual indica que entre el 10 y el 20% de la población adulta a nivel mundial padece obesidad sarcopenia (Wei et al., 2023). La incidencia de obesidad sarcopenia entre las diferentes regiones muestra diferencias significativas, con valores más elevados en los países con población más envejecida. Un

ejemplo que ilustra lo anterior lo constituye la población de los Estados Unidos donde el 30% de la población mayor de 60 años padece obesidad sarcopénica (Roh & Choi, 2020ab).

Las tasas europeas varían del 5% al 15%, diferentes países tienen tasas específicas que dependen de condiciones locales (Cruz-Jentoft et al., 2019). En Asia, se ha observado un rápido aumento de la obesidad en las últimas dos décadas, y en consecuencia, se ha observado un aumento en la incidencia de la obesidad sarcopénica (Kim et al., 2015). Este estado es extremadamente peligroso, ya que combina el impacto negativo de la obesidad, como la diabetes tipo 2, y enfermedad cardiovascular, con debilitamiento y pérdida de funcionalidad del músculo esquelético, ambos asociados con la sarcopenia (Roh & Choi, 2020).

En los últimos años en Ecuador también se ha prestado una mayor atención al problema del aumento de la obesidad sarcopénica. Dado que la obesidad ha sido reconocida como un problema de salud significativo en el país, también ha dado lugar al aumento del número de casos de obesidad sarcopénica, lo que ha afectado a la mayoría de la población adulta mayor. Los datos preliminares de los estudios locales dan un estimado de alrededor de 12% de los adultos en Ecuador que sufren de obesidad sarcopénica (Alzate Yepes, 2020).

La obesidad sarcopenia representa un reto significativo para el sistema de salud ecuatoriano, debido a que esta patología incluye los riesgos propios de la obesidad como la resistencia a la insulina, la hipertensión arterial, enfermedades articulares, e inflamación crónica de bajo grado, con la pérdida de la masa muscular y la disminución de la funcionalidad física. Se debe considerar además los riesgos derivados de la función metabólica de la masa muscular, misma que constituye un factor predisponente para el empeoramiento de otras patologías (Ciudin et al., 2020a).

## 1.5. Efectos del porcentaje de grasa sobre la masa muscular

El porcentaje de grasa corporal también puede influir significativamente en la cantidad de masa muscular. Durante el aumento de la cantidad de grasa corporal, especialmente si supera los valores normales, puede tener un efecto negativo en la masa muscular. El aumento en los niveles de grasa corporal puede dar lugar a un aumento en la producción de citoquinas proinflamatorias, lo que llevará al desarrollo de un estado de inflamación crónica de bajo grado en el cuerpo. La inflamación crónica puede tener un efecto perjudicial en el metabolismo del músculo. Puede interferir con la síntesis de proteínas y estimular la degradación del tejido muscular, dando como resultado la reducción de la masa muscular (Bauce, 2022).

En contraste, un nivel de grasa dentro de los límites normales saludables podría ser beneficioso para la masa magra. Un nivel normal de grasa podría crear un entorno metabólico óptimo para la síntesis de proteínas y fomentar la preservación y desarrollo muscular. Asimismo, es pertinente mencionar que un nivel más bajo de porcentaje corporal de grasa se relaciona con una mejor sensibilidad a la insulina. Una mayor sensibilidad a la insulina implica un mejor nivel de absorción y reabsorción de nutrientes por las células musculares que a su vez favorece el desarrollo muscular óptimo. Básicamente, se puede resumir que el porcentaje de grasa corporal juega un papel crucial tanto en el mantenimiento como en el desarrollo de la masa muscular (Bauce, 2022).

### ***Relación entre la baja masa muscular y la disfunción sexual***

La fisiopatología descrita de esta asociación radica en diversos mecanismos hormonales y neurológicos que interactúan entre sí. La disminución de la masa muscular conlleva a una reducción en la producción de hormonas como la testosterona, que juega un papel crucial en la regulación del deseo sexual y la función eréctil en hombres,

así como en la respuesta sexual en mujeres (Roh & Choi, 2020; Wei et al., 2023).

Asimismo, la baja masa muscular puede estar relacionado con un balance negativo en la producción de otras hormonas como el estrógeno y la progesterona en las mujeres, lo que también puede tener un impacto desfavorable sobre la función sexual (Ciudin et al., 2020b). A nivel neurológico, la falta de actividad física y la baja masa muscular pueden perturbar el proceso normal de funcionamiento del sistema nervioso central y periférico, mismo que puede alterar la excitación y respuesta sexuales (Hart et al., 2023).

Al nivel mundial, las estadísticas demuestran asociación entre la baja masa muscular y disfunción sexual. Se conoce que aproximadamente un 40% de los hombres mayores de 40 años sufren un cierto grado de disfunción eréctil, lo que guarda relación con la edad donde la tendencia a la disminución de la masa muscular se hace más marcada (Morales Carrasco et al., 2019; Furtado et al., 2023). En el caso de las mujeres aunque la disfunción sexual es menos estudiada, recientemente publicaciones en la materia señalan que entre un 40 y un 60% de ellas sufren este problema de salud que se acrecienta con la pérdida de la masa muscular, afectando el deseo y la satisfacción sexual (Morales Carrasco et al., 2019).

En el contexto de Ecuador, un estudio en la provincia de Cuenca ha demostrado que la disfunción sexual entre hombres jóvenes entre 20 y 39 años también es muy común 75,5% , asociado a baja masa muscular (Molina & Tapia, 2020). Estos datos sugieren que la salud sexual y la masa muscular deben ser atendido de manera integral, por lo que será necesario el establecimiento de estrategias que estimulen el desarrollo de la masa muscular a través de la incorporación de actividad física y la gestión de otras variables implicadas en su preservación y desarrollo.

La relación específica entre la baja masa muscular y la disfunción sexual en Ecuador no se encuentra respaldada

por datos epidemiológicos y estudios concluyentes que aborden específicamente tal relación en la población del país. Es cierto que la baja masa muscular, en relación con la condición de sarcopenia u otros trastornos de salud, podría afectar la función sexual. Sin embargo, la mayoría de los datos epidemiológicos que respaldan esta afirmación no han incluido población ecuatoriana.

### **Relación entre la baja masa muscular y enfermedades cardiovasculares**

La relación entre la baja masa muscular y las enfermedades cardiovasculares radica en una serie de procesos bioquímicos interconectados. En primer lugar, el papel principal lo juega la masa muscular en el metabolismo energético del cuerpo. La contracción muscular requiere un aumento en el suministro de oxígeno y nutrientes, lo que, a su vez, estimula la circulación (Hall et al., 2011; Kim et al., 2015; Wei et al., 2023). Por lo tanto, es seguro decir que la masa muscular incrementa la demanda metabólica y, por lo tanto, al aumento del flujo sanguíneo. Por el contrario, una disminución en la masa muscular conduce a una disminución en la demanda metabólica y, por consiguiente, a una disminución en el flujo sanguíneo.

Además, la baja masa muscular está asociada con una disminución en la sensibilidad a la insulina y una mayor resistencia a la glucosa, lo que puede desencadenar trastornos metabólicos como la diabetes tipo 2 y la dislipidemia, factores de riesgo bien conocidos para enfermedades cardiovasculares (Wei et al., 2023).

Desde el punto de vista bioquímico, la disminución de la masa muscular también puede traducirse en una caída en la secreción de moléculas bioactivas producidas por el músculo activo, conocidas como miocinas. Al ser secretadas por el músculo mientras se contrae, estas sustancias ejercen efectos beneficiosos en la función del corazón y los vasos sanguíneos. Por ejemplo, la IL-6 es

una citocina con propiedades antiinflamatorias. También puede contribuir a la regulación de la función endotelial, lo cual es fundamental para la salud del sistema circulatorio (Distefano & Goodpaster, 2018; Nascimento et al., 2019; y Berezin et al., 2021).

De igual manera, la secreción de factores de crecimiento como es el caso del factor de crecimiento similar a la insulina, desde el tejido muscular puede poseer efecto de protección sobre el sistema cardiovascular. En esencia, la baja masa muscular puede alterar los mecanismos fisiológicos y bioquímicos que contribuyen a la salud cardiovascular, lo que destaca la importancia de mantener una adecuada masa muscular como parte de una estrategia de prevención de enfermedades cardiovasculares (Distefano & Goodpaster, 2018).

### ***Hipertensión arterial***

La relación fisiopatológica entre la baja masa muscular y la hipertensión arterial está basada en múltiples mecanismos que actúan de forma sinérgica. Primero, la disminución de la masa muscular resulta en una baja capacidad de captar glucosa por parte del músculo. A su vez, este fenómeno se puede asociar con un aumento en la glucosa circulante. Este desequilibrio metabólico a largo plazo puede causar respuestas fisiológicas perjudiciales al aumentar la presión arterial. Además, la masa muscular es la principal productora de compuestos bioactivos, como algunas citoquinas y péptidos que tienen un efecto significativo sobre el tono vascular y, por lo tanto, sobre la regulación de la presión arterial. Basándose en la evidencia obtenida, se puede sostener la hipótesis de que la baja masa muscular puede considerarse un factor de riesgo significativo para el desarrollo o la progresión de la hipertensión arterial (Distefano & Goodpaster, 2018).

Es importante conocer que las citoquinas y los péptidos secretados por la masa muscular, desempeñan un papel clave en las interacciones fisiológicas a las que se ha hecho

referencia anteriormente, en especial en lo concerniente a la presión arterial (PA). Se sabe que estos compuestos bioactivos, que incluyen, pero no se limitan a la miocina IL-6 y el BNP, juegan un papel multifacético en la comunicación entre el músculo y otros órganos, considerando entre otros al corazón y a los vasos sanguíneos. En lo que respecta a la PA, la liberación aumentada de IL-6 proveniente de la masa muscular puede influir en la función endotelial y en la regulación de la PA. La IL-6 tiene efectos proinflamatorios y antiinflamatorios; sin embargo, su elevación puede conducir a disfunción endotelial lo cual contribuiría a la vasoconstricción y aumento de la resistencia vascular periférica, y, por último, aumento de la PA (Trejos-Montoya, 2022).

Además, los péptidos natriuréticos, como el BNP, también desempeñan un papel relevante en la regulación de la presión arterial. La liberación de BNP por la masa muscular en respuesta a una amplia variedad de estímulos modula una serie de funciones tales como el equilibrio de líquidos y sodio con un efecto consiguiente en la presión arterial. El BNP en sí mismo es un vasodilatador muy potente: afecta directamente disminuyendo la RVP y estimula la natriuresis renal, lo que disminuye la precarga del corazón. Por lo tanto, la salida de BNP fuera de la masa muscular y un efecto en la hemodinámica tiene sentido en la modulación de la presión arterial (Baratta et al., 2021).

### ***Insuficiencia cardíaca***

La relación entre la baja masa muscular y la insuficiencia cardíaca es un tema de interés en el campo de la medicina, puesto que la masa muscular es un factor limitante para la función cardiovascular ideal. La disminución en la masa muscular como en el caso de la sarcopenia, ha demostrado estar relacionada con un incremento en el riesgo de desarrollar insuficiencia cardíaca. La masa muscular es vital para la capacidad funcional del corazón, puesto que concede un buen aporte sanguíneo y un soporte a la fuerza de bombeo del corazón, entre otras funciones.

Conviene señalar que a medida que disminuye en modo significativo la masa muscular, el corazón sufre sobrecarga para compensar la disminución del soporte muscular, y a la larga, desencadenar o empeorar la insuficiencia cardíaca (Li et al., 2023).

Los estudios epidemiológicos señalan la relación estadísticamente significativa entre la baja masa muscular y la insuficiencia cardíaca. Un estudio realizado en China (Li et al., 2023) a gran escala identificó que las personas con bajos niveles de masa muscular, tenían un riesgo 40% más alto de padecer insuficiencia cardíaca que las personas con valores de masa muscular normal. Los resultados obtenidos en el citado estudio no solo demuestran la asociación entre ambas patologías, sino que establece a la pérdida de masa muscular como un factor predictor independiente para la aparición y progresión de la insuficiencia cardíaca. La evidencia ilustra el rol significativo que juega la masa muscular en la función cardiovascular y pone a consideración del sistema sanitario la inclusión de su desarrollo en las estrategias de prevención de la insuficiencia cardíaca.

### ***Relación entre la baja masa muscular y un mayor riesgo de lesiones musculoesqueléticas***

En este sentido, la relación entre una baja masa muscular y un riesgo aumentado de lesiones musculoesqueléticas genera una asociación fisiológica relevante. Al faltarle a los músculos la fuerza y la capacidad contráctil necesaria, estos están en predisposición a lesionarse. Ello, puesto que la masa muscular cumple decisivo rol en la estabilización y protección de las articulaciones. Así, en el caso de las extremidades inferiores, la musculatura en torno a la rodilla, y al tobillo corresponden a un sistema amortiguante y de apoyo respectivamente, distribuyendo las fuerzas al caminar o ejercitarse. En presencia de baja masa muscular, esta función de protección disminuye, intensificando la carga y estrés en los nudos de artrosis, y derivando en esguinces,

distensiones musculares y otras lesiones relacionadas con la actividad física (González-Arnáiz et al., 2023).

Por otro lado, la disminución de la masa muscular altera la biomecánica del cuerpo, lo cual repercute en la forma en que se realizan los movimientos diarios o de los gestos deportivos. Los músculos no solo crean fuerza, sino que también generan estabilidad de las estructuras óseas y articulares. Cuando esta estabilidad se ve afectada debido a la disminución de la masa muscular, particularmente donde radica la mayor área como la espalda baja o los hombros se incrementa exponencialmente la posibilidad de lesiones por movimientos incorrectos o sobreesfuerzo. Motivo por el que, por ejemplo, una espalda sin fuerza puede predisponer a la columna vertebral a determinadas lesiones como una hernia discal o un desgarro muscular. Esta relación entre la masa muscular reducida y el incremento de las lesiones musculoesqueléticas subraya la importancia de mantener un nivel óptimo de masa muscular para la prevención de lesiones y la promoción de la salud física (Solano García Bach et al., 2019).

### ***Fractura de cadera***

La relación entre la baja masa muscular y la fractura de cadera es una de asociación directa en el ámbito de la fisiología musculoesquelética, particularmente en la población de adultos mayores. Esto se debe a que los músculos que rodean a la cadera, como la región glútea y los cuádriceps, participan activamente en la estabilidad y equilibrio que se requieren mientras se camina o realizan diversas actividades. Una baja en la masa muscular en estas regiones conducirá a un deterioro en la capacidad de la persona de mantener el equilibrio, lo que propulsa la posibilidad de caídas, que es un factor crucial en fracturas de cadera en adultos mayores. La falta de fuerza en los músculos circundantes a la articulación de la cadera también influirá en la capacidad del individuo de responder en situaciones que implican un cambio rápido en posturas

que aumentan el riesgo de caídas y subsecuentemente fractura de cadera (Pallardo Rodil et al., 2020).

Independientemente de la pérdida de masa muscular que implica el padecimiento de sarcopenia, esta también se asocia con fragilidad ósea, y dentro de estas patologías del sistema musculoesquelético, la más frecuente es la fractura de cadera. La fuerza que ejerce el músculo sobre el hueso le permite regular el metabolismo de estos, más allá de su efecto mecánico. La fuerza ejercida sobre el hueso estimula la actividad de los osteoblastos, además de que el factor de crecimiento similar a la insulina que se produce en el músculo estimula la formación ósea y la diferenciación de los osteoblastos. Otro efecto metabólico que produce el músculo sobre el hueso se relaciona con el incremento en la producción de hormona, como la hormona paratiroidea y la vitamina D, ambas esencial en el metabolismo óseo. De la relación anterior entre la baja masa muscular y la fractura de cadera se deriva la importancia de mantener valores adecuados de masa muscular (Pallardo Rodil et al., 2020).

La fractura de cadera es una de las lesiones más frecuente e incapacitante en personas adultas mayores. A nivel mundial se estima que cada año ocurre aproximadamente 1,6 millones de fracturas de cadera. La citada enfermedad constituye una carga adicional para la atención médica y los sistemas de salud contribuyendo al gasto excesivo de los presupuestos sanitarios. La incidencia de la fractura de cadera a nivel mundial guarda relación con aquellos países que tienen una población más envejecida. En el continente europeo y en América del Norte la tasa de fractura de cadera es significativamente mayor en comparación con otras regiones. En estas regiones entre 300 y 500 de cada 100000 personas mayores de 65 años sufren de la enfermedad. En contraste con los datos anteriores en los continentes africano y asiático, aunque no se cuenta con los valores exactos, se estima que las cifras son considerablemente menores. Con la tendencia al envejecimiento acelerado de la población

de estos continentes se estima que la tendencia a la fractura de cadera sea mayor en los próximos años (Pech-Ciau et al., 2021).

En cuanto al género, la mujer tiene más susceptibilidad a las fracturas de cadera que el hombre. Alrededor del 70-80 % de los casos pertenecen a estas, debido a la pérdida de densidad ósea que se presenta en la menopausia y osteoporosis. Adicionalmente, los estudios proyectan que la incidencia de este evento sigue en aumento, siempre asociada al envejecimiento, por lo que una población más anciana demográficamente refleja un número mayor de fracturas. En Japón, por ejemplo, se proyecta un aumento anual del 3% en el número de fracturas de cadera. Esta epidemiología variada y en constante cambio señala la importancia de implementar estrategias de prevención y manejo eficaces, así como la necesidad de una atención específica según la región geográfica y las características demográficas para abordar este desafío de salud pública (Pallardo Rodil et al., 2020; Pech-Ciau et al., 2021)inform patients and families about the prognosis and allows comparisons between different units. Different models have been developed to stratify mortality risk, but they show heterogeneity in terms of type of population and variables included, monitoring the time and statistical methods used, which makes it difficult to establish comparisons between them. The vast majority of them are awaiting external validation in populations different from those in which they were originally proposed. So far, the Nottingham Hip Fracture Score (NHFS).

En América del Sur, la fractura de cadera ha experimentado un incremento vertiginoso en los últimos años, asociado fundamentalmente, al incremento de la esperanza de vida y al envejecimiento poblacional. La incidencia de la fractura de cadera en esta región se estima de manera variable, diferenciándose de manera cuantitativa, a otras regiones

con distribución demográfica diferente, y con otros factores de riesgo asociados (Pech-Ciau et al., 2021).

Ecuador no cuenta con datos generales en cuanto a la incidencia de fractura de cadera, pero en algunos países, sobre todo en la Argentina y Chile, el número de fractura de caderas se encontraba entre 200 y 300 casos por cada 100,000 mayores de 65 años. Aunque estos datos son una representación estimada, pueden ser subestimados por las diferencias de cómo se recolectan los datos y el acceso a los servicios de salud en diferentes áreas geográficas. También, es importante mencionar la situación de Brasil y Colombia, en la cual hay variaciones de la incidencia y la prevalencia de esas fracturas en las cuales los factores socioeconómicos, el estilo de vida y el acceso a los servicios de especialistas de salud influyen enormemente. A pesar de estas diferencias, se considera a la fractura de la cadera como un desafío significativo a la salud pública en América del Sur, por lo tanto, es necesario crear estrategias de abordaje adaptadas a las necesidades y las características propias de cada país en la región (Pech-Ciau et al., 2021).

### ***Relación entre la masa muscular y enfermedades degenerativas del sistema nervioso***

La relación intrínseca entre la masa muscular y las enfermedades degenerativas del sistema nervioso es un campo de estudio profundo e interminablemente desafiante, pero con una importancia clínica significativa. En primer lugar, la masa muscular, que se utiliza para la movilidad y el soporte estructural del organismo, es esencial para la salud neuronal y la función nerviosa. El músculo, además de ser un sistema de soporte para el cuerpo, también es esencial para la regulación metabólica y la producción de múltiples factores neurotróficos que mantienen y respaldan la función neuronal. Esta estrecha relación bioquímica entre el tejido muscular y el sistema nervioso central se ha convertido

en un área de investigación decisiva para comprender las enfermedades neurodegenerativas, como el mal de Parkinson, la enfermedad de Huntington y la esclerosis lateral amiotrófica (ELA) (Tabla 1.1) (Alarcón-Aguilar et al., 2019).

**Tabla 1.1. Características de las tres principales enfermedades neurodegenerativas.**

Característica	Alzheimer	Parkinson	Huntington
Origen	Hereditaria y medioambiental	Hereditaria y medioambiental	Hereditaria
Manifestaciones de la enfermedad	Pérdida de la memoria, el aprendizaje, la consciencia y el lenguaje	Alteraciones motoras como la bradicinesia y temblor en reposo y rigidez	Disfunción motora, movimientos involuntarios, distonía, deterioro cognitivo, deterioro intelectual y trastornos emocionales
Regiones afectadas del cerebro	Hipocampo	Degeneración de las neuronas dopaminérgicas en la sustancia nigra	El caudado y el putamen del cuerpo estriado, la corteza cerebral, el hipocampo, el hipotálamo y el subtálamo
Marcadores	Formación de ovillos neurofibrilares y agregados de fibras del péptido amiloide -b	Presencia de inclusiones intracitoplásmicas (cuerpos de Lewy)	Presencia de huntingtina mutada (mHtt)
		Formación de placas beta amiloides y ovillos neurofibrilares	

Alteraciones fisiológicas	Disfunción mitocondrial	Disfunción mitocondrial	Disfunción mitocondrial
	Estrés oxidante	Estrés oxidante	Estrés oxidante
	Apoptosis	Apoptosis	Apoptosis
	Transmisión sináptica	Autofagia vía lisosoma	
Dinámica mitocondrial	Fisión mitocondrial	Fisión mitocondrial	Fisión mitocondrial
	Drp1	Drp1	Drp1
	Fusión mitocondrial	Fusión mitocondrial	Fis1
	Mfn2	Mfn1 y Mfn2	Fusión mitocondrial
	Opa1	Opa1	Opa1
			Mfn1 y Mfn2
Tom40			
Biogénesis mitocondrial	PGC -1 $\alpha$	PGC -1 $\alpha$	PGC -1 $\alpha$
			TFAM
Mitofagia	Por acumulación intracelular de Tau	En general, y con mutaciones en PINK1 y Parkina en EP hereditaria	Por falta de interacción de Htt con p62 para reconocer proteínas que serán ubiquitinadas

Fuente: Alarcón-Aguilar et al. (2019).

Drp1. Proteína 1 relacionada con la dinamina; Fis1. Proteína de fisión 1; Mfn1 y Mfn2. Mitofusinas; Opa1. Proteína relacionada con la atrofia óptica 1; Tom40. Translocase del Complejo de la Membrana Externa de la Mitocondria; PGC -1 $\alpha$ . coactivador del receptor activado por el proliferador de peroxisoma 1  $\alpha$ ; TFAM. factor de transcripción de la mitocondria; Tau. proteína estructural clave en el sistema nervioso central; PINK1. PTEN- quinasa inducida 1.

Al mismo tiempo, la pérdida de tejido muscular ya sea debido al envejecimiento natural o debido a enfermedades específicas, puede tener efectos adversos profundos en la salud del sistema nervioso. La pérdida de tejido muscular también implica cambios metabólicos que pueden ejercer efectos adversos sobre la función neuronal, la plasticidad sináptica, entre otros procesos. Por lo tanto, en la atrofia muscular espinal, donde la degeneración de las motoneuronas provoca atrofia muscular masiva, está claro el papel de la disminución de la masa muscular en el desarrollo más rápido y grave de la enfermedad. Es prudente recordar que la interacción entre la masa muscular y el sistema nervioso es bidireccional. Es decir, las enfermedades neurodegenerativas pueden causar atrofia muscular, mientras que la disminución de la masa muscular puede exacerbar el curso y la gravedad de estas afecciones, creando un ciclo dañino para la salud integral de un individuo (Alarcón-Aguilar et al., 2019).

Las investigaciones que incluyen la compleja relación que se establece entre la masa muscular y las enfermedades neurodegenerativa, son vitales para el abordaje de estrategias terapéuticas que permitan su tratamiento. La identificación de los mecanismos moleculares y las vías de señalización que relaciona estos dos sistemas, pudiera ser la clave para la adopción de terapias para el Parkinson, ELA y otras afecciones neurodegenerativa. La mayoría de las investigaciones actuales se han centrado en el desarrollo de la masa muscular y en la modulación de factores neurotrófico individuales, con la intención de minimizar el daño en los enfermos. La tendencia de la evidencia científica actual vislumbra un escenario prometedor para el tratamiento de las enfermedades neurodegenerativa, mediante la integración de varias estrategias terapéuticas y no terapéutica de manera integradora (Alarcón-Aguilar et al., 2019).

## ***Relación entre la baja masa muscular y enfermedad de Parkinson***

Según investigaciones recientes (García Milla et al., 2021; Hart et al., 2023), se estima que aproximadamente el 60% de los pacientes con enfermedad de Parkinson tiene bajos niveles de masa muscular, lo que empeora la debilidad, la pérdida de funcionalidad y la Independencia de los enfermos. De la afirmación anterior se deriva la importancia que reviste para los pacientes enfermo de Parkinson mantener valores adecuados de masa muscular; con ello no solo minimizarían el daño de la enfermedad, sino que mejoraría su pronóstico. El conocimiento de la relación que existe entre la masa muscular y el Parkinson le permite a los sistemas de salud, establecer estrategias integradoras que mejoren la Independencia y la calidad de vida de los pacientes enfermos con la mencionada enfermedad.

A nivel mundial, las estadísticas ponen de manifiesto que la asociación de escasa masa muscular y enfermedad de Parkinson afecta a una proporción significativa de la población que la padece. Las investigaciones han llevado a la comprobación de que en Europa, la escasa masa muscular afecta entre el 50% y el 70% de los pacientes con Parkinson (López et al., 2021; Rodríguez-Martín & Pérez-López, 2024). Por su parte en Norteamérica, los números son similares, con prevalencia entre el 40 y 60% (Hart et al., 2023). En Asia se observa una tendencia similar en cuanto a la relación del Parkinson y la baja masa muscular. La estadística a nivel mundial refleja que constituye un serio problema de salud la disminución de la masa muscular, misma que empeora el pronóstico de las enfermedades neurodegenerativa, por lo que resalta la necesidad de promover y desarrollar estrategia para la prevención de su deterioro (Do Nascimento et al., 2022).

## ***Relación entre la masa muscular y la fibrosis***

La relación entre la masa muscular y la fibrosis constituye un área de estudio crucial en la medicina, debido a la naturaleza bidireccional de estos dos procesos. La masa muscular es crítica para el movimiento y para las funciones metabólicas, misma que es directamente proporcional al proceso de regulación de la fibrosis. El propio tejido muscular de pacientes saludables desencadena respuestas anti-fibrogénicas ante las lesiones, bloqueando la regeneración del tejido conectivo de manera excesiva.

En segundo lugar, la propia fibrosis es una acumulación anormal de tejido cicatricial y, por lo tanto, inhibirá directamente la función anormal de los músculos. La fibrosis muscular directa limitará físicamente la capacidad de un músculo para contraerse y relajarse. Este hecho es especialmente aplicable a las condiciones patológicas como la fibrosis muscular progresiva, que a menudo pueden interferir directamente con la capacidad contráctil adecuada del músculo y, por lo tanto, hacer que el músculo sea incapaz de ejercer fuerza adecuadamente (Henderson et al., 2020).

Además, los mecanismos subyacentes que conectan la masa muscular y la fibrosis aún se investigan ampliamente en la fisiología actual. Se ha demostrado que ciertos mediadores moleculares, incluidos factores de crecimiento y citoquinas, juegan un papel central tanto en la integridad muscular como en la regulación de la respuesta fibrogénica. Normalmente, estas señales microscópicas actúan en respuesta al estrés o lesión muscular e incluyen procesos para reparar el daño. Sin embargo, si está desregulado, la fibrosis genera un desgaste excesivo del tejido conectivo. Además, la presencia de células inflamatorias que infiltran el tejido muscular puede desencadenar respuestas fibrogénicas. Esto se refiere a un desbalance entre la

síntesis y degradación de proteínas que está asociado con la fibrosis. (Henderson et al., 2020).

### ***Relación entre la masa muscular y las úlceras pépticas***

La relación entre la masa muscular y las úlceras pépticas puede ser descrita como indirecto pero relevante desde un punto de vista fisiológico. En primer lugar, la masa muscular a pesar de no estar directamente involucrada en la formación de úlceras pépticas está implicada en la protección y el soporte al sistema gastrointestinal. Los músculos abdominales, el diafragma y los músculos de la pared abdominal, entre otros, mantienen la integridad y la presión correcta en la cavidad abdominal que a su vez asegura que la función gástrica sea apropiada para evitar la regurgitación de los contenidos estomacales hacia el esófago que produce el reflujo ácido, aumentando así la probabilidad de formación de estas lesiones (Choi et al., 2020a).

La debilidad muscular en la región abdominal puede influir indirectamente en el desarrollo de úlceras pépticas. La disminución de la fuerza de los músculos del abdomen puede llevar a una alteración en la función de contención y soporte, lo que podría incrementar el riesgo de reflujo desde el estómago hacia el esófago, incrementando la probabilidad de irritación e inflamación de la mucosa gástrica. Otros factores de riesgo para el padecimiento de úlceras péptica, tales como el estrés, alimentación inadecuada, y presencia de *Helicobacter pylori*, parecen empeorarse en persona con debilidad muscular a nivel abdominal (Choi et al., 2020b).

La comprensión de cómo la masa muscular, particularmente en la región abdominal, puede influir indirectamente en la formación o exacerbación de las úlceras pépticas es un aspecto relevante. Aunque las úlceras pépticas están mayoritariamente relacionadas con la producción de

ácido y la presencia de *Helicobacter pylori bacterium* en el estómago, la salud y la fuerza muscular pueden contribuir a prevenir y abordar la actividad gastrointestinal. No obstante, se necesitan más investigaciones para comprender mejor la relación entre la masa muscular y la predisposición a las úlceras pépticas y para confirmar el impacto de la debilidad muscular en la patogénesis de la condición gastrointestinal (Choi et al., 2020ab).

### **Relación entre la masa muscular y las enfermedades renales**

La relación entre la masa muscular y las enfermedades renales centraliza un entramado de influencias multifacéticas que influyen sobre la función renal y la homeostasis muscular. En primer lugar, la masa muscular es crítica para la regulación del metabolismo de proteínas y la desincorporación de residuos nitrogenados, siendo el riñón el principal órgano de eliminación de productos finales de desgaste nitrogenado. Una disminución significativa de la masa muscular generaría una disminución en la producción de metabolitos nitrogenados, lo cual disminuiría la carga renal para facilitar el transporte y la excreción. Asimismo, la actividad y la masa muscular son críticas para la regulación de la presión sanguínea y la función cardiovascular, aspecto esencial para la función renal (Henrique Farias et al., 2019).

Por otra parte, Henrique Farias et al. (2019), plantean que las enfermedades renales también pueden influir en la masa muscular de múltiples maneras. La insuficiencia renal crónica, por ejemplo, puede resultar en deterioro de la síntesis de proteínas musculares y el aumento de la degradación de la masa muscular, lo que es conocido como caquexia renal. Por lo tanto, el proceso que incluye una alteración en el metabolismo proteico y la pérdida de masa muscular pueden ser combinados con inflamación crónica, disminución de la ingesta de nutrientes, acumulación de

toxinas urémicas, lo que finalmente tienen un impacto significativo en la salud y funcionalidad muscular.

En consonancia con los planteamientos anteriores es importante que a partir de la relación estrecha que existe entre las enfermedades renales y la masa muscular, se establezcan estrategia que se enfoquen en pacientes con enfermedades renales y experimenten bajos niveles de masa corporal. El mantenimiento de la masa muscular en valores adecuados, mediante la realización de ejercicio físico de fuerza y una nutrición equilibrada, pudiera ser transcendental para reducir la carga sobre el riñón y mejorar la salud metabólica integralmente. Del mismo modo, para las enfermedades renales, mantener la masa muscular puede ser crucial para oponerse a la caquexia y mejorar la calidad de vida. Sin embargo, todavía es necesario investigar para obtener más detalles sobre los mecanismos fisiológicos implicados (Henrique Farias et al., 2019).

### ***Relación entre la masa muscular y la albúmina sanguínea***

Silva-Fhon et al. (2021), refieren que la relación entre la masa muscular y la albúmina sanguínea es esencial en la fisiología del organismo humano, ya que la albúmina producida principalmente por el hígado es una proteína que juega un papel fundamental en el mantenimiento de la homeostasis del fluido y el transporte de varias moléculas por el torrente sanguíneo. En primer lugar, la masa muscular afecta directamente los niveles de albúmina sanguínea. Se ha encontrado que la pérdida de masa muscular, que es común en la desnutrición y enfermedades crónicas, se correlaciona con niveles más bajos de albúmina sanguínea. Dado que los músculos esqueléticos también proveen una pequeña fracción de albúmina, la reducción en la masa muscular disminuye la producción de la proteína y por ende reduce la circulación de la misma.

En otro sentido, se puede afirmar que esta proteína también puede influir en la salud muscular. El papel más importante de esta es su función en el transporte de nutrientes, hormonas y otros compuestos críticos para las células musculares, a través de la cual se mantiene y repara el músculo. También funciona como un regulador importante del equilibrio osmótico, manteniendo la presión coloidosmótica en el espacio intravascular y permitiendo que el líquido fluya a través de los tejidos, lo cual es esencial para el suministro de nutrientes y oxígeno a los músculos. Por lo tanto, la baja cantidad de albúmina en la sangre impide que se suministren adecuadamente los nutrientes musculares. Es posible que la cantidad insuficiente de la albúmina contribuya significativamente a la pérdida de masa muscular y a una capacidad reducida de la función y recuperación muscular (Silva-Fhon et al., 2021).

Silva-Fhon et al. (2021), consideran que la estrecha relación entre la masa muscular y el nivel sanguíneo de albúmina destaca la necesidad de mantener un equilibrio adecuado de ambos para un metabolismo y función corporal saludable. La optimización de la masa muscular a través de la actividad física y la dieta adecuada puede tener un impacto positivo en la síntesis de albúmina y por lo tanto, los niveles en sangre. De igual forma, el mantenimiento de un nivel apropiado de albúmina en sangre es indispensable para garantizar el suministro de nutrientes esenciales para los músculos, influyendo en la salud y funciones óptimas de estos .

### ***Relación entre la masa muscular y la encefalopatía hepática***

La relación entre la masa muscular y la encefalopatía hepática se manifiesta en una conexión compleja que involucra factores metabólicos y funcionales. En primer lugar, la masa muscular juega un papel crucial en el metabolismo de aminoácidos, especialmente en la eliminación del

amoníaco, un subproducto tóxico del metabolismo proteico, y su conversión en urea en el hígado. Esta afección resulta de una disfunción hepática y se debe a la acumulación de amoníaco en el sistema nervioso central y se asocia con enfermedad cerebral metabólica y funcional, esta enfermedad se manifiesta con una serie de síntomas neurológicos y cognitivos. La pérdida de masa muscular y consiguientemente, la capacidad reducida para eliminar el amoníaco, podría contribuir a la acumulación de dicha sustancia y, por lo tanto, aumentar los síntomas neurológicos de la encefalopatía hepática (De Nobili, 2020).

Por otro lado, la debilidad muscular y la disminución de masa muscular también son síntomas comunes en la encefalopatía hepática. La debilidad y la pérdida de masa muscular pueden explicarse mediante factores multifactoriales, como la desnutrición y la inflamación sistémica y los cambios hormonales y metabólicos característicos de la hepatitis. La disminución de la masa muscular conduce por un lado a la discapacidad de la persona, pero, además, tal afección también puede exacerbar los síntomas y afectar la patogenicidad en la encefalopatía hepática. En su función normal la masa muscular interviene en la homeostasis de los sistemas que se ven comprometidos en la encefalopatía hepática, y eso demuestra su relevancia en este contexto y cómo su reducción también se correlaciona con el curso de la enfermedad. Como tal, la restauración de la salud muscular es tan importante como el tratamiento del hígado en la citada patología (De Nobili, 2020).

### ***Relación entre la masa muscular y la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)***

La vinculación entre la masa muscular y la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica presenta una conexión significativa en la fisiología pulmonar y muscular. La EPOC es una enfermedad respiratoria caracterizada por

una limitación persistente del flujo de aire, generalmente progresiva y asociada a una respuesta inflamatoria anómala de los pulmones y se produce debido a la obstrucción crónica de las vías respiratorias. Esta enfermedad puede cambiar la función y la estructura de los músculos, la masa muscular periférica disminuye, lo que se llama caquexia muscular. Esta disminución de la masa muscular periférica se asocia negativamente con la disminución de la fuerza muscular y la capacidad de ejercicio en pacientes con EPOC, lo que lleva a una menor tolerancia al esfuerzo y a la disminución de la calidad de vida (Henrique Farias et al., 2019).

Por otro parte, la reducción de la masa muscular también puede estar influenciada por factores sistémicos asociados con la EPOC. Los pacientes con esta enfermedad pueden experimentar desequilibrios metabólicos, alteraciones en el metabolismo de las proteínas y cambios en los niveles de hormonas y citoquinas que afectan la síntesis y degradación muscular. Además, la limitación en la actividad física debido a la dificultad respiratoria y la disnea crónica en estos pacientes puede llevar a un círculo vicioso de disminución de la actividad muscular y la consiguiente reducción de la masa muscular.

Esta atrofia y debilidad muscular periférica no solo empeora la discapacidad física en pacientes con EPOC, sino que también contribuye a peores desenlaces clínicos y mortalidad. En conjunto, la interacción inflamatoria entre la EPOC y la masa muscular resalta la importancia de evaluar y abordar la salud muscular en el manejo integral de los pacientes con EPOC, con un enfoque terapéutico que no se limite solo a la mejora de la función pulmonar, sino para preservar y mejorar la masa muscular para así mejorar la calidad de vida y reducir el daño de los pacientes afectados (Henrique Farias et al., 2019).

## **Relación entre la masa muscular y el cáncer**

Hoy en día se conoce que existe relación entre la masa muscular y el cáncer, considerando que las personas con niveles elevados de masa muscular tienen mejor respuesta al tratamiento y un mejor pronóstico de supervivencia en todos los tipos de cáncer. Esto se debe al hecho de que la masa muscular puede ser considerada un reservorio metabólico y un indicador del estado nutricional, lo que, a su vez, influye en la eficacia y tolerabilidad de la terapia oncológica. Además, la masa muscular puede influir en la respuesta inflamatoria y el sistema inmunológico, desempeñando un papel importante en la regulación de la progresión tumoral y la eficacia de la respuesta inmune contra el cáncer (Muñoz-Rodríguez et al., 2021; Nadal Zuferrí & Nadal Zuferrí, 2023).

En cuanto a la masa muscular, el cáncer y sus tratamientos también pueden afectar de diferentes formas. Por lo general la caquexia, un síndrome caracterizado por la pérdida de masa muscular y peso corporal, es común en pacientes con cáncer avanzado. Los procesos tumorales, la producción de mediadores inflamatorios y citoquinas, pueden asociarse con la pérdida de masa muscular, conllevando a una disminución de la calidad de vida y la supervivencia. Además de los efectos catabólicos inducidos por el tumor en sí, otros agentes antitumorales, como la quimioterapia y la radioterapia, a menudo se asocian con diversos grados de efectos secundarios musculares que conducen a la disminución muscular, que empeora la debilidad y la fatiga. La interacción circular entre el cáncer y la masa muscular destaca la necesidad de considerar la salud muscular como un factor crucial e integral del cáncer (Muñoz-Rodríguez et al., 2021; Nadal Zuferrí & Nadal Zuferrí, 2023).

La relación bioquímica entre la masa muscular y el cáncer es un proceso complejo mediado por múltiples factores. La

evidencia científica ha demostrado que la masa muscular es un órgano metabólicamente activo, donde se producen moléculas bioactivas conocidas como miokinas, mismas que desempeñan una función esencial en la comunicación entre los tejidos musculares y otros órganos. Las miokinas intervienen en varios procesos de señalización metabólicos e inflamatorios que marcan la progresión de la enfermedad. La IL-6 y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ), pueden tener efectos proinflamatorios y promover la proliferación celular tumoral, mientras que otras, como la irisina, ha mostrado propiedades antiinflamatorias y antitumorales (Nadal Zuferrí & Nadal Zuferrí, 2023).

Por otro lado, la actividad física y el mantenimiento de una masa muscular adecuada tienen una relación directa con la activación de vías metabólicas; por ejemplo, con AMPK que regula el metabolismo celular, la proliferación y la supervivencia celular. En consecuencia, afecta la progresión del cáncer debido al influjo en el equilibrio energético de las células tumorales. Por lo tanto, su inhibición puede tener implicaciones sobre el crecimiento tumoral. En conjunto, esta interacción bioquímica entre la masa muscular y el cáncer ilustra la importancia de estudiar en profundidad los mecanismos moleculares y metabólicos implicados, ofreciendo perspectivas valiosas para el desarrollo de terapias dirigidas y estrategias preventivas que aprovechen las interacciones bioquímicas entre el músculo y el cáncer (Nadal Zuferrí & Nadal Zuferrí, 2023).

### ***Relación entre la baja masa muscular y el deterioro cognitivo***

La relación entre la baja masa muscular y deterioro cognitivo se ha examinado en estudios epidemiológicos. El siguiente paso decisivo en la planificación de los estudios puede ser proporcionarle una idea de cuan alarmantes son estos datos. Se puede observar que los datos de los estudios obtenidos

de diferentes investigaciones poblacionales en regiones diferentes probaron la existencia de una relación intrínseca entre la disminución de la masa muscular y la aparición del deterioro cognitivo; dos estudios publicados recientemente por Tessier et al. (2022); y Arosio et al. (2023), revelaron que los individuos con baja masa muscular tenían un riesgo 25% mayor de deterioro cognitivo con relación a los que mostraron valores adecuados de masa muscular. Estos hallazgos sugieren una correlación entre la salud muscular y la función cognitiva en la población, respaldando la idea de que el mantenimiento de una buena masa muscular podría ser un factor protector contra el deterioro cognitivo.

Las investigaciones de Tessier et al. (2022); y Arosio et al. (2023), han evidenciado que la disminución de la masa muscular se asocia con una mayor tasa de deterioro cognitivo. Los resultados han sido contundentes al indicar que por cada unidad de disminución de masa muscular existe un 18% más de riesgo de deterioro cognitivo. Estos hallazgos sugieren la necesidad de incluir la salud muscular como un determinante decisivo en las enfermedades cognitivas

La conexión bioquímica entre los bajos niveles de masa muscular y el deterioro cognitivo se ha vuelto cada vez más prominente en la medicina moderna, lo que ha llevado a extensas investigaciones para comprender los mecanismos que unen estos dos fenómenos en principio no relacionados. Se ha propuesto que los factores bioquímicos, incluidas las mioquinas liberadas por el tejido muscular durante la contracción muscular, se consideran claves en este aspecto. Estudios han demostrado que las mioquinas, en particular la irisina y el factor neurotrófico derivado del músculo, tienen efectos protectores y neurogénicos en el cerebro. En este sentido, sugiere un camino metabólico a través del cual la salud muscular afecta la función cerebral: una

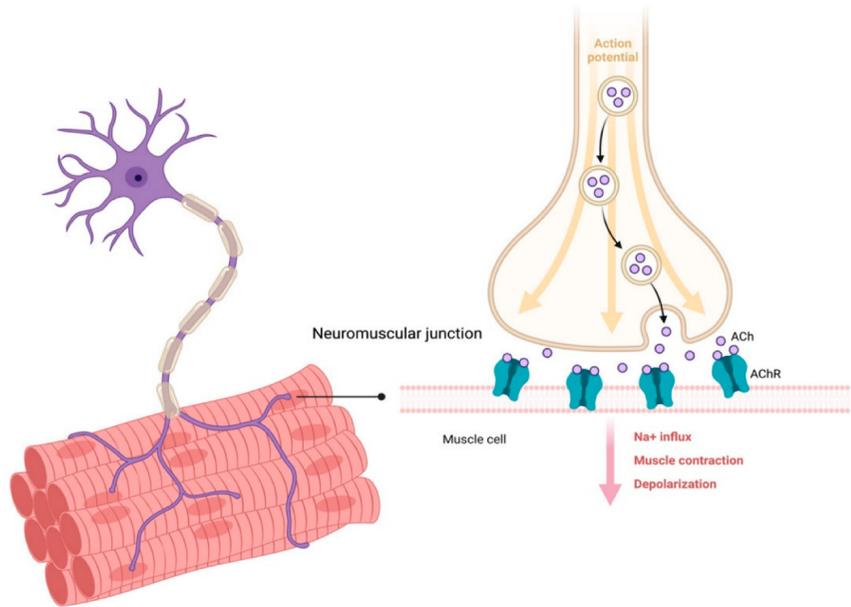


Figura 1.7. Relación neuromuscular.

Fuente: Arosio et al. (2023).

Arosio et al. (2023), independientemente de las investigaciones realizadas sobre los efectos de las mioquinas en el deterioro cognitivo, han estudiado otros procesos bioquímicos que actúan de manera sinérgica. Tal es el caso de la inflamación crónica como mediador entre la masa muscular y la función cerebral, misma que se evidencia en los procesos de pérdida de masa muscular.

Los marcadores inflamatorios comúnmente observados en situaciones de baja masa muscular como la interleucina 6, conlleva a la disfunción cognitiva al afectar la neuroinflamación y la integridad de la barrera hematoencefálica. Estos procesos bioquímicos actuando de manera conjunta expresan la compleja relación entre la masa muscular y el

deterioro cognitivo y marcan la necesidad de investigar otros mecanismos bioquímicos a nivel molecular que permitan comprender de manera integral la citada conexión y abordarla terapéuticamente en función de preservar la masa muscular y la función cerebral.



02

## Tratamientos

para contrarrestar la  
disminución de la masa  
muscular

## 2.1. Tratamiento farmacológico

Actualmente se incursiona en el campo de la farmacología en el desarrollo de investigaciones que permitan avalar el desarrollo de nuevos fármacos para contrarrestar el deterioro de la masa muscular. En este sentido los posibles enfoques terapéuticos se han centrado en poblaciones vulnerables, tales como las personas adultas mayores, en los que se conoce que la probabilidad del deterioro muscular es mucho mayor. La búsqueda terapéutica mayormente explorada se relaciona con los análogos del receptor de hormona de crecimiento, mismos que han demostrado cierta eficacia en la mejora de la masa muscular y fuerza en ciertos casos clínicos, presuntamente porque promueve la síntesis de proteínas y suprime la degradación de proteínas musculares. En general, estos fármacos brindan una perspectiva amplia para mantener o aumentar la masa muscular en diversas poblaciones (Crushirira Reina et al., 2019).

Juntamente con los agonistas del receptor de la hormona del crecimiento, otros medicamentos, incluidos los moduladores selectivos del receptor de andrógenos, han sido investigados y han mostrado beneficios en lo que respecta a la masa muscular, específicamente durante ciertas condiciones que incluyen varios procesos para la pérdida muscular, como la sarcopenia. Es decir, ciertos compuestos deben incrementar la síntesis de proteínas musculares mientras deprimen la degradación, en lo que debiera poder inhibir la pérdida de masa muscular o inducir un aumento de la misma en situaciones determinadas. Sin embargo, es crucial considerar los posibles efectos adversos y la idoneidad de estos tratamientos en cada individuo, además de la necesidad de más investigación para comprender completamente su eficacia y seguridad a largo plazo (Crushirira Reina et al., 2019).

Por otra parte, la Rapamicina es un inmunosupresor que ha sido utilizado durante décadas para la prevención del

rechazo de órganos trasplantados. Pero hace pocos años ha sido descubierta como una droga que también actúa sobre el envejecimiento muscular. Estudios preclínicos han sido realizados para confirmar que la rapamicina puede aumentar la masa muscular en modelos animales. Por ejemplo, el uso de la rapamicina para aumentar la masa muscular estimula la ruta metabólica del mTOR (mammalian target of rapamycin) que regula el crecimiento y la síntesis proteica muscular (Richardson, 2013).

Además, la Rapamicina ha demostrado beneficiar la función mitocondrial de las células musculares, lo que también puede contribuir a la función muscular mejorada y la prevención de la sarcopenia que es la pérdida de masa muscular debido al envejecimiento. No obstante, es crucial recordar que la Rapamicina tiene efectos secundarios potenciales, como la supresión del sistema inmunológico y el aumento del riesgo de infecciones y enfermedades malignas. Además, se necesitan más estudios clínicos para determinar la seguridad y eficacia de la rapamicina en humanos como tratamiento para la pérdida de masa muscular y la sarcopenia (Richardson, 2013).

## **2.2. Tratamiento no farmacológico y otras intervenciones**

Aun cuando la mayoría de las investigaciones apuntan como únicas estrategias eficaces para el mantenimiento y desarrollo de la masa muscular a la realización de ejercicios físicos y un adecuado consumo de proteínas, se vislumbran en la actualidad otras acciones posiblemente interesantes, relacionadas con el tratamiento hormonal y la suplementación con vitamina D. Las evidencias sugieren a la vitamina D como potencial terapéutico debido a sus efectos metabólicos. Se ha identificado que la vitamina D inhibe la diferenciación de 3T3-L1 preadipocitos a adipocitos maduros, por lo que un déficit de dicha vitamina favorece la ganancia de grasa, predisponiendo de esta manera a la obesidad sarcopénica (Carranza-Lira et al., 2021).

La tesis de los efectos de la vitamina D sobre el metabolismo de manera general y sus efectos tanto en la masa muscular como en el porcentaje de grasa, se refuerza en la investigación realizada por Orces (2020) little is known about the effect of weight change on said 25(OH, donde se presenta una relación inversa entre los niveles bajos de vitamina D en sangre y un incremento de la masa grasa, con disminución de la masa muscular. Esta es la primera vez que se demuestra que las concentraciones de 25-OH hidroxivitamina D-25 se incrementan significativamente en personas que lograron más del 5% de pérdida de peso de su peso habitual.

Además de su papel clásico en la homeostasis del calcio y el hueso, la vitamina D también es un regulador de los procesos que afectan directamente la masa muscular. Se encontraron receptores de vitamina D en el músculo esquelético por lo que se debe considerar que este hallazgo sea indicador de su potencial papel directo de esta vitamina en la función muscular. La vitamina D parece influir en la contracción muscular, la fuerza y el rendimiento físico, posiblemente a través de su capacidad para regular la expresión génica relacionada con el crecimiento y la función muscular (Carranza-Lira et al., 2021).

Resulta interesante también los efectos demostrados de los ácidos grasos de la serie omega 3 sobre la masa muscular. En un metaanálisis realizado por Bird et al. (2021), con la finalidad de evaluar los efectos que produce sobre la masa muscular los ácidos grasos poliinsaturados omega 3, se corroboró los efectos positivos tanto del ácido eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), al reducir la inflamación de las fibras musculares, disminuyendo la expresión de citoquinas, quimiocinas y enzimas relacionadas con la inflamación.

Bird et al. (2021), defienden la hipótesis de que los omega-3 también puede ser útil para contrarrestar el deterioro de la masa muscular asociada con el envejecimiento o

condiciones patológicas particulares. El compuesto tiene un efecto antiinflamatorio que probablemente reducirá el daño por estrés oxidativo y la inflamación crónica que, entre otros procesos, además promueven una disminución de la masa muscular en el envejecimiento. La masa y la función muscular es probable que se preserve más conservada y por más tiempo en un ambiente desinflamado, contribuyendo a la prevención o ralentización de la pérdida de masa muscular. Sin embargo, aunque los hallazgos hasta ahora son prometedores, se necesita más investigación para comprender completamente los posibles mecanismos y establecer pautas claras sobre la dosis y la duración de la suplementación con omega-3 para mejorar la masa muscular en diferentes poblaciones (Bird et al., 2021).

Otras vías que se abren como potencial terapéutico para el desarrollo de la masa muscular, están relacionadas con el proceso de mitofagia, la cual consiste en regular el daño mitocondrial en las células musculares. Se ha comprobado que la desregulación de dicho proceso conlleva a la disfunción mitocondrial por acumulación de Ácido Desoxirribonucleico (ADN ) mitocondrial dañado, proceso que se acelera con el paso de los años, llegando a representar un daño de hasta el 30 % en las células musculares en las personas cercanas a los 90 años (Mito et al., 2022).

Se ha identificado que la suplementación con creatina también ha mostrado efectividad en combinación con el ejercicio de resistencia para mejorar los efectos degenerativos a nivel muscular. Un consumo de 5 gramos diarios de Creatina, junto con un entrenamiento de fuerza progresivo mostró mejora en la masa libre de grasa, en la fuerza y el rendimiento. Aun cuando se han realizado otras investigaciones (Acuña-San Martín et al., 2021; García-Arnés & García-Casares, 2022) sino también a la población general (culturistas, clientes de gimnasios y adolescentes entre otros para evaluar el uso de la testosterona como posible farmacoterapia para el desarrollo de la masa

muscular, los resultados hasta la fecha desaconsejan su uso, de manera que toda estrategia en este sentido sigue apuntando hacia el consumo adecuado de proteínas y ejercicio de resistencia.

La medicina natural también se ha usado como estrategia para la prevención del deterioro muscular. Un ensayo clínico aleatorizado llevado a cabo (Tung et al., 2021), con la participación de 52 sujetos en el grupo de intervención y 51 en el grupo de control, se evaluó los efectos que producen ejercicios vitales de acupuntura con sesiones de 40 minutos 3 veces por semana durante 6 meses, evidenció mejora significativa de la condición física funcional en el grupo de intervención, no así la resistencia muscular. Mientras que el grupo de control con actividades de su vida diaria más bien mostró deterioro.

Se aprecia que la mayoría de las investigaciones (Amador-Licona et al., 2018; Quesada & Gómez, 2019) que sugieren el consumo de proteínas para el desarrollo muscular, han sido realizadas con proteínas de origen animal, y en salvadas excepciones han incluido fuentes de proteínas vegetal, que, aunque se sabe que de manera general son menos biodisponibles que las de fuente animal, bien pueden ser una alternativa efectiva.

Como ilustra la literatura científica, las estrategias de intervención para la conservación y desarrollo de la masa muscular están dirigidas al consumo de proteínas y en la realización de ejercicios físicos de fuerza. Las investigaciones sugieren que debe ser este el camino más efectivo hasta el momento. Los intentos realizados con determinadas terapias farmacológicas no han mostrado la efectividad esperada, razón por la que no se recomienda el consumo de fármacos de ninguna naturaleza para estos fines.

### **2.3. Factores asociados con el desarrollo de la masa muscular**

El envejecimiento es uno de los procesos fisiológicos que marca el deterioro de la masa muscular. La cantidad

de fibras musculares disminuyen gradualmente con la edad, alcanzando alrededor de una taza entre el 3 y el 8% por década transcurrida (Sánchez-Castellano et al., 2019). Esta pérdida de masa muscular se asocia con una disminución de la capacidad funcional, debilidad muscular, y riesgo aumentado de discapacidad. Varios mecanismos subyacentes contribuyen a la pérdida de masa muscular relacionada con la edad, incluida la alteración de la síntesis y degradación de proteínas, el cambio en la respuesta hormonal, la falta de actividad física y la sensibilidad incrementada al estrés oxidativo (Alzate Yepes, 2020).

Alzate Yepes (2020), plantea que, en personas mayores de 50 años, existen una serie de cambios bioquímicos en la masa muscular que provocan la pérdida del tejido y la disminución de su función. Uno de los procesos predominantes está relacionado con la homeostasis proteica. En el músculo se observa un descenso de la síntesis de proteínas con la correspondiente disminución de la respuesta anabólica causada por estímulos como el ejercicio y la ingesta proteica. Como resultado, el equilibrio entre la síntesis y la degradación de proteínas se altera, favoreciendo la pérdida neta de masa muscular. Por otro lado, se han identificado cambios en la actividad de vías metabólicas importantes, incluida una disminución en la actividad de la vía mTOR, esencial para la regulación de la síntesis proteica; y un aumento en la actividad de vías de degradación como el sistema ubiquitina-proteosoma y la vía lisosomal-autofagia. Estos cambios, entre otros, contribuyen a la pérdida progresiva de masa muscular del músculo esquelético.

Un factor bioquímico adicional en la masa muscular de los individuos mayores de 50 años es la ocurrencia de un estado inflamatorio crónico de bajo grado. La inflamación sistémica se asocia con un aumento de las citoquinas proinflamatorias como la interleucina 6 y el factor de necrosis tumoral alfa que tiene la capacidad de alterar negativamente la regulación del

metabolismo proteico muscular y promover la degradación del músculo. Por otro lado, esta inflamación crónica también afecta la capacidad regenerativa de las células musculares, la respuesta a los estímulos anabólicos y, en cambio, perpetua el ciclo de pérdida de masa muscular. Estos cambios bioquímicos en la masa muscular en personas mayores de 50 años destacan la importancia de abordar no solo los aspectos estructurales y funcionales, sino también los procesos moleculares y metabólicos involucrados en la sarcopenia y el envejecimiento muscular para desarrollar estrategias terapéuticas efectivas (Alzate Yepes, 2020).

La influencia del sexo en la masa muscular es muy significativa y varía considerablemente entre mujeres y hombres. En general, los hombres poseen una cantidad mayor de músculo en su cuerpo en comparación con las mujeres. Esto se atribuye a una serie de factores biológicos, hormonales y genéticos subyacentes. Por un lado, la hormona testosterona, que se produce en cantidades significativamente mayores en el cuerpo masculino, es responsable del desarrollo de la masa muscular. De hecho, el aumento de esta hormona promueve una mayor síntesis de proteínas y mayores volúmenes y fuerzas musculares. En consecuencia, este proceso hormonal representa el principal facilitador de la diferencia en la masa muscular entre mujeres y hombres independientemente de la nutrición y la actividad física (Geniole et al., 2020).

La testosterona influye significativamente en la masa muscular, lo que la sitúa como una hormona clave en el desarrollo y mantenimiento de esta musculatura esquelética en los seres humanos. En síntesis, la testosterona es una hormona esteroide anabólica, en el sentido de que estimula la síntesis de proteínas musculares actuando como inductor de este proceso. La testosterona se une a receptores específicos en las células de los músculos, esto activa una serie de eventos intracelulares culminando en una mayor síntesis de proteínas musculares que se utilizan para el

crecimiento y la reparación del tejido . Esta es la razón por la que los niveles de testosterona más altos están asociados con mayor músculo en los hombres en comparación con las mujeres (Miller et al., 2023).

Miller et al. (2023), describen el rol de la testosterona no solo en la síntesis de proteína, sino también en la actividad de las células satélites en el proceso de regeneración y reparación muscular. La testosterona estimula la proliferación de las células satélite, lo que se traduce en un aumento de la capacidad del músculo para regenerarse posterior al daño producido por el ejercicio o el daño provocado por las lesiones. Este efecto estimulador de la testosterona sobre las células satélite tiene el potencial de mejorar la capacidad del músculo ,además de estimular el crecimiento de la masa muscular. No obstante, el papel de la testosterona sobre la masa muscular tiene influencia de otros factores, tales como; la genética, la actividad física, la nutrición y la edad. La explicación anterior muestra la complejidad de la interacción de la testosterona con el tejido muscular, por lo que será necesario investigaciones más exhaustivas para dilucidar los mecanismos exactos de interconexión.

Independientemente de que las mujeres suelen tener una menor masa muscular en comparación con los hombres, su respuesta a la actividad física y el entrenamiento de resistencia puede ser igual de favorable en términos de ganancia de masa muscular. Estudios (Davis et al., 2019; Ibarra, 2020; Huang et al., 2022) han demostrado que, aunque las mujeres puedan tener inicialmente menos masa muscular, tienen una capacidad similar a los hombres para adaptarse y desarrollar músculo en respuesta al entrenamiento de fuerza. Además, las mujeres muestran una tendencia a experimentar mayor resistencia a la fatiga muscular, debido a que tienen una mayor cantidad de fibras musculares de contracción lenta, lo que puede determinar su capacidad para mantener la fuerza muscular durante periodos más largo de entrenamiento. Estas diferencias entre la masa

muscular de las mujeres, con respecto al sexo masculino marca la diferencia en cuanto al diseño de programas de ejercicios físicos, y marca el camino para la elaboración de estrategias de entrenamiento personalizadas para mejorar la salud y el rendimiento físico de ambos sexos.

Los factores genéticos desempeñan un rol decisivo en el desarrollo de la masa muscular, influyendo sobre múltiples variables como la fuerza, el tamaño y la recuperación muscular. La variabilidad genética es otro factor decisivo en la síntesis de proteínas musculares. Las modificaciones en los genes que codifican las proteínas tienen un rol significativo en la formación y mantenimiento de la masa muscular, tales como la actina y miocina que pueden afectar la capacidad individual de aumentar la fuerza y la masa muscular en respuesta al ejercicio y la nutrición (Howe et al., 2018).

Además de lo anterior, algunos polimorfismos genéticos pueden comprometer la respuesta al entrenamiento físico. Existen variaciones en las secuencias de los genes relacionados con la regulación del metabolismo, la formación de tejido conectivo y la respuesta inflamatoria que influyen en la capacidad de adaptación muscular al ejercicio. Por ejemplo, algunas personas pueden experimentar un aumento más profundo en la masa muscular y la fuerza como resultado de un programa de entrenamiento en particular debido a su predisposición genética a una mayor recuperación o adaptación a la tensión del ejercicio.

Por último, los factores genéticos pueden modular la propensión a las lesiones musculares. Las variaciones genéticas en genes asociados con la estructura y función del tejido conectivo, así como en genes relacionados con la respuesta inflamatoria, podrían influir en la susceptibilidad a las lesiones musculares y en la habilidad de recuperación. Por lo tanto, es esencial comprender los factores genéticos que influyen en las características clínicas y fisiológicas, ya que esto no solo puede personalizar los programas de

entrenamiento y de nutrición, sino dirigirse también hacia estrategias terapéuticas que pueden mejorar la condición muscular y prevenir lesiones (Solano & Carazo, 2019) as well as identify the variables that can moderate the effect of the treatment. Regarding the method used, the EBSCOhost, Ovid, ProQuest, PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, and Embase databases were consulted. Out of the 4770 studies recovered, 14 met the following criteria: analysis of muscle mass; use of experimental designs; use of descriptive statistics; administration of a program based on exercise, supplementation, or both; and subjects being over 60 diagnosed with sarcopenia. The studies were also required to be published completely in English or Spanish. The size of the global effect was calculated following the random effects model. A total of 818 and 284 subjects were analyzed in the experimental group and in the control group, respectively. An overall effect size of 0.16 ( $p = 0.005$ ).

En general, los Polimorfismo de un Solo Nucleótido (SNP) también son otra variación genética común que implica la sustitución de un solo nucleótido en la secuencia de ADN. Además, varios SNP pueden tener un efecto significativo en la respuesta individual al ejercicio, ya que contribuyen al desarrollo de tejidos y músculos. Un ejemplo de SNP se sabe que ocurre en genes clave que están involucrados en la regulación del metabolismo del músculo relacionados con el metabolismo de los aminoácidos y la síntesis muscular. Por lo tanto, las variaciones en estos genes alteran la capacidad de una persona para adaptarse al entrenamiento y desarrollar tejidos que forman la masa muscular (De Luis Román & Primo, 2017).

Además, los SNPs también pueden influir en la masa muscular mediante su efecto en la regulación de la inflamación y el estrés oxidativo. Es probable que los SNPs en genes responsables de la respuesta inflamatoria o la acumulación de radicales libres dificulten que el cuerpo se recupere después del ejercicio, por lo tanto, esto influye en

la construcción y reparación del músculo. Por lo tanto, es esencial entender la forma en que estos pequeños cambios genéticos contribuyen con los procesos metabólicos y fisiológicos conectados con el desarrollo muscular. Esta información es imperativa para el diseño personalizado de programas de entrenamiento y alimentación, así como la selección estrategias terapéuticas específicas orientada a maximizar el rendimiento muscular (De Luis Román & Primo, 2017; Pino Astorga et al., 2020).

Los genes asociados a la actividad muscular incluyen una gran variedad de funciones y vías metabólicas, lo que favorece la formación, mantenimiento y desarrollo de la masa muscular. Entre los genes que codifican para la síntesis de proteínas a nivel muscular destaca el gen MYOD1, mismo que desempeña un rol decisivo en la regulación y diferenciación celular y la formación de nuevas fibras musculares. El gen MSTN, codifica la síntesis de proteína miostatina, que regula negativamente el desarrollo muscular y las variaciones asociadas a él, influyen en la capacidad de las personas para la ganancia de musculo (Almeida Nogueira et al., 2021).

Igualmente, los genes relacionados con la regulación del metabolismo de los aminoácidos, como el gen mTOR, son esenciales en los procesos de la síntesis de proteínas y mecanismos de señalización celular involucrados en el crecimiento muscular. También existen aquellos genes asociados a proteínas como el gen ACTN3 que está relacionado con la producción de la proteína alfa-actinina-3 en las fibras musculares y se ha reportado como inductor de variabilidad en la fuerza y potencia muscular en los individuos. Por lo tanto, así como la comprensión de las variaciones en los genes antes mencionados, la elucidación de las diferencias genéticas en estos y otros genes son esenciales para entender la diversidad en las respuestas al ejercicio y desarrollar estrategias individualizadas de entrenamiento y nutrición que fomenten el aumento del

músculo tanto en los ámbitos clínico como competitivo (Distefano & Goodpaster, 2018; Chen et al., 2020).

Las hormonas desempeñan un papel fundamental en el desarrollo y mantenimiento de la masa muscular. La hormona del crecimiento (GH) es una de las más relevantes, ya que promueve la síntesis proteica y la hipertrofia muscular, además de regular el metabolismo de los lípidos y los carbohidratos. También, la insulina es decisiva, ya que tiene efectos anabólicos y favorece la captación de glucosa y aminoácidos por las células musculares, estimulando así la síntesis proteica (Howe et al., 2018).

Luego de unirse a sus receptores en las células musculares, la insulina inicia la vía PI3K – Akt, Protein Kinase B, que es clave en la regulación del crecimiento y la síntesis proteica. La acción de Akt activa la translocación de transportadores de glucosa GLUT4 a la membrana celular, lo que permite un aumento de la entrada de glucosa a las células musculares. La disponibilidad extra de este sustrato luego permitirá la síntesis de glucógeno, principal elemento de reserva de energía del músculo. Por otro lado, Akt activado permitirá también la síntesis de proteínas musculares activando la actividad de mTORC1, una serina-treonina quinasa que actúa como reguladora maestra de crecimiento celular y síntesis proteica. Sinérgicamente, estos eventos bioquímicos permiten y juegan un rol fundamental en desarrollo de la masa del músculo (Howe et al., 2018).

De igual manera la hormona sexual masculina testosterona, también tiene un rol crucial en el desarrollo muscular a través del aumento en la síntesis de proteínas y en la masa muscular magra, lo que afecta, a su vez, la fuerza y la potencia muscular. En células eucariotas, en el núcleo celular, la testosterona regula la transcripción de genes, en particular genes que codifican componentes de las proteínas musculares, incluyendo genes de las miofibrillas y proteínas estructurales. La testosterona incrementa la actividad de la ARN polimerasa I ribosomal, que incrementa

la síntesis de ARN ribosomal y a su vez, contribuye a la formación de ribosomas.

No obstante, la testosterona también actúa sobre las células satélite. Las células satélites son células precursoras musculares. Esta hormona induce la activación de las células satélite y su diferenciación en mioblastos, que contribuyen al crecimiento y a la reparación muscular. En conjunto, estos eventos bioquímicos orquestados por la testosterona juegan un papel fundamental en la regulación positiva de la síntesis proteica y el desarrollo de la masa muscular, siendo esencial para el mantenimiento de la integridad y la función del sistema musculoesquelético (Howe et al., 2018).

Una vez secretada, la testosterona circula por el torrente sanguíneo y se une a receptores androgénicos presentes en las células musculares. Esta unión activa los receptores de andrógenos, que cuando se asocian, se transportan al núcleo celular. Una vez que ingresan al núcleo, el complejo receptor-andrógeno se une a secuencias específicas del ADN en regiones reguladoras de genes específicos, denominadas elementos de respuesta a andrógenos, AREs que estimula el crecimiento y diferenciación muscular (Rojas Bermúdez et al., 2019).

Es importante destacar que con la activación de estos genes debido a la acción de la testosterona inician una serie de procesos en el interior de las células que promueven el crecimiento muscular. Entre estos procesos se encuentra la estimulación de la síntesis proteica a través de la regulación positiva de la expresión de proteínas estructurales y enzimáticas involucradas en la síntesis de nuevas fibras musculares. Además, la testosterona también aumenta la captación de aminoácidos por parte de las células musculares y reduce la degradación proteica, lo que contribuye aún más al aumento neto de la síntesis proteica muscular. Estos mecanismos bioquímicos son fundamentales para el entendimiento de cómo la testosterona estimula el desarrollo de la masa muscular y su importancia

para el funcionamiento fisiológico del tejido muscular (Rojas Bermúdez et al., 2019; Crushirira Reina et al., 2019).

Por otro lado, se puede mencionar que otra hormona que cobra relevancia en el contexto previamente descrito es el factor de crecimiento similar a la insulina 1 (IGF-1), producido en respuesta a la GH y con un papel clave en la regulación del crecimiento muscular y diferenciación de las células musculares. Asimismo, las hormonas tiroideas T3 (triyodotironina) y T4 (tiroxina) se encuentran involucradas en la regulación del metabolismo energético, con un efecto indirecto sobre la masa muscular al condicionar la tasa metabólica y el gasto energético del individuo. De acuerdo con estos y otros datos, se desprende que las hormonas, en interacción con numerosos factores genéticos y ambientales, aportan sustancialmente al desarrollo y mantenimiento de la masa muscular en múltiples escenarios fisiológicos y patológicos (Howe et al., 2018).

Como se mencionó anteriormente, la GH actúa sobre la célula mediante la activación de sus receptores específicos en la membrana citoplasmática, que inician una serie de reacciones en la célula. Una de las principales vías es la activación del receptor de GH; esto activa la proteína quinasa JAK2, cuya fosforilación se produce activando la GH-Receptor, que conduce a la fosforilación de los grupos de tirosina del receptor y por lo tanto, a la activación de proteínas de señalización tales como la fosfatidilinositol 3-quinasa conduce y la proteína de transcripción STAT5 (Signal Transducer and Activator of Transcription 5).

En otro orden, la ruta de señalización de PI3K es fundamental para la mediación de los efectos anabólicos de la GH en el desarrollo muscular. La activación de PI3K resulta en la activación de su proteína efectora, la quinasa Akt; esta última fosforila diferentes sustratos intracelulares que regulan la síntesis proteica. La activación de Akt permite la síntesis de proteínas musculares a través de la vía mTOR. Esta vía de señalización es crítica para regular la traducción de proteínas

y, por lo tanto, el crecimiento muscular inducido por la GH. Asimismo, la GH activa también la STAT5, desencadenando la transcripción de genes específicos responsables de la proliferación y diferenciación de las células musculares. Esto también promueve el crecimiento muscular. El conocimiento de estos mecanismos bioquímicos son decisivos para entender cómo la hormona de crecimiento influye en el desarrollo y la adaptación muscular (Rojas Bermúdez et al., 2019; Cruz-Jentoft & Sayer, 2019; Chen et al., 2020).

El IGF-1 es una hormona que desempeña un papel vital en la estimulación del desarrollo muscular a través de complejos y detallados mecanismos bioquímicos. El hígado es el principal sitio de producción de IGF-1, donde es secretado en respuesta a la estimulación por la hormona de crecimiento. Una vez que se libera en el torrente sanguíneo, la IGF-1 se mezcla a receptores específicos de membrana en las células musculares. Esto conlleva a iniciación de cascadas de señalización intracelular que actúan a través de la promoción de crecimiento y diferenciación celular. La IGF-1 comienza la vía de señalización PI3K/Akt/mTOR, la cual es crítica para la síntesis proteica y el crecimiento muscular (Rojas Bermúdez et al., 2019).

En este proceso, el IGF-1 eleva la síntesis de proteínas contráctiles y aumenta la captación de aminoácidos en las células musculares, lo que contribuye a un aumento neto en la masa muscular. Otra acción del IGF-1 es suprimir la degradación de proteínas musculares al bloquear la actividad de las enzimas que causan la degradación de proteínas. El IGF-1 también desencadena la proliferación y la diferenciación de las células satélite, cuya función es reparar y ayudar al crecimiento del músculo (Rojas Bermúdez et al., 2019; Roh & Choi, 2020).

Por su parte Caneo et al. (2020), mencionan que las hormonas tiroideas, T3 y T4, tienen una influencia significativa en el metabolismo basal de todo el cuerpo y varios tejidos, en particular, el muscular. Estas hormonas son secretadas

por la glándula tiroides; una de sus principales funciones es controlar la función metabólica del cuerpo. En cuanto al desarrollo muscular, su efecto se lleva a cabo mediante mecanismos bioquímicos propios. En primer lugar, las hormonas T3 y T4 ingresan a las células musculares. Allí, se fijan a los receptores nucleares, lo que activa la transcripción de genes específicos. Así, la síntesis proteica se incrementa, lo que es necesario para el crecimiento muscular y su renovación.

Caneo et al. (2020), consideran que las hormonas tiroideas estimulan la producción de ARNm para la síntesis de proteínas contráctiles y enzimas mitocondriales que incrementan la producción de energía. Lo anterior se traduce en un incremento en la producción de ATP, y finalmente se logra un aumento en la capacidad contráctil y de trabajo muscular. Las hormonas tiroideas al tener funciones reguladoras del metabolismo general, indirectamente inciden en el metabolismo muscular, y con ello estimulan el desarrollo de la masa muscular. Al incrementar la tasa metabólica basal, las hormonas tiroideas contribuyen a un mayor gasto energético total, que a su vez incide en el desarrollo muscular a largo plazo (Caneo et al., 2020).

La dieta es una variable decisiva en la regulación de la masa muscular, debido a que los nutrientes consumidos tienen un impacto significativo sobre la síntesis de proteínas. Una ingesta adecuada de proteínas de alto valor biológico es vital para el suministro adecuado de aminoácidos, que posteriormente serán usados como sustrato en la síntesis de proteínas; proceso trascendental para la construcción y reparación del músculo tras el ejercicio físico. Se debe asegurar una distribución adecuada en el consumo de proteínas durante el día, particularmente después del entrenamiento, con la intención de aprovechar la respuesta anabólica aumentada del músculo, misma que mejoraría su reparación y crecimiento (Chiliquinga, 2024).

Por otra parte Corella et al. (2018), señalan que aparte de las proteínas, existen otros nutrientes que también contribuyen a la salud muscular. Por ejemplo, los carbohidratos son cruciales para proporcionar la energía que se necesita para el ejercicio, lo que conduce, a su vez, al rendimiento y ayuda en la protección de la masa muscular. Al igual que los suplementos de proteínas, los alimentos grasos ricos en Omega 3 se han vinculado a la salud muscular a través de la acción antiinflamatoria y capacidad para la síntesis proteica muscular. Asimismo, los micronutrientes como la vitamina D, el calcio y el magnesio son imprescindibles en el desarrollo muscular adecuado y las contracciones musculares eficaces. En conclusión, una dieta equilibrada, que contenga las proporciones necesarias de proteínas, carbohidratos, grasas saludables y micronutrientes, contribuye a la salud muscular y mantiene su función.

Para mantener y desarrollar la salud muscular, uno de los nutrientes que cobra mayor impacto son las proteínas. Algunas investigaciones (Rubio del Peral & Gracia, 2019) apuntan que pasando los 40 años se debe mantener el consumo de 1 a 1.5 gramos por kilogramos de peso por día (g/kg/día). Mientras que Gonçalves de Souza (2021), define las diferencias del consumo de proteínas en la dieta para la prevención del deterioro de la masa muscular de las personas jóvenes y las adultas mayores. Refiriendo que en los jóvenes se necesitan 0.8 g/kg/día, mientras que en los adultos mayores se necesitarían 1.2 g/kg/día, repartido a razón de 0.4 g/Kg en cada comida, efectuando 3 comidas diarias.

Los aminoácidos ejercen un impacto notable en la vía mTOR (Hernández-Rodríguez & Licea-Puig, 2017; Espinel-Bermúdez et al., 2018; Solano García Bach et al., 2019) una vía de señalización intracelular clave que regula la síntesis de proteínas y el crecimiento celular. Específicamente, los aminoácidos de cadena ramificada los BCAA, que incluyen, leucina, isoleucina y valina, ejercen una influencia directa

sobre la vía mTOR. La leucina es un activador potente de mTOR que desencadena la fosforilación de sus componentes y causa una serie de cambios moleculares responsables de la síntesis de proteínas en el músculo. La señal de leucina mTOR dispara la quinasa mTOR, que a su vez controla la quinasa S6 y el factor de inicio de la traducción 4E-BP1, dos elementos determinantes del control de la síntesis proteica (Amador-Licona et al., 2018).

Además de la leucina, otros aminoácidos esenciales también pueden influir en la vía de señalización mTOR y por ende en la síntesis de proteínas musculares. La presencia adecuada de aminoácidos esenciales dentro del entorno celular es decisiva para una activación óptima de mTOR, y finalmente, el mantenimiento del músculo y el crecimiento. Estos aminoácidos esenciales en concentraciones adecuadas estimulan la actividad de mTORC1, uno de los dos complejos de la proteína mTOR y favorecen la fosforilación de factores reguladores de bifosfato inespecífico que finalmente conducen a una respuesta anabólica que favorece la síntesis de proteína muscular. Esta interacción entre los aminoácidos esenciales y la vía mTOR destaca la importancia crítica de la ingesta de aminoácidos para regular la síntesis proteica muscular y el mantenimiento de la masa muscular en diferentes condiciones fisiológicas (Espinel-Bermúdez et al., 2018; Solano García Bach et al., 2019).

El aminoácido leucina, como se ha explicado desempeña un papel protagónico para el desarrollo muscular, partiendo de que dicho aminoácido solo es metabolizado en el músculo, ya que el hígado no dispone de enzimas responsables para su metabolismo. El consumo de leucina en sinergia con ejercicios físicos favorece la liberación de testosterona y disminución de cortisol, generando un ambiente favorable para la síntesis de proteínas, proceso que parece ser óptimo hasta dos horas después del ejercicio (Crushirira Reina et al., 2019). Se comprobó que 6 gramos de proteínas

donde predominaba la leucina tuvo resultados similares al consumo de 25 gramos de proteínas con composición variada de aminoácidos (Gonçalves de Souza, 2021).

Aparte de la síntesis proteica, los aminoácidos también pueden mostrar efectos sobre la composición corporal a través de la reducción de la grasa corporal. Algunos aminoácidos, incluida la arginina, han demostrado efectos sobre una mejor oxidación de grasas, lo que podría atenuar la acumulación de grasa corporal. Asimismo, otros aminoácidos, incluida la glutamina, han sido identificados como elementos claves en la preservación de la masa magra, especialmente durante la restricción en dietas bajas en calorías y situaciones catabólicas. Como resultado, las actividades musculares de los aminoácidos y los efectos sobre la grasa corporal los convierten en componentes esenciales para el mantenimiento de la masa magra y la reducción de la grasa corporal, respectivamente, lo que lo convierte en el componente principal de la regulación de la composición corporal en general (Rabassa-Blanco et al., 2017).

Rabassa-Blanco et al. (2017), plantean que el déficit de aminoácidos puede influir negativamente en la fatiga periférica y la capacidad de contracción del músculo durante el ejercicio físico. Se ha comprobado que particularmente la falta de aminoácidos de cadena ramificada (leucina, isoleucina y valina) puede afectar la síntesis de proteína y el metabolismo muscular. Los citados aminoácidos por sí solo constituyen sustrato energético durante el ejercicio prolongado, lo que evita el catabolismo de proteínas musculares y disminuye la fatiga periférica, al mantener la integridad estructural de las fibras musculares. Se conoce, además, que los aminoácidos de cadena ramificada intervienen en la regulación de neurotransmisores que afectan la fatiga periférica, y con ello el rendimiento durante el ejercicio.

Durante la actividad física intensa, los músculos pueden utilizar los BCAA como fuente de energía, lo que ayuda a preservar los depósitos de glucógeno y puede retrasar la fatiga muscular. Esto puede ser fundamental para el mantenimiento de la fuerza muscular, ya que un suministro adecuado de los aminoácidos citados puede contribuir a un rendimiento óptimo durante el ejercicio y, por ende, a una mayor capacidad para generar fuerza (Rabassa-Blanco et al., 2017).

En un ensayo clínico aleatorizado realizado en China por Chiang et al. (2021), 12 personas fueron suplementadas con leche de vaca y 11 con leche de soja y ejercicios de fuerza por 30 minutos, 3 veces por semana por un período de 12 semanas (el consumo fue de 100 mL en el desayuno y después de realizar el ejercicio físico) y con una edad promedio de los participantes de  $84,9 \pm 6,1$  años. Se obtuvieron como resultados principales al comparar ambos grupos incremento de la masa muscular y la fuerza, tanto en los que consumieron leche de vaca como leche de soja, sin mostrar diferencias significativas en ambos casos. Lo que sugiere que tanto las proteínas de origen animal, como vegetal, pueden usarse para el desarrollo de la masa muscular.

En una revisión realizada por Rubio del Peral & Gracia (2019), se analizaron varios estudios, incluidos metaanálisis que valoraron el efecto de la suplementación o consumo de proteínas y aminoácidos para el incremento de la masa muscular, se pudo evidenciar la variedad en cuanto a las dosis usadas. Concerniente a las proteínas, los consumos estuvieron pautados entre 20 y 45 gramos al día, incluyendo alimentos de la dieta, así como la suplementación, mientras que los aminoácidos se consumieron en el orden de 9 gramos por día, y en el caso de la leucina entre 4 y 9 gramos. En los diferentes estudios hubo evidencia tanto del incremento de las fibras musculares como de la fuerza, en combinación con ejercicio de resistencia.

En un estudio realizado (Maltais et al., 2016) con la participaron de 1102 personas adultas, se valoraron los efectos que producen los suplementos, los ejercicios físicos y la combinación de ambos en la ganancia de masa muscular, obteniéndose como resultado estadísticamente significativo el incremento de la masa muscular para la combinación de ejercicios de contra resistencia con proteínas. En los grupos de consumos individuales de proteínas y la realización de ejercicios no se obtuvieron resultados significativos. Aunque en los casos en que se consumió solamente aminoácidos esenciales el incremento de la masa muscular fue superior.

Como resultado del estudio anteriormente mencionado (Maltais et al., 2016) donde se evaluaron también otras variables, tales como el momento en el que se consumen los aminoácidos, y la intensidad del ejercicio, se mostraron diferencias significativas en el incremento de la masa muscular de las personas que consumieron las aminoácidos inmediatamente después de terminado el ejercicio. Además de resultar ser mejores ejercicios aquellos realizados en alta intensidad (entrenamiento físico que implica realizar ejercicios a una velocidad y esfuerzo máximo durante un corto período de tiempo).

Los resultados anteriores tal vez se puedan explicar debido a que el ejercicio físico contribuye a la ruptura de las fibras musculares y los aminoácidos intervienen en su reconstrucción, y cuando se consumen al terminar el ejercicio sus efectos son mejores, probablemente porque en ese período de tiempo se encuentren incrementadas las funciones anabólicas del organismo, al incrementarse los niveles de testosterona, hormona de crecimiento, entre otras (Hernández Rodríguez et al., 2019; Hernández et al., 2019).

Una investigación del *Asian Working Group for Sarcopenia* (AWGS), corrobora los resultados en otras regiones del mundo, incluido los del grupo europeo, relacionados con las estrategias para el desarrollo de la masa muscular.

Ambos avalan al ejercicio de fuerza, y a la suplementación con proteínas como eficaces para el desarrollo muscular, a la vez que ratifican la falta de evidencia científica en el uso de fármacos para dichos fines. Así mismo afirman se necesitan más evidencias sobre la modificación del estilo de vida (Chen et al., 2020)Asia included. The Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS).

La dieta por sí sola desempeña una función de vital importancia en el estado muscular, evidenciado en la publicación de Guillamón Escudero et al. (2021), en la que se evaluó la prevalencia de la sarcopenia en 169 mujeres posmenopáusicas con un promedio de edad de 72 años y el consumo de proteínas según lo recomendado por la OMS (0.8-1.0 g/kg/día). Los resultados mostraron que el 73, 8% consumían cantidades superiores a las recomendadas y no tenían sarcopenia, sin embargo, el 25,6 % de las mujeres mostró algún nivel de sarcopenia y el 12,2% obesidad sarcopénica relacionadas con una ingesta inadecuada de proteínas, independientemente de que realizaran alguna actividad física.

Un estudio realizado en China (Huang et al., 2016), con la participación de 327 adultos mayores, también demostró la importancia de mantener una dieta adecuada en proteínas totales y con alta densidad proteica de origen vegetal. En este estudio se valoró el desarrollo de la masa muscular manteniendo una dieta adecuada en proteínas totales y otra en proteínas de origen vegetal, sin la valoración de actividad o ejercicios físicos.

En la investigación anterior (Huang et al., 2016) concluyeron que los participantes con un consumo adecuado de proteínas total tuvieron una capacidad de prevención en cuanto al deterioro muscular de hasta 3 veces, mientras que los evaluados dentro del grupo de consumo de proteína vegetal la capacidad de prevención fue de hasta 2 veces. Los consumos de proteínas en ambos casos que lograron resultados de prevención de sarcopenia estuvieron entre 1

y 1.2 gramos por kilogramos de peso por día, a la vez que los peores resultados se evidenciaron con una ingesta de 0.8 gramos.

Las acciones de prevención que eviten el deterioro de la masa muscular siempre serán la mejor opción, debido a que como ya se ha explicado ampliamente, no existe hoy en día un tratamiento claramente definido que logre mejores resultados una vez que ha sido disminuida. Se debe resaltar que las acciones preventivas cuanto antes se inicien, los resultados será más evidentes sobre todo en las edades comprendidas entre los 30 y 50 años (Cruz-Jentoft, 2017).

Respecto a los patrones de alimentación se ha observado que la dieta mediterránea puede ser considerada como patrón de alimentación saludable para el mantenimiento de la salud muscular, basado en las propiedades que aportan los componentes bioactivos de los alimentos que incluye la acción antioxidante, y los beneficios del consumo de fitoesteroles y fibra que aportan en lo fundamental las frutas, las verduras, el aceite de oliva y las legumbres, como se muestra en la tabla 2.1 (Urquiaga et al., 2017).

Las citadas propiedades han demostrado actuar favorablemente en diferentes procesos fisiológicos del organismo, además de efectos preventivo de algunas enfermedades relacionadas con el metabolismo. Los efectos mejor estudiados hasta el momento han sido el mejoramiento del perfil lipídico, efectos antioxidantes y antiinflamatorios, disminución de la presión arterial y mejoramiento de la coagulación sanguínea. Mecanismos que son traducidos en la prevención de enfermedades crónicas, mejoramiento de la calidad de vida y la longevidad (Urquiaga et al., 2017).

La dieta mediterránea tiene en su composición un grupo de sustancias bioactivas que aportan propiedades antiinflamatorias, dentro de los que destacan los ácidos grasos omega 3 y polifenoles, mismos que interfieren en las vías proinflamatorias como la vía del factor nuclear kappa B (NF- $\kappa$ B). La activación excesiva de NF- $\kappa$ B se asocia con

la expresión de genes inflamatorios y la degradación de proteínas musculares. Como resultado de la inhibición de las vías inflamatorias, se reduce la inflamación crónica de bajo grado, generando un entorno celular favorable para la síntesis de proteínas y crecimiento muscular (Urquiaga et al., 2017).

**Tabla 2.1. Componentes bioactivos aportados por alimentos de la dieta mediterránea.**

Componentes bioactivos de la dieta	Alimentos que los contienen
Antioxidantes	Verduras, frutas, aceite de oliva virgen, frutos secos, legumbres, especias y condimentos, vinos.
Fibra	Verduras, frutas, cereales integrales, legumbres
Fitoesteroles	Cereales, nueces y frutos secos, legumbres y aceites vegetales.
Ácidos grasos monoinsaturados	Aceite de oliva
Ácidos grasos omega 3	Pescados y mariscos y frutos secos
Probióticos	Lácteos fermentados derivados de la leche, como yogurt y quesos, olivas o aceitunas, alcaparras, vinagres y vinos.

Fuente: Urquiaga et al. (2017).

El ejercicio físico ejerce una influencia significativa sobre la masa muscular, desencadenando adaptaciones fisiológicas que promueven su crecimiento y desarrollo. El entrenamiento de fuerza, en particular, estimula la hipertrofia muscular a través de la tensión mecánica generada durante la contracción muscular. Además, este tipo de ejercicio conlleva a microlesiones en las fibras musculares que, a su vez, activa los procesos de reparación y crecimiento. La tensión mecánica causada por el efecto de la fuerza crea señales intracelulares que promueven la síntesis proteica muscular y, por lo tanto, aumentan el tamaño y la fuerza del músculo (Chapela et al., 2021).

Cabe señalar que, aunque en menor medida, el entrenamiento de fuerza y el ejercicio aeróbico también puede contribuir al desarrollo de la masa muscular. Aunque su impacto directo en la hipertrofia muscular es más limitado que el entrenamiento de fuerza, el ejercicio aeróbico puede tener efectos indirectos sobre la masa muscular al mejorar la eficiencia metabólica y la capacidad de utilización de sustratos energéticos por parte de los músculos. Además, el ejercicio aeróbico puede estimular la liberación de factores de crecimiento, como el factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1 que puede promover la síntesis de proteínas musculares y contribuir, en cierta medida, al mantenimiento y desarrollo de la masa muscular. En conjunto, tanto el entrenamiento de fuerza como el ejercicio aeróbico son componentes clave para la promoción y mantenimiento de la masa muscular, cada uno con mecanismos distintos pero complementarios para favorecer el crecimiento y la salud muscular (Chapela & Martinuzzi, 2018; Chapela et al., 2021).

El ejercicio físico constituye una variable de vital importancia para lograr un desarrollo adecuado de la masa muscular, en la mayoría de las investigaciones llevadas a cabo hasta la fecha ha sido valorada sola, o en combinación con otras. Existe el consenso entre los expertos en el área de estudio del deporte y la nutrición, acerca de que es indispensable el consumo adecuado de proteínas y la realización de ejercicios físicos con determinada periodicidad para evitar el deterioro de la masa muscular (Chapela & Martinuzzi, 2018; Rubio del Peral & Gracia, 2019).

El ejercicio de contra resistencia es el que ha mostrado mejores resultados para el desarrollo de la masa muscular. Se han establecidos mecanismos moleculares muy bien definidos que explican tales hallazgos. Uno está basado en la biogénesis mitocondrial (Figura 2.1) que estimula el ejercicio, a través de este mecanismo a nivel celular se estimula la formación de nuevas mitocondrias (se ha identificado un incremento del 40%), las cuales a su vez

incrementan el metabolismo de las células y con ello se favorece la síntesis proteica. Parece ser que dicho hallazgo está asociado a la estimulación de las proteínas p-53 y la proteína PGC 1 alfa (Coactivador 1 del receptor gamma activado por el proliferador de peroxisomas) en las células del músculo esquelético. En la tabla 2.2 se muestran los efectos del ejercicio físico a nivel mitocondrial y en el músculo esquelético (Moré García, 2018; Choi et al., 2020ab).

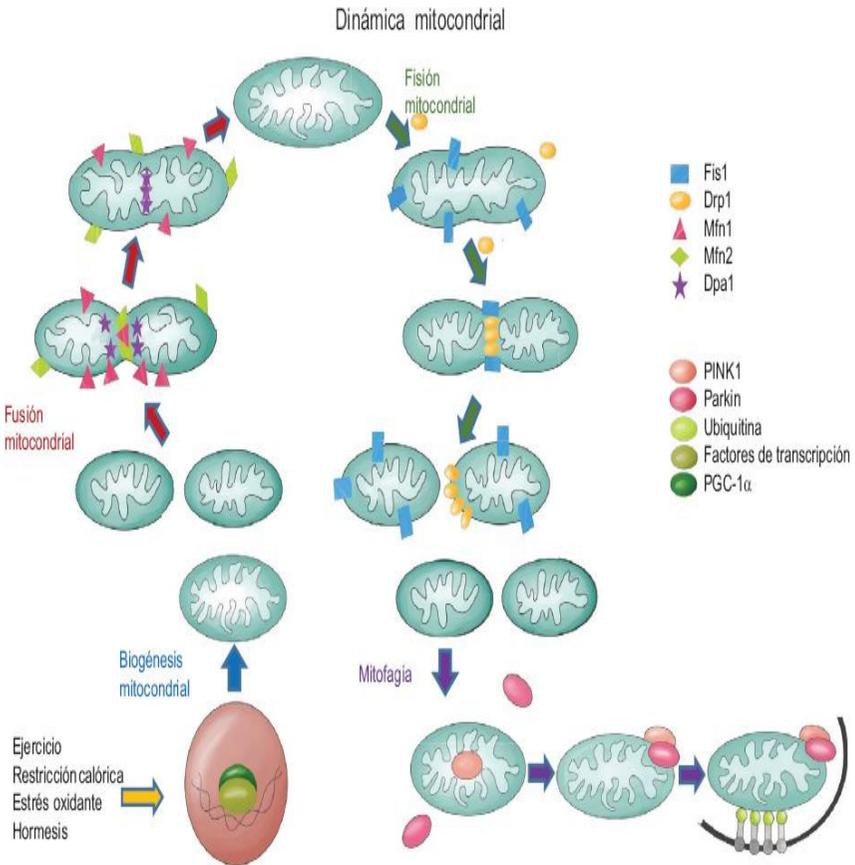


Figura 2.1. Representación de la dinámica mitocondrial que genera la biosíntesis mitocondrial.

Fuente: Alarcón-Aguilar et al. (2019).

**Tabla 2.2. Efectos fisiológicos perjudiciales del comportamiento sedentario y benéficos de la actividad física y del ejercicio.**

Estructura	Comportamiento sedentario	Actividad física/ ejercicio
Mitocondria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mutaciones del ADN mitocondrial</li> <li>- Anormalidades de la cadena de transporte de electrones</li> <li>- Aumento de la fisión de mitocondrias</li> <li>- Reducción del contenido mitocondrial</li> <li>- Disminución de la respiración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la degradación de proteínas dañadas y nueva síntesis de proteínas funcionales</li> <li>- Incremento de la expresión de PGC-1<math>\alpha</math></li> <li>- Aumento del contenido de SIRT3</li> <li>- Incremento del volumen mitocondrial</li> </ul>
Músculo esquelético	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la IL-6 proinflamatoria y la proteína C-reactiva</li> <li>- Activación de los sistemas proteolíticos</li> <li>- Inactivación de la vía PI3K/Akt/mTOR</li> <li>- Disminución de la masa muscular</li> <li>- Aumento de la proporción de fibras híbridas por desregulación en la expresión de isoformas de miosina de cadena pesada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de las enzimas metabólicas: citrato sintetasa, <math>\beta</math>-HAD, glicógeno fosforilasa</li> <li>- Disminución de la expresión catabólica de ARNm (FOXO3a, MuRF-1, atrgina-1, miostatina)</li> <li>- Aumento de la capilaridad por fibra</li> <li>- Incremento de la sensibilidad a la insulina</li> </ul>

Fuente: Mahecha Matsudo (2021) *arterial vessels, myocardium, and mitochondria, increasing the risk of cardiovascular diseases (CVD).*

PGC-1 $\alpha$ : proteína 1 $\alpha$  coactivadora del receptor activado por el proliferador de peroxisomas; SIRT3: Sirtuina 3; FOXO3a: caja de horquilla O3; MuRF-1: proteína del dedo anular del músculo -1; atrgina-1: atrogina 1;  $\beta$ -HAD: Beta-hidroxiácido deshidrogenasa; ADN: Ácido desoxirribonucleico.

En las investigaciones que han evidenciado los resultados positivos del ejercicio en la prevención del deterioro de la masa muscular, las estrategias de intervención a pesar de



tener sus propias particularidades coinciden en que se debe realizar ejercicios de fuerza de 2 a 5 veces por semana, por un período mínimo de 12 semanas, con un tiempo estimado de cada sesión de entre 30 y 60 minutos (Maltais et al., 2016; Chen et al., 2021).

Un metaanálisis realizado por Solano García Bach et al. (2019), apoya la tesis del efecto del ejercicio físico de contra resistencia en el incremento de la masa muscular, la fuerza y la función muscular. Se demostró que las estrategias basadas en esta variable logran un incremento de la masa muscular entre 1.50 a 5.39 %, siempre que se trabaje al menos 12 semanas, con frecuencias de 2 a 3 veces por cada semana, durante 60 minutos cada sesión de trabajo, con una intensidad entre 70 a 85 % de la capacidad máxima en una repetición.

En el metaanálisis de Solano García Bach et al. (2019), se valoraron diferentes abordajes para el desarrollo de la masa muscular, se evidenció que aquellas estrategias que incluían la realización de ejercicios de contra resistencia y suplementación con proteínas eran mucho más efectivas que las que usaron otras herramientas, como fármacos, hormonas, suplementación con vitaminas y proteínas o ejercicios físicos. Aunque algunos estudios concluyeron que la realización de ejercicios de fuerza de manera periódica era suficiente para garantizar una adecuada masa muscular.

Un estudio realizado en Chile por Soto & Vera (2023) the population over 60 years old exceeds 2,800,000 people, equivalent to 16.2% of the country's inhabitants according to the National Institute of Statistics (INE, en el que se evaluó un programa de ejercicios y la influencia de la dieta en el desarrollo de la masa muscular, obtuvo resultados

coincidentes a los descritos por Solano García Bach et al. (2019). Dicho estudio sugiere un consumo de proteínas diario de 1 a 1.5 gramos por kilogramos de peso corporal, diferente a lo que propone la Organización Mundial de la Salud (OMS) para una persona adulta de 0.8 a 1 gramo por kilogramos de peso, además de la realización periódica de ejercicios.

Un metaanálisis realizado con la participación de 561 personas de ambos sexos (Chen et al., 2021), con edades comprendidas entre 66 y 83 años, con el objetivo de evaluar el efecto del ejercicio físico de resistencia sobre la masa muscular, la fuerza de agarre y la velocidad de marcha; llegó a la conclusión de que hubo una mejoría significativa en la velocidad de marcha y en la fuerza de agarre entre los que hacían ejercicios de fuerza. Sin embargo, los resultados sobre la masa muscular no fueron significativos; probablemente por falta de estratificación de los tipos de ejercicios empleados.

Un estudio desarrollado en Brasil por Gonçalves de Souza (2021), arribó a conclusiones similares a los estudios descrito con anterioridad, sobre el papel preventivo que juega el ejercicio físico en el mantenimiento de la masa muscular . En este sentido se patentiza la tesis de los beneficios del ejercicio de contra resistencia sobre el desarrollo de la masa muscular. Además, se explica desde el punto de vista bioquímico el incremento de la síntesis de proteínas al estimular la proteína mTORC1 (Figura 2.2). En la investigación se describe además que para la hipertrofia muscular no es necesario el incremento significativo de la carga, sino que se pueden lograr resultados positivos con baja carga e incrementando el número de repeticiones.

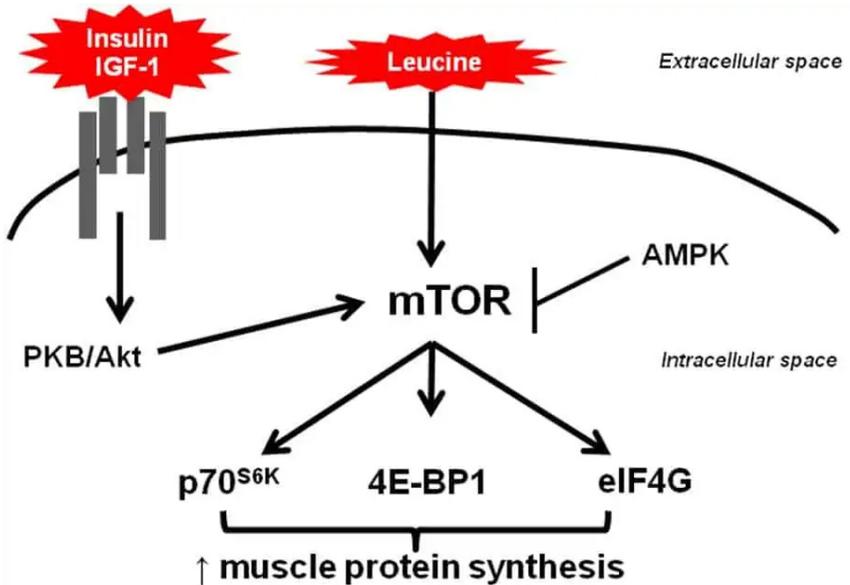


Figura 2.2. Mecanismos de señalización anabólica de la ruta mTOR.

Fuente: Hall et al.( 2011).

Aunque la mayoría de los autores concuerdan en que el ejercicio de contra resistencia es más significativo para la ganancia de masa muscular, una investigación (Papadopoulou, 2020), sugiere no perder de vista los beneficios del ejercicio aeróbico debido a que se ha evidenciado que interviene en la regulación de genes que codifican a la síntesis de miostatina, proteína que se produce en el tejido muscular y que regula el crecimiento y desarrollo del músculo, regula la biogénesis mitocondrial, inhibe la expresión de genes catabólicos y estimula la síntesis de proteínas en el músculo.

En otras palabras, la miostatina es un factor limitante para el crecimiento muscular, lo que significa que inhibe la hipertrofia muscular. La importancia de la miostatina en el desarrollo muscular ha sido objeto de mucha investigación

en los últimos años, y se ha demostrado que la reducción de la actividad de la miostatina como lo hace el ejercicio aeróbico, puede mejorar la hipertrofia muscular en humanos (Papadopoulou, 2020).

El proceso del sueño desempeña un papel vital en la recuperación y construcción muscular. Durante el sueño, especialmente en los ciclos de sueño profundo y sueño REM, varias hormonas se liberan y son clave para la construcción y recuperación en el cuerpo. La hormona del crecimiento se secreta en mayor medida mientras se duerme, lo que promueve la síntesis de proteínas y la regeneración celular, lo que incluye la recuperación de células musculares dañadas cuando se realiza ejercicios. Además, el sueño suficiente es necesario para mantener niveles óptimos de testosterona, una hormona anabólica esencial para la hipertrofia. La falta de sueño puede comprometer la producción de testosterona, proceso que afectará negativamente el metabolismo del organismo para construir y mantener músculo (Salas-Crisóstomo et al., 2019).

Salas-Crisóstomo et al. (2019), plantean que aparte de la consiguiente secreción hormonal, el sueño permite la recuperación muscular al reducir la inflamación y el estrés oxidativo. La disminución de la actividad del sistema nervioso simpático durante el sueño reduce los niveles de cortisol, una hormona catabólica del músculo asociada con el estrés. Además, una adecuada calidad de sueño aumenta la sensibilidad a la insulina, que permite el ingreso de nutrientes esenciales a las células musculares, lo que estimula el crecimiento y la recuperación muscular. En otras palabras, dormir adecuadamente y con calidad, activa una serie de procesos fisiológicos críticos necesarios para el desarrollo muscular y por consiguiente el sueño constituye un factor esencial en la regeneración muscular (Salas-Crisóstomo et al., 2019).

Como se ha planteado con anterioridad, es conocido que para mantener un estado de salud adecuado es importante dormir el tiempo suficiente que le permita al organismo la homeostasis de todas sus funciones vitales. Con el paso de los años y una vez llegada la tercera edad, se debilitan las funciones fisiológicas, además de otros factores sociales que traen como consecuencia que las personas duerman menos por causas diferentes, atribuidas en su mayoría a los llamados trastornos del sueño, dentro de los que destacan el Insomnio y la Apnea Obstructiva del Sueño (Salas-Crisóstomo et al., 2019).

Los trastornos del sueño se han convertido un problema de salud en la tercera edad. En una encuesta realizada en Estados Unidos el 50 % de la población adulta manifestó insomnio en sus diferentes modalidades por diferentes causas (Tabla 2.3), ya sea al inicio de acostarse para conciliar el sueño, períodos de tiempo de sueño muy corto, e insomnio en las primeras horas de la mañana. Generalmente el insomnio es transitorio, pudiendo llegar a durar días, semanas, meses, pero en algunos casos puede durar años con la consiguiente afectación a la salud si no es atendido oportunamente por un experto (Salas-Crisóstomo et al., 2019).

**Tabla 2.3. Factores asociados al insomnio.**

<b>Factores que afectan el sueño</b>	<b>Efectos provocados en la salud</b>
Factores psicológicos	Estrés, ansiedad y depresión
Estrés postraumático	Pesadillas, terror a quedarse dormido o volver a dormir
Enfermedades	Asma, artritis, hipertensión, diabetes, insuficiencia cardiaca, enfermedad de Párkinson, cáncer

Medicamentos	Benzodiazepinas, barbitúricos, antidepresivos
Factores ambientales	Luz en la habitación, sonidos de alta intensidad, calor o frío excesivos
Sustancias	Alcohol, cafeína, nicotina y otras drogas
Otros trastornos del sueño	Síndrome de piernas inquietas y síndrome de apnea obstructiva del sueño, etc.

Fuente: Benavides-Endara et al. (2019).

La Apnea Obstructiva del Sueño constituye otras de las causas que afecta tanto la cantidad como la calidad del sueño en los adultos mayores, estimándose que afecta a cerca del 60 % de esta población. Dicho trastorno provoca interrupciones en la respiración al menos por 10 segundos, que termina afectando intermitentemente o de manera total las vías áreas superiores y por consiguiente las personas se despiertan con mucha frecuencia. El síndrome de piernas inquietas constituye otro trastorno del sueño que se estima afecte al 10% de la población de la tercera edad de Europa y Las Américas (Salas-Crisóstomo et al., 2019).

Las horas de sueño varían en el trascurso de la vida, constituyendo la etapa de la niñez donde mayor tiempo se requiere para esta actividad. Se precisa para un recién nacido de entre 16 y 18 horas diarias, luego estas necesidades se van acortando, siendo necesarias para un adulto 8 horas diarias, y conforme se llega a la edad adulta mayor se estiman como necesarias 6 horas (Lira & Custodio, 2018).

El sueño constituye una necesidad fisiológica para el organismo de los mamíferos y de otras especies, debido a que durante éstas horas ocurre el crecimiento y la madurez neurológica en el caso de los niños, reparación del sistema

inmunológico, regulación de la temperatura corporal, regeneración de la memoria, e importantes funciones metabólicas, entre otras (Lira & Custodio, 2018).

A pesar de aceptarse como norma general que las necesidades de sueño para un adulto son de 8 horas al día, se sabe que dicha variable es muy característica de cada ser humano, donde entre otras causas juegan un papel importante características genéticas, sociales, etc. Se han descrito tres patrones de sueño: corto, intermedio y largo. En el período corto se incluyen las personas que duermen menos de 5 horas y media, en el intermedio las personas que duermen entre 7 y 8 horas diarias, y en el largo las personas que duermen más de 9 horas al día (Lira & Custodio, 2018; Zapata-López & Betancourt-Peña, 2021).

Las investigaciones llevadas a cabo para establecer relaciones entre las horas de sueño y el estado de salud, se ha observado que los duermen entre 7 y 8 horas diarias son más sanos que los ubicados en el patrón de sueño corto y largo, asociándose éstos a padecer enfermedades con mayor probabilidad, dentro de las que se pueden mencionar las siguientes: diabetes, hipertensión, obesidad, depresión y otros trastornos psiquiátricos, enfermedades neurodegenerativas, etc. También se ha asociado un mayor riesgo de mortalidad en los patrones de sueño corto y largo (Lira & Custodio, 2018; Palate Supe, 2020).

El agua constituye el 60 % de la composición de la masa muscular, y el 70% del peso total del organismo humano, razón por la que no sería posible evaluar el desarrollo muscular sin tener en cuenta este vital indicador. Además de las funciones cruciales que desempeña una buena hidratación durante la actividad física, destacándose la lubricación de las articulaciones, favorecer la disipación del calor que se genera, eliminación de sustancias de desechos, y el transporte de

nutrientes a las células, entre otras (Fernández de Landa et al., 2018). El déficit de agua además de causar un daño significativo a la masa muscular puede provocar serias afectaciones a la salud, como se muestra en la tabla 2.4.

Fernández de Landa et al. (2018), destacan que una hidratación adecuada es esencial para el mantenimiento de la masa muscular y su funcionamiento óptimo. El consumo de agua es necesario para muchos procesos fisiológicos, entre ellos la síntesis de proteínas musculares. Una adecuada hidratación permite que los nutrientes lleguen fácilmente y más rápidamente a las células musculares, propiciando con ello la síntesis de proteínas y el crecimiento muscular. Asimismo, el agua regula la temperatura corporal durante la actividad física y el ejercicio, debido a que disipa el calor producido por el trabajo muscular y como resultado se atenúa la fatiga. De este modo, se logra que el trabajo muscular sea más prolongado y eficiente.

La investigación realizada por Fernández de Landa et al. (2018), evidenció que la hidratación adecuada es una necesidad para evitar la degradación muscular durante el ejercicio de alta intensidad, donde se pierden grandes cantidades de líquidos a través del sudor. La eliminación de agua a través del sudor puede causar un agotamiento de la cantidad de líquido en el organismo, lo que provoca una disminución del volumen de sangre circulante y con ello el suministro de nutrientes y oxígeno al músculo. Este acontecimiento puede desencadenar un aumento en el catabolismo proteico y con ello la pérdida de masa muscular. Garantizar una hidratación adecuada, antes, durante, y después del ejercicio es crucial para minimizar la degradación muscular y promover la recuperación del músculo, lo que favorece el mantenimiento de la masa muscular a lo largo del tiempo.

**Tabla 2.4. Síntomas que produce la deshidratación, en función al porcentaje.**

<b>% de deshidratación</b>	<b>Síntomas</b>
1%	Causa sed.
5%	Malestar, fatiga, pérdida de apetito.
7%	Dificultad en la salivación y deglución.
>10%	Dificultad de deambulación con descoordinación y espasticidad.
15%	Delirio, sequedad de piel, dificultad para beber agua.
>20%	La piel se agrieta y sangra. Por encima estaría la muerte.

Fuente: Fernández de Landa et al. (2018).

En todos los casos, deben garantizarse que los niveles de deshidratación se mantengan por debajo del 2 % de la masa corporal, dado que por encima de dicho valor se observan cambios considerables de la composición corporal, y además manifiesta afectaciones claras al estado de salud (Fernández de Landa et al., 2018).

La hidratación excesiva, aunque es menos probable que la deshidratación, sigue siendo perjudicial para la salud. La ingestión excesiva de agua, o intoxicación por agua, diluye la concentración de sodio en la sangre, lo que causa hiponatremia. Una alteración en el equilibrio de sodio y agua en el organismo provoca una disminución riesgosa para la salud de los niveles de sodio en sangre. Los deportistas que no se hidratan adecuadamente son susceptible al padecimiento de hiponatremia cuyos síntomas incluyen: náuseas, cefalea, confusión, cansancio o letargo, y, en los casos más graves, convulsiones y coma. Esta afección es particularmente preocupante para los atletas de resistencia, como los corredores de maratón, que tienden a sudar exageradamente y pierden grandes cantidades de líquido, ya que no reponen satisfactoriamente los electrolitos

esenciales perdidos, lo que puede causar riesgos elevados de desequilibrio de los niveles de sodio en la sangre (Salas Salvadó et al., 2020).

Salas Salvadó et al. (2020), reafirman que el exceso del consumo de agua puede ejercer presión sobre los riñones y otros órganos, debido a que el organismo necesita eliminar el agua excedente a través de la orina. La sobre hidratación produce sobrecarga en los riñones y con ello provoca estrés sobre este órgano, que a su vez puede conllevar a un mayor riesgo de enfermedades renales a largo plazo. El equilibrio adecuado entre el consumo y la eliminación de líquidos, ayuda al mantenimiento de la homeostasis renal, especialmente durante la realización de actividades físicas intensas. El consumo adecuado de líquidos y la vigilancia de los signos de desequilibrio hidroelectrolítico son elementos vitales para minimizar los riesgos asociados a la hiperhidratación.

Aun cuando se ha estudiado las necesidades de agua para el organismo humano, así como su distribución corporal, parece que no se ha llegado a un consenso de las necesidades reales, lo que podría explicar la complejidad del tema y la individualización de los consumos diarios. No obstante el Instituto de medicina de los Estados Unidos de América y la autoridad europea de seguridad alimentaria han hecho sus propuestas de ingesta adecuada, particularmente para cada grupo de edad (Salas-Salvadó et al., 2020) recibe escasa atención en las recomendaciones dietéticas y las guías clínicas. Existen inconvenientes para determinar las cifras óptimas, tanto para la cantidad de agua que debe contener el cuerpo como para su ingesta. La ingesta y eliminación del agua dependen de factores no constantes y difíciles de medir, a su vez compensados por la capacidad del organismo para la homeostasis. Dada la falta de evidencia científica para el establecimiento de recomendaciones, se han estimado las “ingestas

adecuadas” (para mantener un estado de hidratación adecuado como se muestra en la tabla 2.5.

**Tabla 2.5. Ingesta adecuada de agua total diaria, incluyendo también el agua de otras bebidas y de los alimentos, según el Instituto de Medicina de Estados Unidos (IOM) y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA).**

Edad y Sexo IOM		Ingesta adecuada de agua total /L/Día)	
		EFSA	
0-6 meses		0.7	0.10-0.19 L/Kg*
7-12 meses		0.8	0.8-1
De 1-3 años		1.3	-
De 1-2 años		-	1.1-1.2
De 2-3 años		-	1.3
De 4-8 años		1.7	1.6
De 9-13 años	Varones	2.4	2.1
	Mujeres	2.1	1.9
De 14-18 años	Varones	3.3	2.5
	Mujeres	2.3	2.0
De 19-70 y más	Varones	3.7	2.5
	Mujeres	2.7	2.0
Embarazo	14-50 años	3.0	2.3
Lactancia	14-50 años	3.8	2.7

Fuente: Salas-Salvadó et al. (2020) *recibe escasa atención en las recomendaciones dietéticas y las guías clínicas. Existen inconvenientes para determinar las cifras óptimas, tanto para la cantidad de agua que debe contener el cuerpo como para su ingesta. La ingesta y eliminación del agua dependen de factores no constantes y difíciles de medir, a su vez compensados por la capacidad del organismo para la homeostasis. Dada la falta de evidencia científica para el establecimiento de recomendaciones, se han estimado las “ingestas adecuadas” (para mantener un estado de hidratación adecuado.*

### **\* Indica litros por kilogramos**

Los cálculos de consumo de agua como se puede apreciar en la tabla 2.5 muestran valores muy heterogéneos entre las dos instituciones que realizan las propuestas, incluso para un mismo grupo de edad, lo que se explica probablemente a la metodología usada para el análisis. El instituto de medicina de los Estados Unidos ha tomado como referencia el consumo promedio de personas sanas y la capacidad de pérdida moderada, y la autoridad europea además ha incluido la osmolaridad deseable de la orina (500 mOsm/L). Según sus estimados para un hombre alcanzar dichos valores necesitaría 2 litros de agua diarios y una mujer 1.6 litros (Salas-Salvadó et al., 2020) recibe escasa atención en las recomendaciones dietéticas y las guías clínicas. Existen inconvenientes para determinar las cifras óptimas, tanto para la cantidad de agua que debe contener el cuerpo como para su ingesta. La ingesta y eliminación del agua dependen de factores no constantes y difíciles de medir, a su vez compensados por la capacidad del organismo para la homeostasis. Dada la falta de evidencia científica para el establecimiento de recomendaciones, se han estimado las “ingestas adecuadas” (para mantener un estado de hidratación adecuado).

Según se ha explicado parece ser que los estudios realizados referente a la hidratación no han sido lo suficientemente riguroso para consensuar los consumos, probablemente como se ha explicado por la complejidad del tema. Los resultados mostrados en las necesidades de hidratación no solo incluyen las necesidades de agua, sino que considera el de otros líquidos y el agua contenida en los demás alimentos (Salas-Salvadó et al., 2020) recibe escasa atención en las recomendaciones dietéticas y las guías clínicas. Existen inconvenientes para determinar las cifras óptimas, tanto para la cantidad de agua que debe contener el cuerpo como para su ingesta. La ingesta y eliminación

del agua dependen de factores no constantes y difíciles de medir, a su vez compensados por la capacidad del organismo para la homeostasis. Dada la falta de evidencia científica para el establecimiento de recomendaciones, se han estimado las “ingestas adecuadas” (para mantener un estado de hidratación adecuado).

Es válido destacar que las necesidades mostradas hacen alusión al 80% de los consumos líquidos, debido a que el restante 20% se estima sea suministrado con los alimentos. Haciendo hincapié que en estado de enfermedad que provoquen una eliminación de líquidos por encima de lo habitual (fiebre, diarrea, vómito, etc.) se deberá tomar en consideración dicha pérdida e incrementar los niveles de consumo (Salas-Salvadó et al., 2020) recibe escasa atención en las recomendaciones dietéticas y las guías clínicas. Existen inconvenientes para determinar las cifras óptimas, tanto para la cantidad de agua que debe contener el cuerpo como para su ingesta. La ingesta y eliminación del agua dependen de factores no constantes y difíciles de medir, a su vez compensados por la capacidad del organismo para la homeostasis. Dada la falta de evidencia científica para el establecimiento de recomendaciones, se han estimado las “ingestas adecuadas” (para mantener un estado de hidratación adecuado).

En cuanto a los ritmos biológicos, específicamente el ritmo circadiano, tiene un impacto en la masa muscular y su funcionamiento. El ciclo circadiano es un sistema de relojes biológicos que regulan la mayoría de los procesos fisiológicos en un ciclo de aproximadamente 24 horas. El ciclo circadiano influye significativamente en la síntesis y metabolismo de las proteínas musculares. Por ejemplo, se ha demostrado que la síntesis de proteínas musculares varía

durante el día, con picos durante el día y valles durante la noche, en línea con la fluctuación de los ritmos circadianos. Durante el día, la actividad y las necesidades del cuerpo están aumentadas y disminuyen por la noche. Por lo tanto, no es de extrañar que la síntesis de proteína muscular sea más alta durante el día y mucho más baja por la noche. Esta variabilidad también puede deberse a la secreción de hormonas, como la testosterona y el factor de crecimiento similar a la insulina tipo 1, cuyas concentraciones también siguen patrones circadianos (Choi et al., 2020ab).

La relación entre los ritmos circadianos, los hábitos de alimentación, y la realización de ejercicio físico, puede tener un impacto significativo sobre la masa muscular. Se ha evidenciado que la sincronización del consumo de nutrientes y el ejercicio, con los ritmos circadianos puede optimizar la respuesta anabólica y la síntesis de proteína. Los estudios realizados por Huang et al. (2016); Ruiz-Margáin et al. (2018)the population over 60 years old exceeds 2,800,000 people, equivalent to 16.2% of the country's inhabitants according to the National Institute of Statistics (INE; y Soto & Vera (2023), sugieren que consumir proteínas poco antes o inmediatamente después de realizar actividad física, puede mejorar la recuperación y el y crecimiento muscular. Igualmente, la programación de entrenamiento de fuerza durante el período en que la masa muscular es más receptiva a la estimulación puede maximizar los efectos del ejercicio para la hipertrofia muscular. Los ritmos biológicos desempeñan un papel significativo en la regulación de la masa muscular, por lo que optimizar la sincronización de los hábitos diarios pueden ser beneficiosos (Figura 2.3) para su desarrollo (Choi et al., 2020ab).

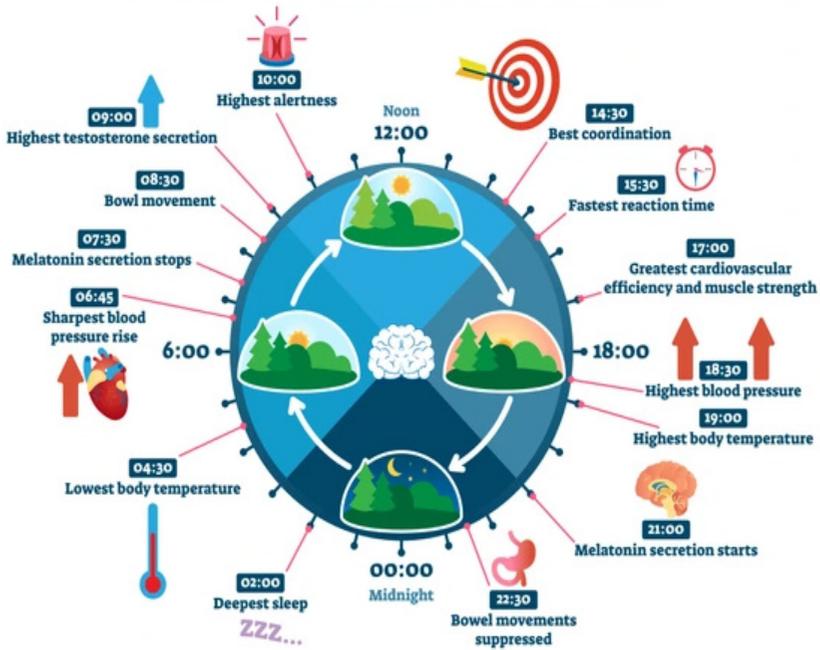


Figura 2.3. Ritmo circadiano y segregación hormonal que influyen en la masa.

Fuente: Choi et al.(2020).

En el artículo publicado por Choi et al. (2020ab), se describe la relación que existe entre la masa muscular, los ritmos circadianos, y el efecto sincronizador del ejercicio físico sobre los relojes biológicos a nivel de las células del músculo esquelético. Específicamente se cree que actúe sobre las mitocondrias. Este hallazgo cobra especial relevancia al tener en cuenta que la población laboral a nivel mundial que trabaja por turnos se encuentra entre el 15 y el 30%; este factor aunado al envejecimiento poblacional podría incidir significativamente en la disminución de la masa muscular en la población expuesta, siendo más relevante la afectación en las personas con cronotipos vespertinos, que matutinos.

Los relojes biológicos periféricos, dentro de los que se encuentran los del músculo esquelético, además de la

alimentación también son regulados por el ejercicio físico, por lo que dicha regulación incide decisivamente en el desarrollo o afectación de la masa muscular. Aunque aún no se conoce a ciencia cierta el mecanismo molecular por el cual la desregulación de los ritmos circadiano afecta la masa muscular esquelética, se cree sea por desajustes en los genes Bmal1 y Clock tal como ocurre de manera general en el organismo humano; que en el caso particular del músculo parece que afecta la biogénesis mitocondrial (Choi et al., 2020ab).



03

**El Aloe Vera L**  
como producto  
nutracéutico

### 3.1. El uso de nutraceuticos como alternativa farmacéutica

El desarrollo y la utilización de los nutraceuticos se registra desde la antigüedad cuando culturas antiguas explotaron el poder terapéutico de las hierbas, los alimentos y las curas naturales. Según Barona Zaldumbide (2019), las culturas egipcias, griega, china e india entre otras han usado hierbas y extractos de plantas debido a sus propiedades terapéuticas y alimenticias. De la medicina tradicional china, hay un gran número de plantas como el ginseng y el ginkgo biloba utilizados durante milenios con propiedades curativas. Desde que se descubrieron las propiedades curativas de las plantas, en la antigua Grecia estas contribuyeron al mantenimiento de la salud de las poblaciones antiguas, y se siguen usando hasta nuestros días. Por su parte Hipócrates, el fundador de la medicina moderna promovió el uso de los alimentos como fuente de medicinas (González Grandón, 2020).

No obstante, el uso de este vocablo en sí es más moderno, y se utilizó por primera vez en la década de 1980 por el Dr. Stephen De Felice. De Felice creó el término a partir de Nutrición y Farmacéutico, definiéndolo como productos alimenticios o ingredientes aislados que proporcionan un beneficio adicional para la salud además de su valor nutricional. A medida que los científicos comenzaron a estudiar sustancias naturales presentes en los alimentos y las plantas, se identificaron y se estudiaron diferentes compuestos que tienen efectos medicinales o de salud.

Ejemplos comunes incluyen la vitamina C, polifenoles del té verde, ácidos grasos Omega-3 de pescado y otros fitoquímicos en frutas y verduras. Debido a la creciente importancia de la promoción de la salud y la prevención de enfermedades, ha habido más investigación y competencia para crear nutraceuticos y mejorar la salud mediante productos alimenticios (González Grandón, 2020; Fernández-Fernández et al., 2023).

Por sus notables beneficios cada vez se hace más significativa la comercialización de nutracéuticos, alcanzando actualmente 117 mil millones de dólares en el mercado internacional (Sachdeva et al., 2020). La mayoría de las investigaciones llevadas a cabo con nutracéuticos se relacionan con el mejoramiento de la calidad de vida, productos antioxidantes, preventivos de enfermedades neurodegenerativas, cardiovasculares, el cáncer, entre otras.

El desarrollo vertiginoso de nutracéuticos ha permitido una mayor accesibilidad a la población necesitada, tomando en consideración la flexibilidad en la producción y comercialización de este tipo de productos. La normativa disponible en la mayoría de los países donde se comercializan los nutracéuticos, se limita al control de las reacciones adversas o interacciones medicamentosas, sin regular otros indicadores. Probablemente al ser considerados los nutracéuticos como alimentos, es que la normativa regulatoria a nivel internacional no es lo suficientemente rigurosa para el control de la producción y comercialización, lo que pudiera enmascarar la especulación sobre propiedades no demostradas científicamente (Ronis et al., 2018).

Los nutracéuticos formulados con proteínas o aminoácidos pudiera ser una opción viable para el desarrollo de la masa muscular. Este tipo de productos ha sido utilizado con éxito para el tratamiento y la prevención de la atrofia muscular, misma que en su fisiopatología lleva implícito un desequilibrio entre la síntesis y degradación de proteínas en el músculo, situación que finalmente se traduce en una disminución de la masa muscular y la fuerza, generando en última instancia afectación marcada en la calidad de vida (Wang et al., 2021).

La formulación de nutracéuticos de fuentes naturales que aportan aminoácidos o proteínas, que posteriormente el organismo utiliza para la síntesis de sus propias proteínas constituyen herramientas muy novedosas actualmente.

Además, se ha demostrado que varias de las sustancias bioactivas presentes en las plantas también podrían contribuir al desarrollo del músculo esquelético, sobre todo los metabolitos secundarios con propiedades antiinflamatorias tales como: polifenoles, flavonoides y alcaloides, solo por citar algunos ejemplos (Wang et al., 2021).

### ***Aseguramiento de la calidad en la formulación de nutracéuticos***

El aseguramiento de la calidad en la formulación de nutracéuticos es un factor decisivo, garantiza la seguridad, la eficacia y la consistencia de los productos. El primer paso para asegurar la calidad de un nutracéutico, lo constituye una rigurosa selección de las materias primas, seguido del control de calidad del producto final. Lo anterior sugiere una verificación rigurosa de la autenticidad, la pureza y la calidad de todos los reactivos usados. El 100% de la materia prima utilizada en la formulación deben cumplir con los estándares de calidad establecidos en las normativas de las entidades regulatorias. Una vez que el nutracéutico es producido se deberán realizar los estudios de estabilidad exigido por la norma técnica correspondiente. Es crucial asegurarse de que el producto final mantenga todas sus propiedades fisicoquímicas y microbiológica a lo largo de su tiempo de vida útil (Aulton, 2004).

El mantenimiento de la calidad también implica unas instalaciones adecuadas, equipos calibrados y operados por personal capacitado y protocolos de fabricación estandarizados y documentados. En otras palabras, la calidad y el aseguramiento de la calidad también incluyen el cumplimiento estricto con las Buenas Prácticas de Manufactura y todas las otras normativas regulatorias aplicables. La trazabilidad de los procesos y el control de la cadena de suministro son aspectos esenciales para garantizar la integridad del producto. También se realizan pruebas de control de calidad en cada etapa del proceso de formulación, desde la materia prima hasta el producto

terminado, para detectar y corregir cualquier desviación o variación que pueda afectar la calidad del nutracéutico. Integralmente, el aseguramiento de la calidad en la formulación de nutracéuticos es un proceso holístico que busca garantizar la producción de productos seguros, eficaces y consistentes para el consumo humano (Aulton, 2004).

Aparte de garantizar la calidad del producto, el cumplimiento de las BPM también garantiza la seguridad de los consumidores. Al exigir que las características de producción sigan ciertos protocolos, el riesgo de contaminación cruzada, presencia de sustancias nocivas o errores de dosificación se minimiza, lo que resulta en productos finales más seguros para el consumo humano. Dada la relevancia de la percepción del consumidor en la industria de los nutracéuticos, esto se considera crítico. El cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura en la formulación de nutracéuticos no solo asegura la calidad del producto, sino que también respalda la confianza del consumidor y contribuye a la protección de la salud pública (Aulton, 2004).

### ***Estudios de preformulación en nutracéuticos***

En este sentido, los estudios de preformulación se basan en la selección de excipientes adecuados para mejorar la estabilidad y la biodisponibilidad de los principios activos. El objetivo de los estudios es seleccionar un excipiente o una mezcla que sea compatible no solo con los componentes activos, sino que también complemente y optimice las propiedades farmacotécnicas de los compuestos activos. En los estudios de preformulación, se evalúa la disolución, la formación de complejos y la solubilidad, la interacción entre los excipientes, y los principios activos, se establece la concentración óptima de cada componente en la formulación. Estos estudios sientan las bases para garantizar la estabilidad, eficacia y seguridad (Aulton, 2004).

El propio autor señala que las investigaciones sobre preformulación en nutraceuticos son fundamentales en el desarrollo de las mencionadas sustancias y sus compuestos con intención terapéutica. Por otra parte, estos estudios arrojan datos que apoyan la elección de la forma farmacéutica más adecuada, o sobre las estrategias de encapsulación o formulación a seguir con el fin de favorecer la estabilidad y viabilidad de estas sustancias (Aulton, 2004).

Además, los estudios de preformulación ayudan a identificar posibles interacciones entre el nutraceutico y otros ingredientes, así como con el sistema biológico, lo que puede impactar en su efectividad terapéutica. Estos estudios permiten realizar ajustes en la formulación para evitar incompatibilidades o problemas de estabilidad, garantizando la integridad del compuesto y su capacidad para ejercer su acción terapéutica de manera óptima. Igualmente, la evaluación de la cinética de liberación y absorción del nutraceutico, que a menudo es obtenida a través de los estudios de preformulación, proporciona datos esenciales para el diseño de la dosificación y las estrategias de administración necesaria para maximizar su eficacia clínica. En general, es claro que estos estudios representan una fase inicial definitoria en el desarrollo de nutraceuticos que brinda una riqueza de información muy necesaria, para definir su eficacia y seguridad en la terapéutica (Aulton, 2004).

### ***Estudios de estabilidad fisicoquímicos***

Los estudios de estabilidad fisicoquímica incluyen la identificación de las condiciones adecuadas de almacenamiento que garantizarán la integridad del producto. Esto incluye la temperatura, la humedad relativa y los envases que garantizarán la estabilidad de los componentes activos. Dichos estudios son necesarios para determinar el período de validez del producto y las

condiciones de almacenamiento ideales. Así, estos estudios proporcionan a la industria farmacéutica y nutracéutica información valiosa. En general, los estudios de estabilidad fisicoquímica son indispensables para mantener la calidad, seguridad y eficacia de los nutracéuticos; cuando se conoce, se genera una base científica suficiente para el desarrollo y la comercialización de los productos (Aulton, 2004).

El cálculo de aminoácidos por la técnica de Espectrofotometría en la formulación de nutracéuticos es esencial ya que constituye un paso de suma importancia para determinar los nutrientes que lo conforman y la precisión de su concentración. En este caso, la determinación de aminoácidos y otras moléculas es posible a través del empleo de esta técnica de análisis, ya que es fidedigna para cuantificar la concentración de aminoácidos específicos que estén presentes en el nutracéutico. La espectrofotometría en este caso se fundamenta en la capacidad que tienen los aminoácidos para absorber la luz en longitudes de onda específicas, lo cual permite identificarlo y cuantificarlo exactamente en la muestra. Por lo que a través del análisis de la absorbancia de la muestra a través de estándares conocidos de aminoácidos, y en comparación con estos se puede obtener la concentración exacta de cada tipo de aminoácido, lo que permite determinar la composición y calidad del nutracéutico (Romero-Bonilla et al., 2020; Tobeña et al., 2023; Campoverde Clavijo & Suárez Avilez, 2023).

Adicionalmente esta técnica puede utilizarse para llevar a cabo análisis simultáneos de varios aminoácidos, lo que acelerará el proceso y mejorará la eficiencia de la cuantificación. A través de esta técnica, es posible la identificación y cuantificación de aminoácidos esenciales y no esenciales. Dado que la cantidad y el tipo de aminoácidos influyen directamente en la calidad nutricional y terapéutica del nutracéutico, la espectrofotometría ayudará a garantizar a los proveedores la calidad de sus formulaciones.

La relativamente alta precisión y sensibilidad de la espectrofotometría ayudará a determinar baja concentraciones de los nutrientes. Esto es necesario para garantizar que los nutraceuticos se formulen con la cantidad requerida, ya que algunas formulaciones particulares requieren niveles específicos de aminoácidos para ejercer su efecto sobre la salud y la fisiología humana. Por lo tanto, la espectrofotometría en la cuantificación de aminoácidos en la formulación de nutraceuticos es esencial para determinar la composición y la concentración de estos nutrientes críticos (Tobeña et al., 2023).

En condiciones normales, la espectrofotometría presenta niveles de precisión variadas dependiendo de varios factores. En cambio, en algunas instancias, esta técnica ha sido precisa, lo que ha permitido mediciones muy exactas con un margen de error reducido. La precisión también se deriva de la capacidad del equipo para detectar las mínimas diferencias en la prueba de absorción en la muestra. Lo que a su vez determina la precisión con la que se miden las concentraciones de los compuestos (Campoverde Clavijo & Suárez Avilez, 2023).

La determinación de metales pesados por el método de absorción atómica es un proceso altamente eficaz para identificar tranzas metálica que compromete la seguridad y la calidad de los nutraceutico. La absorción atómica permite la cuantificación de metales pesados, como el plomo, mercurio, cadmio y arsénico. La presencia de los metales pesados anteriormente citados en concentraciones superiores a la permitida puede poner en peligro la salud humana. El principio de funcionamiento de esta técnica se basa en la capacidad de los átomos de metales pesados, de absorber luz a longitudes de ondas específicas cuando son vaporizadas en un horno de grafito y son expuesta a radiación electromagnética. La intensidad de la absorción es directamente proporcional a la concentración de los

metales en la muestra, lo que garantiza su cuantificación exacta (Pérez & Alvarado, 2018; Guijarro & Remedios, 2020).

Los nutracéuticos deben estar libres de contaminantes tóxicos para la salud, particularmente de metales pesados, que se conoce que producen daño a la salud mediante la desnaturalización de las proteínas. En consideración a lo anterior es que se recomienda el uso de la técnica de absorción atómica para asegurar que ninguno de los ingredientes de la formulación del producto final se encuentre contaminados con trazas metálicas, que puedan comprometer la salud de los consumidores. De manera general esta medida garantiza de forma efectiva que los nutracéuticos se encuentren libre de contaminantes tóxicos y cumplan las normas de calidad en la producción farmacéutica y alimentaria (Guijarro & Remedios, 2020).

La presencia de metales pesados en el organismo humano puede desencadenar una serie de efectos adversos para la salud. El plomo, por ejemplo, es conocido por su elevada toxicidad, afectando principalmente al sistema nervioso central, particularmente en los niños y en los fetos en desarrollo. Las personas que mantienen exposición prolongada al plomo pueden experimentar daño cerebral, trastorno del desarrollo, alteraciones en el comportamiento y disminución del coeficiente intelectual. El cadmio sin embargo, se ha relacionado con problemas renales, daño pulmonar, así como incremento del riesgo de cáncer pulmonar y de próstata (Romero González, 2020).

La intoxicación con mercurio en su forma orgánica más común, el metilmercurio, impacta severamente en el sistema nervioso central y en el desarrollo neurológico, provocando trastornos cognitivos y afectación en el lenguaje, además de provocar problemas motores en casos de intoxicación grave. El arsénico, un metal pesado encontrado comúnmente en el agua potable, y se asocia con daños a nivel de piel, trastornos cardiovasculares y diversos tipos de cáncer, como de piel, pulmón y vejiga.

Como se ha podido observar la presencia de metales pesados en el organismo humano puede provocar varias enfermedades, que van desde daños neurológicos y renales, hasta enfermedades cardiovasculares y varios tipos de cáncer, por lo que el control de dichos productos en formulaciones nutracéuticas y alimentarias reviste una gran importancia para proteger la salud (Romero González, 2020).

Las aflatoxinas son sustancias que deben ser controladas en la formulación de nutracéuticos, y para ello ha demostrado una alta sensibilidad el método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Este método permite determinar la cantidad de estas toxinas fúngicas altamente perjudiciales para la salud. Las aflatoxinas son compuestos tóxicos y cancerígenos producidos por hongos del género *Aspergillus*. Estas toxinas pueden contaminar plantas, granos, nueces y semillas que son utilizadas como materia prima en la producción de nutracéuticos. La cromatografía líquida de alta resolución es una técnica sensible y se utiliza para la identificación, cuantificación y separación de las aflatoxinas en las muestras de los nutracéuticos (Sandoval Cañas, 2013; Kanashiro et al., 2022; Velarde Escobar et al., 2023).

La técnica antes mencionada (HPLC), consiste en la separación de los componentes de una muestra a través de una columna cromatográfica, según sus propiedades fisicoquímicas y se detectan con alta precisión.

A través de esta puede identificarse no solo las distintas aflatoxinas: B1, B2, G1, G2, sino que también puede determinarse a muy bajas concentraciones, garantizando los límites permisibles en las regulaciones sanitarias. En las formulaciones de nutracéuticos la identificación de aflatoxinas constituye un elemento decisivo, incluso en cantidades pequeñas, debido a su elevada toxicidad para la salud humana ya que están asociadas con diversas enfermedades del hígado, inmunosupresión y un mayor

riesgo de cáncer. Por tanto, la aplicación de la HPLC a la detección de aflatoxinas en nutracéuticos es un punto de vital importancia para garantizar la seguridad y la calidad de estos productos y proteger la salud (Velarde Escobar et al., 2023).

Debido a su alta toxicidad, las aflatoxinas pueden provocar una serie de efectos adversos y altamente dañinos para la salud humana. En primer lugar, la ingesta de aflatoxinas daña el hígado. Aflatoxina B1, una aflatoxina común y altamente tóxica, se metaboliza en el hígado y se transforma en metabolitos reactivos que se unen al ADN, provocando mutaciones y carcinogénesis hepática. Esta es solo una de las muchas toxinas relacionadas con el cáncer. En particular, Aflatoxina B1 es un factor causal del desarrollo de hepatocarcinoma, una forma de cáncer. Existe suficiente evidencias que demuestran la penetración directa de aflatoxina LT-1 en las células del duodeno, el yeyuno, el íleon y el colon, ocasionando diferentes daños relacionados con mutaciones celulares (Sandoval Cañas, 2013).

Independientemente del daño hepático que producen las aflatoxinas, también comprometen las funciones del sistema inmunológico. Las aflatoxinas pueden suprimir la actividad de las células inmunitarias, incluidos los linfocitos T y las células asesinas naturales, lo que incrementa la probabilidad de enfermedades infecciosas. El efecto inmunosupresor puede ser particularmente perjudicial en personas vulnerables, como los niños o las personas que padecen enfermedades crónicas con el sistema inmunitario debilitado. En resumen, las aflatoxina representan un riesgo significativo para la salud humana debido a su capacidad para producir daño hepático y la supresión del sistema inmunológico. De lo anterior se deriva la necesidad de la identificación y cuantificación de aflatoxina en los productos comestibles, dónde se incluyen los nutracéuticos, para minimizar el riesgo sobre la salud (Velarde Escobar et al., 2023).

## Estudios de estabilidad microbiológicos

Los estudios de estabilidad microbiológica permiten evaluar la calidad de las técnicas de conservación de los nutracéuticos y la integridad de los envases para impedir el crecimiento microbiano. Algunas de las técnicas más utilizadas en la conservación de nutracéuticos incluyen, la adición de conservantes, la aplicación de calor, la liofilización y la utilización de envases herméticamente cerrados. La estabilidad microbiológica en los nutracéuticos asegura el alargamiento del tiempo de vida útil de los productos, además de garantizar su inocuidad (Aulton, 2004).

Para identificar la cantidad de bacterias en un nutracéuticos, se puede determinar mediante la técnica de recuento en placa. Las bacterias pueden colonizar materias primas o el ámbito de producción, contaminan productos y son amenazas para la salud humana. En este sentido es necesario la identificación oportuna de microorganismos patógenos tales como; *E. coli*, *Salmonella* y *Staphylococcus aureus* que con frecuencia contaminan productos para el consumo humano, provocando enfermedades. Aunque es válido destacar que existen otros microorganismos anaerobios no patógenos que en cantidades determinadas pueden enmascarar patógenos, por lo que es necesario garantizar también su control dentro de las formulaciones a utilizar (Vera Bravo & Zambrano Loor, 2021; Bernal Rivera & Ricaurte Neira, 2022).

Por otra parte, para la identificación de bacterias en los nutracéuticos por el método de recuento en placa es una de las actividades primarias para el control de calidad microbiológica. Se basa en la capacidad de los microorganismos presentes en la muestra para formar colonias con las mismas propiedades morfológicas en el medio de cultivo adecuado. La importancia del RPC radica en la evaluación de la carga total de microorganismos; es una oportunidad para identificar y cuantificar la cantidad de microorganismos viables que sobreviven. La presencia

de bacterias en los productos nutricionales o alimenticios puede ser un signo del deterioro de la calidad y la seguridad del producto; además, constituyen un peligro para la salud de los consumidores, en particular si las cepas son agentes patógenos; así como en altas concentraciones de cepas anaeróbicas (Bernal Rivera & Ricaurte Neira, 2022).

El conteo en placa de Petri para la determinación de hongos se lleva a cabo mediante técnicas de cultivo en medio específico. Una vez establecida las colonias en la placa, estas deben estar en óptimas condiciones para permitir que pueda tener lugar la multiplicación de las esporas provenientes de la muestra. Se incuba la placa sembrada en condiciones determinadas para la multiplicación fúngica en sentido de activar la germinación de las esporas o células fúngicas presentes en la muestra que den origen a colonias evidentes (Bernal Rivera & Ricaurte Neira, 2022).

El recuento, tratamiento y observación de las colonias generadas en el medio de cultivo brindan una evaluación cuantitativa de la carga de hongos en los nutracéuticos. Cada colonia observable es una Unidad Formadora de Colonias (UCF) y, por lo tanto, indica la existencia de células viables en la muestra. Con esta aproximación la cuantificación determina la cantidad de hongos presente, lo que permite fijar márgenes admisibles de infección fúngica. Con la determinación de la cantidad de hongos en la muestra se asegura que el producto se mantenga dentro de los límites permisible por la norma, y se garantice la estabilidad microbiológica deseada (Bernal Rivera & Ricaurte Neira, 2022).

### **3.2. Uso medicinales y cosméticos del Aloe vera L**

La sábila (*Aloe vera L*) es una planta suculenta que pertenece a la familia de las liliáceas, misma que ha sido usada por siglos con fines medicinales y cosméticos. Sin embargo, en la actualidad se ha comprobado que el *Aloe Vera L.* es una planta con propiedades nutracéuticas, es decir que

tienen efectos beneficiosos en la salud humana además de sus propiedades nutricionales. Esta planta, contiene una serie de compuestos bioactivos con efectos beneficiosos demostrados para la prevención y/o tratamiento de enfermedades (Heş et al., 2019).

Otras de las moléculas que componen al *Aloe vera L.* son los polisacáridos, cadenas de azúcares de longitud variable que poseen la propiedad de modular la respuesta inmune de nuestro organismo. También se les conoce por sus propiedades antiinflamatorias. Por esta razón, el ingerirlos puede representar una mejora significativa para la salud intestinal y su función fisiológica, lo puede prevenir el padecimiento de enfermedades intestinales crónicas y desórdenes autoinmunitarios (Heş et al., 2019).

Estudios realizados por Domínguez-Fernández et al. (2012), mencionan que esta planta también ofrece al organismo compuestos antioxidantes como la vitamina C y E, conocidas por prevenir el daño celular causado por los radicales libres y, por lo tanto, disminuir el riesgo de diversas enfermedades crónicas y degenerativas; incluyendo el cáncer, las enfermedades cardiovasculares, y del envejecimiento. Otro de los compuestos esenciales del *Aloe vera L.* es la aloína, que posee propiedades laxantes y ha sido utilizada tradicionalmente para combatir el estreñimiento. No obstante, se ha comprobado que el consumo excesivo de aloína es tóxico y puede causar efectos adversos.

Para Gao et al. (2019), esta planta ha sido utilizada como cosmético durante siglos, y existen pruebas de que muchas culturas la han empleado por sus propiedades curativas y el efecto beneficioso para la piel. El *Aloe vera L.* es una planta que presenta hojas gruesas que retienen un gel translúcido, su capacidad para proporcionar humedad a la piel, combatir el enrojecimiento y renovar la dermis ha sido apreciada a lo largo de los años. El gel de *Aloe vera L.* contiene una selección de ingredientes bioactivos, como

polisacáridos, vitaminas, minerales y antioxidantes, que se utilizan en la industria cosmética debido a sus propiedades.

La aplicación sobre la piel de productos cosméticos elaborados a base de Aloe vera L se ha promocionado por sus propiedades hidratantes y sus efectos calmantes sobre la superficie irritada. Por su parte el gel de *Aloe vera L* es un ingrediente común de las cremas, lociones, geles y otros productos para el cuidado de la piel, debido a su capacidad para aliviar las quemaduras solares, reducir la inflamación, promover la cicatrización de abrasiones menores e hidratar la piel. Su alto contenido de antioxidantes, incluidas las vitaminas C y E, ayuda a proteger la piel del daño causado por los radicales libres. El uso cosmético del *Aloe vera L* como ingrediente de belleza ha persistido a lo largo del tiempo, apoyado por la creencia en su naturaleza natural y bondad para la piel (Liu et al., 2019).

Según Wang et al. (2022)but the quantitative results from all the relevant studies were not presently available. This study sought to conduct a cumulative analysis to better clarify the preventive effects of aloe vera in RID. Methods: MEDLINE (PubMed, el uso del *Aloe vera L* con fines cosméticos ha mostrado un crecimiento vertiginoso en las últimas décadas. La estadística demuestra la popularidad de la planta en la industria de belleza y en el cuidado personal. Según el estudio citado anteriormente, el *Aloe vera L* es el principal ingrediente de los cosméticos elaborado en la mayoría de las empresas de belleza, representando más del 40% en el mercado global de cosmético, sobre todo los elaborados para el cuidado capilar y dermatológico. Lo anterior explica el uso comercial a gran escala de un ingrediente natural con gran demanda, basado en lo esencial a los componentes bioactivos que conforman su estructura química.

Wang et al. (2022)but the quantitative results from all the relevant studies were not presently available. This study sought to conduct a cumulative analysis to better clarify the preventive effects of aloe vera in RID. Methods: MEDLINE

(PubMed, refieren que los productos cosméticos a base de *Aloe vera L* son variados y abarcan, desde las populares y comúnmente conocidas cremas hidratantes, champús y acondicionadores capilares, hasta productos para el cuidado facial, corporal y solar. Así, sus aplicaciones no se encuentran delimitadas únicamente en cremas, sino que se ha expandido hacia maquillajes, bases hidratantes, correctores, polvo compacto, y lociones, incluyendo sus presentaciones en productos para labios. Por tales motivos, los usos previamente mencionados señalan la confianza del mercado en las propiedades benéficas del *Aloe vera L* sobre la piel y cabello, respondiendo a los criterios de selección de los consumidores que buscan un ingrediente natural y efectivo en el cuidado cosmético personal.

En la industria de la salud el uso de *Aloe vera L*. como nutraceutico ha aumentado significativamente en popularidad. De acuerdo con las estadísticas recientes, esta planta ha comenzado a hacerse un lugar en la industria de los nutraceuticos, y a lo largo del tiempo, se ha observado un aumento constante en la demanda de las sustancias mencionadas. Según las estimaciones, aproximadamente el 15% de los suplementos alimenticios y nutricionales contienen extractos de esta planta. Esta cifra refleja la aceptación y el interés en este componente natural por parte de los consumidores que buscan productos para la salud basados en ingredientes naturales (Shakib et al., 2019; Khan et al., 2022).

El *Aloe vera L* se utiliza en forma de extractos, jugos, polvos y cápsulas en la industria de los nutraceuticos, y se promociona por sus presuntos beneficios para la salud digestiva, su capacidad para promover la función inmunológica y su potencial efecto antiinflamatorio. Además, su contenido en antioxidantes y nutrientes esenciales lo hace atractivo como suplemento dietético para apoyar la salud en general. Esta tendencia en el uso del *Aloe vera* como nutraceutico resalta su posicionamiento como una alternativa natural

en el mercado de los suplementos alimenticios, siendo apreciado por los consumidores que buscan mejorar su bienestar con opciones de origen natural y respaldadas por investigaciones científicas (Gao et al., 2019; Heş et al., 2019; Sánchez et al., 2020).

Un posible uso de *Aloe vera L.* como nutracéutico en términos de salud es la salud cardiovascular. La función endotelial, la inflamación y los niveles de lípidos sanguíneos pueden mejorar utilizándolos. Esto puede ser beneficioso y utilizado en la prevención (Surjushe et al., 2008).

Grosso modo, el empleo de esta planta como nutracéutico tiene un futuro promisorio y se ha comprobado tener beneficios potenciales para la salud. Sin embargo, es importante destacar que la investigación sobre los efectos del *Aloe vera L.* en la salud no son suficiente y se necesitan más estudios clínicos para comprender completamente su eficacia y seguridad (Sánchez et al., 2020), resaltando que no se han encontrado reportes en la literatura científica del uso de los aminoácidos presentes en el *Aloe vera L.* con fines nutracéuticos.

El Aloe vera por sus propiedades conservantes, atribuidas en lo fundamental a sus efectos antioxidantes y antimicrobianas, ha sido usado a nivel industrial para la conservación de otros alimentos como muestra una investigación (Heş et al., 2019) dónde el *Aloe vera L* unido con Glicerol se usó para la conservación de Guayaba. En este caso la fruta fue cubierta con la mezcla de ambos productos logrando extender el tiempo de vida útil, que en esta fruta particularmente una vez cosechada es muy limitado.

El *Aloe vera L* se usó al 10, 20 y 30%, con concentraciones de Glicerol al 1.5 y 2.5%; las variables medidas para considerar la estabilidad de la Guayaba fueron: pH, sólidos totales solubles, acidez y la presencia de microorganismos. La mezcla que resultó óptima fue la que contenía Aloe al 30 % y el Glicerol al 1.5% dando como resultado final una fruta con el período de maduración extendido, sin crecimiento

de microorganismos y conservando sus propiedades organolépticas.

Una investigación similar a la anterior realizada en Colombia, con el objetivo de extender el tiempo de vida útil del mango, mostró que el gel del *Aloe vera L* al 50 % en combinación con Glicerina y Cera Carnauba, logró mantener varios parámetros de calidad por un período de tiempo superior a la muestra no tratada con la citada combinación. Luego de 12 días de conservación se evaluaron las variables siguientes: crecimiento microbiano, acidez, pH, tasa respiratoria, propiedades organolépticas y dureza, obteniendo como resultado una extensión de 3 días más con propiedades aceptables superior a la muestra control (Ahlawat & Khatkar, 2011).

Además de conservar las propiedades de diferentes productos ante la senescencia, es necesario mantener en buen estado algunos productos para su conservación mínimamente procesados como ocurre con las frutas, que en su mayoría son susceptibles de sufrir reacciones degradativas durante la manipulación. En este sentido también se han estudiados los efectos del *Aloe vera L*. En este caso se presenta un estudio donde se evaluó la estabilidad de Kiwis con diferentes mezclas; una con gel de *Aloe vera L* y aceite esencial de limón, gel de *Aloe vera L* + hidroxipropilmetilcelulosa, y una solamente con gel de *Aloe vera L*. La sustancia que mostró mejores resultados fue la mezcla que contenía gel de Aloe y aceite esencial de Limón, mostrando estabilidad óptima en los tiempos estudiados (2, 4, 7 y 10 días). Las variables estudiadas fueron: crecimiento microbiano, pérdida de peso, color, dureza, acidez y sólidos totales (Ahlawat & Khatkar, 2011).

Con la finalidad de valorar el efecto que produce la introducción del *Aloe vera L* en la formulación de yogurt de leche de búfala, se realizó un estudio donde se disminuyó la cantidad de grasa y se adicionó una solución de la citada planta al 3% y 1% de grasa. Se evaluaron

variables organolépticas, de estabilidad fisicoquímicas (pH, viscosidad, concentración de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y cenizas) y microbiológicas (unidades formadoras de colonias por mililitros, UFC/mL). Como resultado se evidenció que la adición del Aloe afectó positivamente todas las variables estudiadas, mejorando la textura y aceptación de los clientes, aunado a una mejoría en los parámetros de calidad estudiados (Ikram et al., 2021).

Las propiedades antimicrobianas del *Aloe vera L* son cada vez más utilizadas en la industria alimentaria, debido a que ha sido ampliamente demostrada su efectividad en dicho sentido; así lo demuestra una investigación donde se evaluó su capacidad antimicrobiana en la conservación de salchichas fermentadas en unión con nitrito. En la mencionada investigación se determinó la capacidad antimicrobiana ante cepas de *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* y *Listeria monocytogenes*; en todos los casos hubo inhibición del crecimiento microbiano, aunque el valor más significativo lo mostro antes *Listeria monocytogenes*. Finalmente, como conclusión de este estudio además de la inhibición microbiana se reportaron otros hallazgos significativos, consistentes en disminución de la oxidación de los lípidos de la membrana, y una estabilidad significativa de los contenidos de proteínas y de lípidos (González et al., 2008).

Como se muestra en los estudios anteriores, crece la iniciativa de usar el *Aloe vera L* para la conservación de productos, debido a que además de ser una sustancia de origen natural, logra mantener en los compuestos conservados sus propiedades organolépticas (sabor, olor, color y textura) por un período de tiempo superior, sobre todo de las frutas y verduras que en el período postcosecha sufren de un deterioro considerable (Ahlawat & Khatkar, 2011).

Además de las propiedades organolépticas se ha demostrado que también se conservan los contenidos fenólicos, la

relación azúcar- ácido, y otras propiedades fisicoquímicas. Los mecanismos de conservación se han explicado porque además de sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas, se conoce que el *Aloe vera L* estimula la acción de varias enzimas presentes en las frutas y en las verduras, dentro de las que se encuentran el superóxido dismutasa, catalasas y ascorbato peroxidasa. Como resultado de la sinergia de varios factores en la conservación de manera general se logra un almacenamiento de los productos en cuestión, mayor a 1.34 veces (Liu et al., 2019; Dar et al., 2021).

El área de estudio donde destacan con mayor relevancia las propiedades del *Aloe vera L*. es precisamente en la medicina, donde se han realizado investigaciones in vitro, in vivo, además de ensayos clínicos, con la finalidad de establecer relación entre la estructura química de sus metabolitos secundarios y la actividad farmacológica de los más de 70 compuestos bioactivos que se han identificado en su estructura (Heş et al., 2019).

En el sistema digestivo se han demostrado disímiles efectos beneficiosos del Aloe vera, una investigación realizada por Sánchez et al. (2020), donde se utilizó un extracto de *Aloe vera L*. al 50%, favoreció el crecimiento de células madre de la pulpa dental, y síntesis de ADN. Se piensa que dichos efectos estén relacionados con el polisacárido acemanano, que se conoce estimula la síntesis de dicho ácido nucleico, además de inducir la expresión de genes osteogénicos. En estomatología el *Aloe vera* ha evidenciado ser útil en otras enfermedades como la estomatitis, gingivitis, pulpotomía, fibrosis submucosa oral, entre otras.

Otras afecciones digestivas donde ha tenido éxito el consumo del *Aloe vera L*., es la gastritis y el reflujo gastroesofágico. En el caso de la gastritis provocada por el consumo de alcohol, se comprobó que el gel del Aloe estimula la actividad inhibitoria de la enzima metaloproteinasa 9, lo que disminuye el efecto inflamatorio en la mucosa estomacal. En el reflujo, el *Aloe vera L*., usado en una formulación en

forma de jarabe, consumido en cantidad de 10 mL/ día por 4 semanas mejoró considerablemente los síntomas relacionados con: flatulencia, acidez, disfagia y náuseas, sin ocasionar efectos nocivos en la salud (Sánchez et al., 2020).

Históricamente el *Aloe vera L.* ha sido usado para tratar afecciones de la piel, lo que lo ha convertido en uno de los productos naturales más usado no solo con fines medicinales, sino como cosmético. Desde el punto de vista médico se ha demostrado que sus efectos medicinales en este sentido se asocian a la presencia de sustancias como emodina, aloína y aloesina, mismos que se ha comprobado que poseen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. Además de comprobarse que el Aloe vera L, interviene en la regulación de la expresión de genes en los fibroblastos, lo que a su vez estimula síntesis de colágeno favoreciendo la integridad de la piel (Sánchez et al., 2020).

La aloína, como metabolito secundario presente en el Aloe vera L, es una de las sustancias bioactivas que ha mostrado efecto antioxidante potente a nivel de piel inhibiendo especies reactiva de oxígeno al estimular el glutatión, además sus efectos antiinflamatorios se explican al inhibir proteínas proinflamatorias como la interleucina 8. También se ha evidenciado que dicha sustancia le confiere determinada protección al ADN. Los polisacáridos que contiene el *Aloe vera L* le aportan propiedades antiinflamatorias, al demostrarse que tienen la capacidad de inhibir las interleucinas 8 y 12, y TNF- $\alpha$ . Similar efecto antiinflamatorio se encontró al usar el Aloe en concentración de 150 mg/kg de peso por vía oral en hepatitis inducida por paracetamol (Sánchez et al., 2020).

Otra área de investigación prometedora del *Aloe vera L.*, han sido los estudios in vitro, in vivo y algunos ensayos clínicos donde se ha evidenciado sus efectos anticancerosos, sobre todo en los cánceres de mama y de cuello uterino (Sánchez et al., 2020). En el caso del cáncer de mama el mecanismo

molecular por el que se ha visto actúa el *Aloe vera L.*, está relacionado con los receptores de estrógenos en las células MCF-7, que se ha identificado como la línea de cáncer de mama más frecuente, y en el caso del cáncer de cuello uterino, el Aloe actúa sobre las células HeLa.

Otro de los efectos que se le atribuyen al *Aloe vera L.*, está relacionado con la capacidad reguladora de la Diabetes, la evidencia de estudios in vivo indica que disminuye los niveles de glucosa en sangre, al mismo tiempo que estimula la liberación de insulina, parece ser que a través de estimulación de las células beta en los islotes pancreáticos (Sánchez et al., 2020). Se ha notado además que el *Aloe vera*, mejora la nefropatía diabética a través de su mecanismo antioxidante, antiinflamatorio e inductor de apoptosis.

En el sistema cardiovascular se han encontrado hallazgos que hacen pensar que el *Aloe vera L.* tiene efectos destacados a ese nivel. Estudios con ratas de experimentación donde se administró dosis de Aloe de 50 y 100 mg/kg de peso corporal por un período de tiempo de 6 semanas, mostró efectos hipolipemiantes al disminuir los niveles de colesterol total y de lipoproteínas de baja densidad. Mientras que un ensayo clínico aleatorio a doble ciego con dosis de 300 y 500 mg/kg dos veces al día, durante 4 y 8 semanas disminuyó los niveles de colesterol total, triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad en pacientes con diabetes (Sánchez et al., 2020).

### **3.3. Composición química del Aloe vera L**

El *Aloe vera L.*, más conocido por su nombre común como sábila, es una planta que tradicionalmente se ha utilizado por sus propiedades medicinales, y desde el punto de vista nutricional se ha incursionado en los últimos años por sus excelentes propiedades nutricionales. Aunque sus usos fundamentales en este sentido han sido como prebióticos, como coadyuvante en algunas formulaciones

aportando propiedades estabilizadoras y como fuente de fibra. Se conoce que el gel de la citada planta tiene en su composición 50.1 % de fibra, fundamentalmente manano, 37,4 % de otros carbohidratos, 1% de grasa y 2,6% de proteínas, y otras sustancias bioactivas como se ilustra en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1. Composición química del gel de Aloe vera L.**

Composición	Compuestos
Antraquinonas	Acido aloético, antranol, ácido, cinámico, barbaloina, ácido crisofánico, emodina, aloe-emodin, éster de ácido cinámico, aloína, isobarbaloina, antraceno, resistanol.
Vitaminas	Ácido fólico, vitamina B1, colina, vitamina B2, vitamina C, vitamina B3, vitamina E, vitamina B6, betacaroteno.
Minerales	Calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, manganeso, fosforo, cromo
Carbohidratos	Celulosa, galactosa, glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, aldopentosa, glucomanosa, fructuosa, acemanano, L-ramnosa, hemicelulosa,
Enzimas	Amilasa, ciclooxygenasa, carboxipeptidasa, lipasa, bradikinas, catalasa, oxidasa, fosfatasa alcalina, ciclooxygenasa, superoxido dismutasa.
Lípidos y compuestos orgánicos	Esteroides (campesterol, colesterol, $\beta$ -sitosterol), ácido salicílico, sorbato de potasio, triglicéridos, lignina, ácido úrico, saponinas, giberelina, triterpenos.
Aminoácidos	Alanina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, ahistidina, aisoleucina, alisina, ametionina, afenilalanina, prolina, tirosina, atreonina, avalina.

Fuente: Domínguez-Fernández et al. (2012); y Heş et al. (2019).

### ***<sup>a</sup> Indica aminoácidos esenciales***

Como ilustra la tabla 3.2, el *Aloe vera L.*, contiene una serie de aminoácidos los cuales justifican sus posibles efectos

positivos en el desarrollo de la masa muscular al intervenir en el proceso de síntesis de proteínas; dentro de los cuales se pueden destacar la isoleucina y la metionina. La isoleucina en un estudio in vitro con ratas de experimentación incrementó el peso muscular a través de la estimulación de la síntesis de proteínas en el musculo, a la vez que inhibió el catabolismo proteico. Mientras que la metionina extraída de las hojas de la soja aumentó el crecimiento muscular por estimulación del factor miogénico recombinante 5 (Myf5) (Wang et al., 2021).

Otros componentes presentes en el *Aloe vera L.*, y que han demostrado efectos coadyuvantes en el proceso de síntesis de proteínas a nivel muscular, son los minerales, destacando el calcio y el magnesio (Tabla 3.2). La cuarta Encuesta de Salud y Nutrición realizada en Corea arrojó que las personas con bajos niveles de masa muscular tenían una ingesta 2,7 % menor de calcio, que las personas sin afectación en la masa muscular, además se determinó que existía una relación inversa entre la sarcopenia y el consumo de calcio. Similares resultados se apreciaron en las personas con obesidad y en los adultos mayores. En el caso del magnesio, las personas con un consumo, entre 10 y 18% también mostraron disminución significativa en la masa muscular (Wang et al., 2021).

**Tabla 3.2. Cuantificación de micronutrientes esenciales más significativos y compuestos fenólicos en el Aloe vera L.**

Vitaminas (mg/100g)	Minerales (mg/100g)	Compuestos fenólicos totales (mg/100g)
Ácido ascórbico (vitamina C) 127.6	Sodio (Na) 3660	Compuestos fenólicos totales (79.2 mg equivalentes de ácido gálico)
Vitamina E 0.217	Calcio (Ca) 3319	
	Magnesio (Mg) 1536	
	Potasio (K) 4060	

Fuente: Domínguez-Fernández et al. (2012).

En el caso de las vitaminas también se han realizados estudios *in vitro* e *in vivo* sobre sus posibles efectos en la masa muscular, resaltando los beneficios particularmente de la vitamina C y la vitamina E, ambas presentes en la estructura química del *Aloe vera L.* La vitamina C aumentó el rendimiento físico, al disminuir el estrés oxidativo a nivel muscular además de inhibir la caja F de atrofia muscular (MAFbx) y la proteína 1 del dedo anular del músculo (MuRF1) en ratones de experimentación. En el caso de la vitamina E, aumentó la fuerza muscular al disminuir el estrés oxidativo (Wang et al., 2021).

En la composición química del *Aloe vera L.* destaca la presencia de varias sustancias bioactivas, resaltando particularmente a los compuestos fenólicos como se muestra en la tabla 3.3. que presentan efectos antioxidantes (Heş et al., 2019), y como ya se conoce la oxidación celular se encuentra implicada en la degeneración de la masa muscular. En este sentido dichos compuestos intervienen en la expresión de los genes implicados en el estrés oxidativo y la inflamación, que a la vez activan las vías de señalización de la IGF-1; todo ello se puede traducir en un posible incremento de la masa muscular y la fuerza (Wang et al., 2021).

**Tabla 3.3. Contenido de polifenoles presentes en el Aloe vera L.**

Compuestos fenólicos	Piel de hojas (mg/100g)	Flores (mg/100g)
Catequina	95.0	7.6
Ácido sinámico	54.0	15.0
Quercetina	34.4	No detectado
Quercitrina	23.0	31,9
Rutina	22.3	11.6
Miricetina	19.6	1.8
Épicatequina	16.2	58.0
Ácido genticico	6.0	101.0

Fuente: Heş et al. (2019).

Una de las propiedades más notables del *Aloe vera L.*, se les atribuye a sus potentes efectos antioxidantes, en los que además de las sustancias fenólicas descritas en la tabla 3.3, también se incluyen las vitaminas C y E además de enzimas que se encuentran distribuidas en diferentes partes de la planta como se muestra en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4. Actividades antioxidantes de las diferentes partes del *Aloe vera L.***

Muestra	Métodos	Actividad antioxidante
Extracto acuoso de gel	Eliminación de radicales DPPH (%)	11.93
	Poder reductor férrico ( $\mu\text{M Fe (II)/kg}$ )	59.12
Extracto etanólico de gel	Eliminación de radicales DPPH (%)	6.56
	Poder reductor férrico ( $\mu\text{M Fe (II)/kg}$ )	26.51
Extracto etanólico de piel	Eliminación de radicales DPPH (%)	85.01
	Poder reductor férrico ( $\mu\text{M Fe (II)/kg}$ )	185.98
Extracto metanólico de piel	Eliminación de radicales DPPH (%)	58.80
	Poder reductor férrico (mM de Fe (III) reducido a Fe (II))	2.40
Extracto metanólico de flores	Eliminación de radicales DPPH (%)	53.00
Extracto metanólico de flores	Poder reductor férrico (mM de Fe (III) reducido a Fe (II))	1.70
Gel	Eliminación de radicales DPPH (%)	13.52
	Eliminación de radicales hidroxilos (%)	11.74
	Eliminación de radicales superóxidos (%)	53.86
	Actividad quelante de metales (%)	81.27

Extracto metanólico de gel	Eliminación de radicales DPPH (%)	10.24
	Eliminación de radicales hidroxilos (%)	48.01
	Eliminación de radicales superóxidos (%)	31.72
	Actividad quelante de metales (%)	48.02
Gel de hoja liofilizado	Capacidad de absorción de radicales de oxígeno ( $\mu\text{M}$ de TE a /g dm)	59.00
	Poder reductor férrico ( $\mu\text{M/g}$ dm)	2.63

Fuente: Heş et al. (2019).

**Tabla 3.4. Actividades antioxidantes de las diferentes partes del Aloe vera L. (Continuación)**

Muestra	Métodos	Actividad antioxidante
Extractos hidroalcohólico de gel	Capacidad de absorción de radicales de oxígeno ( $\mu\text{M}$ de TE/g dm)	83.00
	Poder reductor férrico ( $\mu\text{M/g}$ dm)	8.98
Extracto de hoja	Eliminación de radicales DPPH ( $\text{IC}_{50}^b$ mg/mL)	Metanol (0,086) > etanol (0,288) = acetona (0,288) > extracto acuoso (0,517)
	Eliminación de radicales catiónicos ABTS ( $\text{IC}_{50}$ mg/mL)	Metanol (0,02) > acetona (0,033) > etanol (0,062) > extractos acuosos (0,173)
	Poder reductor férrico (absorbancia)	Etanol > acetona > metanol > extractos acuosos
	Eliminación de óxido nítrico ( $\text{IC}_{50}$ mg/mL)	Metanol (0,023) > etanol (0,024) > acuoso (0,074) > extractos de acetona (0,077)
	Eliminación de peróxido de hidrógeno (%)	Extracto acuoso de acetona < etanol < metanol
	Peroxidación lipídica (TBARS $^c$ ) ( $\text{IC}_{50}$ mg/mL)	Metanol (0.930) > etanol (1.270) > acetona (1.492) extracto acuoso (1.837)

Hoja entera liofilizada		48.20
Piel de hoja liofilizada	Eliminación de radicales por método DPPH-HPLC (mM de TE/g)	35.00
Piel de hoja hervida		61.60
Gel de hoja liofilizado	Capacidad de absorción de radicales de oxígeno ( $\mu\text{M}$ de TE/g dm)	53.00
	Poder reductor férrico ( $\mu\text{M}$ /g dm)	4.90

Fuente: Heş et al. (2019).

**Tabla 3.5. Actividades antioxidantes de las diferentes partes del Aloe vera L. (Continuación)**

Muestra	Métodos	Actividad antioxidante
Extractos etanólicos de gel	Capacidad de absorción de radicales de oxígeno ( $\mu\text{M}$ de TE/g dm)	136.00
	Poder reductor férrico ( $\mu\text{M}$ /g dm)	19.00
Extracto metanólico de hojas de aloe	Eliminación de radicales DPPH ( $\text{EC}_{50}^{\text{d}}$ ) ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	10.45
	Poder reductor férrico (absorbancia)	~ 0,50
Látex de las hojas de Aloe	Eliminación de radicales DPPH ( $\text{IC}_{50}$ ) ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	14.21
	Ensayo de degradación de 2-desoxirribosa ( $\text{IC}_{50}$ ) ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	17.24
Extracto de etanol de hoja de Aloe	Eliminación de radicales DPPH ( $\text{IC}_{50}$ ) ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	73.00
	Ensayo de inhibición de la actividad de xantina oxidasa ( $\text{IC}_{50}$ ) ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	85.00
Gel de Aloe	Eliminación de radicales DPPH ( $\text{IC}_{50}$ ) ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	572.14
	Eliminación de radicales catiónicos ABTS ( $\text{IC}_{50}$ ) ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	105.26
	Eliminación de óxido nítrico ( $\text{IC}_{50}$ ) ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	46.36

Extractos etanólicos de hoja de Aloe Barbadensis	Eliminación de radicales DPPH ( $\mu\text{M}$ de TE)	108.00
	Capacidad de absorción de radicales de oxígeno ( $\mu\text{M}$ de TE)	1281.00

Fuente: Heş et al. (2019).

**Tabla 3.6. Actividades antioxidantes de las diferentes partes del Aloe vera L. (Continuación)**

Muestra	Métodos	Actividad antioxidante
Extractos etanólicos de hoja de Aloe Arborescens	Eliminación de radicales DPPH ( $\mu\text{M}$ de TE)	71.00
	Capacidad de absorción de radicales de oxígeno ( $\mu\text{M}$ de TE)	2671.00
Extracto acuoso de Aloe	Eliminación de radicales DPPH (mg de TE/g dm)	8.87
	Eliminación de radicales catiónicos ABTS (mg de TE/g dm)	0.87
	Actividad quelante de metales (mg de EDTA <sup>e</sup> /g dm)	8.76
	Sistema de emulsión (Wo) <sup>f</sup>	0.96
Extracto etanólico de flores de Aloe	Eliminación de radicales DPPH (IC <sub>50</sub> mg/mL)	0.25
	Eliminación de radicales catiónicos ABTS (IC <sub>50</sub> mg/mL)	0.30
	Poder reductor férrico (EC <sub>50</sub> mg/mL)	2.10
	Eliminación de nitritos (IC <sub>50</sub> mg/mL)	0.92

Extractos meta- nólicos de hoja de Aloe	Eliminación de radicales DPPH (%)	56,75–80,20
	Actividad quelante de metales (%)	55,00–80,00
	Eliminación de peróxido de hidrógeno (%)	58,54–81,10
	Poder reductor férrico (absorbancia)	0,6–0,8
	Ensayo de $\beta$ caroteno-linoleico (%)	59,60–74,40

Fuente: Heş et al. (2019).

**Tabla 3.7. Actividades antioxidantes de las diferentes partes del Aloe vera L. (Continuación)**

Hojas de Aloe Barbadensis	Poder reductor férrico (absorbancia)	Extracción con agitador: metanol absoluto (2.01), metanol acuoso (80%) (2.81), etanol absoluto (1.56), etanol acuoso (80%) (2.16)
		Extracción por reflujo: metanol absoluto (2.18), metanol acuoso (80%) (2.96), etanol absoluto (1.72), etanol acuoso (80%) (1.88)
	Eliminación de radicales DPPH (%)	Extracción con agitador: metanol absoluto (73,7), metanol acuoso (80 %) (80,1), etanol absoluto (67,2), etanol acuoso (80 %) (70,7)
		Extracción por reflujo: metanol absoluto (72,9), metanol acuoso (80%) (77,6), etanol absoluto (68,0), etanol acuoso (80%) (71,9)
	Inhibición de la peroxidación del ácido linoleico (%)	Extracción con agitador: metanol absoluto (66,2), metanol acuoso (80 %) (68,3), etanol absoluto (63,7), etanol acuoso (80 %) (65,9)
		Extracción por reflujo: metanol absoluto (64.3), metanol acuoso (80%) (67.9), etanol absoluto (66.2), etanol acuoso (80%) (67.3)

Fuente: Heş et al. (2019).

**<sup>a</sup> TE - Equivalentes de Trolox**

**<sup>b</sup> IC<sub>50</sub>: la concentración a la que se inhibe el 50 %**

**<sup>c</sup> TBARS – Sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico**

**<sup>d</sup> EC<sub>50</sub> – Concentración efectiva a la que la absorbancia es 0,5**

**<sup>e</sup> EDTA: equivalentes de ácido etilendiaminotetraacético**

**<sup>f</sup> Wo – Eficiencia antioxidante (Wo > 0 propiedades antioxidantes, Wo < 0 propiedades prooxidativas del aditivo)**

**<sup>g</sup> DPPH-2,2-Difenil-1-picrilhidracilo (reactivo para medir la capacidad antioxidante)**

**<sup>h</sup> HPLC- cromatografía líquida de alta resolución**

De manera general los metabolitos secundarios presentes en diferentes plantas dentro de las cuales se incluye el Aloe vera L. han mostrado efectos beneficiosos sobre el desarrollo de la masa muscular ya sea por estimulación de la síntesis de proteínas o por contrarrestar el catabolismo proteico a nivel muscular (Tabla 3.5, 3.6 y 3.7). Los mecanismos por los cuales se logran estos efectos pueden ser varios, pero destacan el efecto antioxidante, antiinflamatorio, regulación de la expresión genética, mejora en la diferenciación de mioblastos, entre otros (Wang et al., 2021).

En la industria alimentaria el *Aloe vera* L., ha sido ampliamente utilizado solo o en combinación con otros productos de origen natural. Los usos como nutracéuticos en combinación con otras sustancias han sido disímiles: en formulaciones de yogurt, como partículas estabilizadoras en fresas, bebidas energizantes en combinación con maracuyá y guanábana, bebidas hipolipemiente en el control del peso corporal y diabetes, entre otros. En la industria alimenticia se ha usado

también el Aloe vera en confiterías, mezclado con chocolate y otros productos (Fatouros, 2020; Tada et al., 2020).

Por la alta concentración de fibras que contiene el *Aloe vera*, ha sido usado como prebiótico en determinadas formulaciones de nutraceuticos. Tal es el caso de una investigación realizada para evaluar el crecimiento de *Lactobacillus plantarum* (NCIMB 11718) y *Lactobacillus casei* (NRRL -1445), en ambos casos se pudo valorar una elevada capacidad prebiótica del Aloe, debido al desarrollo de ambos microorganismos. Para el *Lactobacillus plantarum* hubo un crecimiento de  $1 \times 10^9$  y de  $1 \times 10^{11}$  UFC/mL para *Lactobacillus casei* (González et al., 2008).

Por la alta concentración de fibras que contiene el *Aloe vera*, ha sido usado como prebiótico en determinadas formulaciones de nutraceuticos. Tal es el caso de una investigación realizada para evaluar el crecimiento de *Lactobacillus plantarum* (NCIMB 11718) y *Lactobacillus casei* (NRRL -1445), en ambos casos se pudo valorar una elevada capacidad prebiótica del Aloe, debido al desarrollo de ambos microorganismos. Para el *Lactobacillus plantarum* hubo un crecimiento de  $1 \times 10^9$  y de  $1 \times 10^{11}$  UFC/mL para *Lactobacillus casei* (González et al., 2008).

Un aspecto importante por considerar en la presente investigación es el uso concomitante del *Aloe vera L.* con la dieta, que en sí puede ser un complemento adecuado para la actuación ante la prevención de las enfermedades que predisponen el padecimiento de la sarcopenia, resaltando las cardiovasculares. El consumo elevado de polifenoles; abundantes en determinadas dietas como la mediterránea, por ejemplo, ha mostrado una disminución de enfermedades cardiovasculares en un 46%, con respecto a los que no la consumen, que además constituyen una de las primeras causas de muertes a nivel mundial, tanto en países desarrollados como los países en desarrollo (Urquiaga et al., 2017).

### 3.4. Relación entre la composición química del Aloe vera L. y posibles mecanismos de acción en el desarrollo de la masa muscular

El *Aloe vera L.* es una planta que ha sido utilizada durante siglos por sus propiedades medicinales y nutricionales. Se ha demostrado que el *Aloe vera L.* tiene efectos beneficiosos sobre la salud de diversos órganos y sistemas del cuerpo, incluido el sistema muscular (Rahmani et al., 2015). Existen varios posibles mecanismos por los que el Aloe vera L. podría mejorar la masa muscular, que se detallan a continuación.

El daño muscular implica una mayor inflamación que puede ocurrir debido a un ejercicio intenso. Para ello el *Aloe vera L.* tiene compuestos antiinflamatorios y antioxidantes que pueden disminuir el daño muscular y facilitar la recuperación. La evidencia científica señala que los compuestos bioactivos del *Aloe vera L.*, donde resaltan la aloína, el ácido aloético y los polifenoles, han demostrado propiedades antiinflamatorias y antioxidantes que mitigan la oxidación y la inflamación en los músculos (Domínguez-Fernández et al., 2012; Rahmani et al., 2015).

Varios estudios (Domínguez-Fernández et al., 2012; Rahmani et al., 2015) han demostrado los efectos de los fenoles en el crecimiento y la diferenciación de las células musculares. Se ha identificado que algunos compuestos fenólicos estimulan la proliferación celular y la diferenciación de células musculares maduras, en diferentes especies. Igualmente se ha demostrado los efectos de los fenoles en el metabolismo muscular, particularmente en el metabolismo de carbohidratos y lípidos contribuyendo a mejorar el rendimiento, la reparación, y la salud muscular en general.

Además de estas propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, los polifenoles también se han estudiado como posibles inductores de la expresión génica en relación con la síntesis de proteínas musculares. Algunos autores indican que ciertos polifenoles, como los flavonoides, podrían modular la vía de señalización del factor de crecimiento

similar a la insulina y la vía mTOR, que juegan un papel crucial en la síntesis de proteínas y el crecimiento muscular (Rahmani et al., 2015; Vázquez-Ovando et al., 2016).

A la luz de estos hallazgos, los polifenoles parecen ejercer efectos beneficiosos sobre la masa muscular, posiblemente regulando la expresión de genes asociados con la hipertrofia muscular. Sin embargo, se necesitan más estudios para conocer los mecanismos exactos mediante los cuales tienen lugar estos procesos y su traducción a aplicaciones prácticas para la salud muscular.

La síntesis de proteínas musculares es un proceso esencial para el crecimiento y la reparación del músculo. Los hallazgos disponibles sugieren que el *Aloe vera L.* podría aumentar la síntesis de proteínas musculares a través de diferentes mecanismos. Por ejemplo, varios estudios han demostrado que los polisacáridos presentes en esta planta incrementan la actividad de mTOR. Esta proteína es responsable del control de la síntesis de proteínas musculares. En segundo lugar, como se mencionó, los aminoácidos son sustratos esenciales para la síntesis de proteínas y con ello el crecimiento muscular. Se identificó que existe un gran número de aminoácidos presentes en el *Aloe vera L.*; Alanina; ácido aspártico; arginina; ácido glutámico; glicina; histidina; isoleucina; lisina; metionina; fenilalanina; prolina; tirosina; treonina y valina (Domínguez-Fernández et al., 2012; Rahmani et al., 2015; Heş et al., 2019).

Además, los aminoácidos también estimulan la ruta metabólica mTOR. La vía mTOR regula el crecimiento y la proliferación celular, así como la síntesis de proteínas y la respuesta a factores de crecimiento. En el músculo esquelético, la vía mTOR ejerce un papel clave en el desarrollo y la hipertrofia muscular (Chen et al., 2020).

Según la evidencia científica disponible, la activación de la vía mTOR en el músculo esquelético es inducida por estímulos anabólicos, como el ejercicio de resistencia,

la ingesta de proteínas y la administración de hormonas anabólicas, incluida la testosterona y la hormona de crecimiento. La activación de mTOR conduce a la síntesis de proteínas inductora de hipertrofia mediante la captación de aminoácidos, y por consiguiente la prevención del catabolismo de proteínas en el músculo (Chen et al., 2020).

La ruta metabólica mTOR también induce el anabolismo proteico, a través de la estimulación de la transcripción de genes involucrados en la síntesis de proteínas musculares, como la miogénica y el factor de crecimiento semejante a la insulina tipo 1. La citada ruta metabólica reduce la degradación de proteínas mediante la inactivación de sistemas de degradación proteica mediado por lisosomas (Chen et al., 2020).

Según Van den Akker et al. (2022), los aminoácidos tienen la posibilidad de estimular la síntesis de proteínas por una combinación de mecanismos que involucra la activación de la vía mTOR, el incremento de la disponibilidad de aminoácidos, la promoción de hormonas anabólicas y la activación directa de síntesis de proteínas. Por lo tanto, estos mecanismos refuerzan la hipótesis de que los aminoácidos sean el nutriente fundamental para proceso de síntesis de proteínas

A la estimulación hormonal por parte de los aminoácidos en el organismo humano se le atribuye una de las vías más contundente para la estimulación del desarrollo de la masa muscular. Se estima que dicha estimulación se base fundamentalmente en los siguientes mecanismos:

Estimulación de la liberación de insulina: Algunos aminoácidos pueden estimular directamente al páncreas a liberar insulina en la sangre. La insulina es una hormona anabólica que promueve la síntesis de proteínas y, por lo tanto, puede promover el crecimiento muscular. Después de una comida rica en proteínas, niveles más altos de aminoácidos en la sangre deben ser transportados por la insulina a las células del músculo. La insulina puede activar

la vía mTOR y estimula aún más la síntesis de proteínas (Van den Akker et al., 2022).

Estimulación de la liberación de hormona de crecimiento (HGH). Por otro lado, los aminoácidos pueden actuar como secretagogos y estimular la liberación de la hormona de crecimiento humano por la glándula pituitaria. La HGH es una hormona anabólica que facilita la síntesis de proteínas y la hipertrofia del tejido muscular. Algunos aminoácidos de manera individual pueden estimular la liberación de hormona de crecimiento, tal es el caso de la Leucina, lo que facilita la unión de dicha hormona a sus receptores a nivel celular y con ello estimular la síntesis de proteínas (Van den Akker et al., 2022).

Estimulación de la producción de IGF-1. Los aminoácidos también pueden estimular la producción de factor de crecimiento similar a la insulina 1. El IGF-1 es una hormona anabólica que es producida en el hígado y los músculos en respuesta a la estimulación de la hormona de crecimiento. El IGF-1 ayuda a promover el crecimiento y la reparación muscular al estimular la síntesis de proteínas y la proliferación celular (Van den Akker et al., 2022).

### **Efectos de los minerales presentes en el *Aloe vera L* sobre la masa muscular**

Las vitaminas y los minerales son nutrientes esenciales para el correcto funcionamiento del organismo, incluyendo el mantenimiento y desarrollo de la masa muscular (Sánchez-Oliver et al., 2021). A continuación, se describen algunos de los efectos más relevantes de los minerales presentes en el *Aloe vera L*. sobre la masa muscular:

El calcio es un mineral esencial para la salud ósea y muscular. Los niveles bajos de calcio en el organismo se asocian con una disminución de la masa muscular y una mayor probabilidad de padecimiento de sarcopenia. Adicional a ello, el calcio juega un rol decisivo en la construcción muscular, además de estar involucrado en la regulación

del proceso de síntesis de proteínas musculares. Se ha identificado que se requieren niveles adecuados de calcio intracelular para la activación de las vías de señalización implicadas en la síntesis de proteínas musculares. Esta última es esencial durante el crecimiento en la respuesta tisular tras el daño. En cambio, la deficiencia de calcio se ha relacionado con una habilidad reducida del músculo para sintetizar proteínas, lo que lleva posiblemente a una disminución en la masa muscular (Taylor, 2022).

Por tanto, el calcio no solo es crucial para la función contráctil muscular, sino que también puede desempeñar un papel en la regulación de la síntesis proteica muscular, destacando su importancia en el mantenimiento de la salud y la función muscular (Taylor, 2022).

El zinc es otro mineral esencial para la síntesis de proteínas y la reparación del músculo. La deficiencia de zinc se ha encontrado relacionada con una disminución en la masa muscular y un aumento del riesgo de sarcopenia. El zinc, además de su función en la síntesis proteica muscular, está relacionado con la función inmunológica y de la respuesta inflamatoria. Ambas juegan un papel clave en la salud y recuperación del músculo. La deficiencia del mineral ha demostrado comprometer la función inmunológica, en la cual el organismo se torna incapaz de recuperarse luego de realización ejercicio o lesiones musculares (Sánchez-Oliver et al., 2021).

Según Sánchez-Oliver et al. (2021), el zinc ejerce protagonismo en la reducción del estrés oxidativo, lo que hace que las células musculares sean más resistentes al daño que podrían causar los radicales libres provocados por el intenso entrenamiento. Por lo tanto, el zinc es un mineral crucial en la síntesis de proteínas musculares, la función inmunogénica y la reducción del estrés oxidativo, que son procesos fundamentales para determinar la recuperación muscular

El magnesio tiene un papel esencial en la contracción muscular y la producción de energía. Además, también puede estar involucrado en la síntesis de proteínas musculares. Hasta cierto punto, se ha teorizado que el magnesio juega un papel en la activación de vías de señalización específicas de la célula en la síntesis de proteínas musculares. Esta teoría se establece a punto de partida de su función como cofactor enzimático en varias reacciones metabólicas, algunas de las cuales están relacionadas con la síntesis de proteínas. Aunque se debe destacar que la hipótesis anterior no ha sido del todo esclarecida, se necesitan más investigaciones que demuestren el mecanismo molecular exacto del magnesio en el mencionado proceso (Taylor, 2022).

Taylor (2022), plantea que otra vía en la que el magnesio es clave es la modulación de la expresión de genes que codifican para la síntesis de proteínas. El magnesio actúa como cofactor de la ARN polimerasa, una enzima involucrada en la transcripción del ADN y la síntesis de ARN mensajero. Al ser un cofactor esencial para la ARN polimerasa, el magnesio incrementa la síntesis de ARN mensajero que se produce en el músculo, permitiendo la producción de ARNm específico de proteínas musculares. En consecuencia, una mayor cantidad de proteínas musculares garantiza un equilibrio proteico neto positivo. Estas vías metabólicas y de señalización molecular indican la importancia y la función crítica del magnesio en la síntesis de proteínas en el músculo esquelético.

Aparte de la función coordinada en la excitabilidad y contracción muscular, el papel del sodio y potasio en la regulación del equilibrio hídrico y la osmorregulación también puede influir de forma indirecta en la masa muscular. Un equilibrio adecuado de sodio y de potasio es crucial para garantizar la hidratación celular óptima, que también tiene un impacto sobre la función y el rendimiento muscular. El desequilibrio de los electrolitos puede comprometer la

capacidad de las células musculares para llevar a cabo sus funciones de manera óptima, y consecuentemente, afectar la masa muscular y su integridad física. En general, el sodio y el potasio son determinantes para la actividad neuromuscular, la contracción y relajación muscular, así como para el equilibrio hídrico intra y extracelular, y pueden influir en la salud y función muscular (Fusch, 2022).

### ***Efectos de las vitaminas presentes en el Aloe vera L sobre la masa muscular***

La vitamina C es un antioxidante que protege las células musculares contra el daño causado por el estrés oxidativo que se genera con el ejercicio intenso, la edad y en general, con situaciones de estrés. Además de su acción antioxidante, se ha sugerido que la vitamina C también podría intervenir en la síntesis de colágeno, una proteína fundamental en la constitución del tejido conectivo, que conforma los tendones y ligamentos vinculados a la musculatura. Aunque la relación directa con la masa muscular aún se está dilucidando con mayor profundidad, se puede establecer que una adecuada concentración de colágeno puede tener un impacto directo en la conservación de la salud y función muscular. Sin embargo, se requieren más investigaciones para comprender completamente el papel específico de la vitamina C en la masa muscular y su influencia en los procesos de síntesis proteica y mantenimiento de la estructura muscular (Benardot, 2019; Doseděl et al., 2021).

La vitamina E constituye uno de los antioxidantes lipídico más importante en la protección de la membrana celular contra el daño oxidativo. Independientemente de su efecto antioxidante, se ha postulado que la vitamina E podría influir en la función mitocondrial y en la expresión de genes relacionados con la actividad antioxidante y la regeneración muscular. De manera que los efectos antioxidantes de

la vitamina E en las mitocondrias puede proteger este orgánulo clave en el metabolismo energético de la célula y también proporcionar un entorno metabólico más saludable en el músculo. Por ende, su uso adecuado puede tener un impacto mayor en la adaptación y recuperación después del ejercicio del tejido del músculo esquelético. Sin embargo, aunque existen indicios de estos posibles efectos, se requiere de más investigación para comprender completamente el papel específico de la vitamina E en la masa muscular y su implicación en los procesos fisiológicos musculares (Benardot, 2019).

Estudios preliminares realizados por Rojas Salazar et al. (2017); y Gao et al. (2019), han sugerido que ciertos compuestos y los aminoácidos del Aloe vera L pueden estar relacionados con una mejora en la síntesis proteica muscular o presentar propiedades antiinflamatorias que medien en la recuperación muscular. Las afirmaciones anteriores se basan en experimentos con animales por lo que no han sido concluyentes para extrapolarlos a la práctica con humanos. Por ende, se necesita una mayor investigación clínica específica que evalúe directamente la influencia del Aloe vera L en la ganancia de masa muscular en adultos para comprender su verdadero potencial en este contexto

Aun cuando sean realizados estudios (Rahmani et al., 2015; Ramirez, 2019; Tada et al., 2020) que apuntan a ciertos beneficios potenciales del *Aloe vera L* en la mejora de la salud, existen brechas significativas en el área de la ganancia de masa muscular. El principal vacío científico se explica por la ausencia de estudios clínicos que fundamenten los mecanismos moleculares exactos, a través de los cuales las sustancias bioactivas presente en el Aloe vera L pueden contribuir al desarrollo de la masa muscular.

## Conclusiones

Esta obra ha reseñado profundamente la evidencia científica sobre la pérdida de la masa muscular, su significado clínico y la factibilidad de la administración de *Aloe vera L.* en forma de nutracéutico en la prevención y preservación muscular. La sarcopenia es el problema de salud más frecuente relacionado con la pérdida de masa muscular. La citada enfermedad afecta entre el 5-13% de los sujetos de entre 60 y 70 años y a más del 50% de los que superan los 80 años. En Ecuador, aunque faltan datos epidemiológicos precisos, la convergencia de factores como el envejecimiento poblacional, la alta prevalencia de inactividad física (21,7% en adultos de 19-69 años) y la deficiencia en la ingesta proteica adecuada pone en riesgo a una proporción significativa de la población adulta.

Los mecanismos fisiopatológicos de la pérdida de masa muscular son multifactoriales e incluyen cambios hormonales, inflamación crónica de bajo grado, estrés oxidativo, resistencia anabólica y alteraciones en la biogénesis mitocondrial. Dichos procesos tienen un gran impacto en la salud global que, a su vez, lleva al incremento del riesgo de diversas comorbilidades, como la osteoporosis, la disfunción sexual, las enfermedades cardiovasculares, una mayor incidencia de lesiones musculoesqueléticas, el deterioro cognitivo y la muerte.

Las intervenciones no farmacológicas son más efectivas en comparación con las farmacológicas para el mantenimiento y el desarrollo de la masa muscular. Queda claramente demostrado por la evidencia científica disponible que la combinación de ejercicio de resistencia 2-3 veces/semana durante al menos 12 semanas con una ingesta proteica adecuada 1-1.5 g/kg/día es la estrategia más eficaz. El tiempo de consumo y la calidad de las proteínas, preferiblemente la proteína post-entrenamiento, también son elementos clave para la síntesis de proteínas musculares.

Acerca del *Aloe vera L.*, la evidencia apunta a un potencial significativo como nutracéutico para el mantenimiento y desarrollo de la masa muscular. Sus nutrientes más destacados incluyen aminoácidos, minerales (calcio, magnesio, zinc), vitaminas, como la C y E, y compuestos bioactivos con propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. Los compuestos anteriores pueden actuar sinérgicamente a través de varios mecanismos en la síntesis de proteínas en masa muscular. Además, reducen las proteólisis muscular a nivel local y sistémico y aportan propiedades antiinflamatorias y antioxidantes.

La pérdida de masa muscular es un problema de salud multifactorial con graves implicaciones clínicas que requieren un enfoque integrador. Si bien la evidencia científica sugiere que el ejercicio físico de resistencia y el consumo adecuado de proteínas en la dieta, constituyen las estrategias de intervención más efectiva para el mantenimiento y desarrollo de la masa muscular, parece ser que las sustancias bioactivas presente en el *Aloe vera L.*, constituyen un complemento nutracéutico prometedor para aquellas personas donde sea necesario la suplementación. Adicionalmente, el bajo costo, la amplia disponibilidad, y el historial de seguridad satisfactorio del *Aloe vera L.*, lo convierte en una opción a tomar en cuenta para el desarrollo de estudios clínicos enfocados en el desarrollo de la masa muscular.

No obstante, es importante destacar que la mayor parte de estos mecanismos han sido identificados en condiciones *in vitro* o utilizando animales, y hay pocos estudios clínicos relacionados con los efectos del *Aloe vera L.* sobre la masa muscular en los seres humanos. Atendiendo a esta carencia, parece lógico la realización de ensayos clínicos controlados que examinen la eficacia del *Aloe vera L.* como nutracéutico para la prevención y la intervención en la sarcopenia.

## Referencias Bibliográficas

- Abarca Melendez, R. C. (2022). Uso de plantas medicinales y alimentos funcionales—Nutracéuticos para la prevención y/o complemento del tratamiento del Covid-19 de acuerdo con la información en medios digitales, de mayo a diciembre del 2020. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Acuña-San Martín, M. A., Gallardo-González, R. P., Acuña-San Martín, M. A., & Gallardo-González, R. P. (2021). Implante de testosterona para la mujer, evaluación de seguridad y efectividad en esta vía de administración. *Revista Chilena de Obstetricia y Ginecología*, 86(6), 516-520. <https://doi.org/10.24875/rechog.m21000039>
- Agost Felip, M. R., Martín Alfonso, L., Moreno Sandoval, A., Agost Felip, M. R., Martín Alfonso, L., & Moreno Sandoval, A. (2021). Políticas públicas sobre envejecimiento poblacional promulgadas en el contexto internacional, europeo y español entre 1982-2017. *Revista Cubana de Salud Pública*, 47(1). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0864-34662021000100017&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-34662021000100017&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Ahlawat, K. S., & Khatkar, B. S. (2011). Processing, food applications and safety of aloe vera products: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 48(5), 525-533. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0229-z>
- Alarcón-Aguilar, A., Maycotte-González, P., Cortés-Hernández, P., López-Diazguerrero, N. E., & Königsberg, M. (2019). Dinámica mitocondrial en las enfermedades neurodegenerativas. *Gaceta Medica De Mexico*, 155(3), 276-283. <https://doi.org/10.24875/GMM.18004337>
- Almeida Nogueira, R., Sechim Moreira, R., & Carvalho, L. (2021). Manipulação gênica: A possibilidade de inibição da miostatina para hipertrofia muscular. *Revista Artigos. Com*, 27. <https://acervomais.com.br/index.php/artigos/article/view/7328>

Alonso Izquierdo, L. (2018). Aplicaciones del análisis de bioimpedancia en la evaluación de la composición corporal en niños con sobrepeso y obesidad. (Trabajo de fin de grado). Universidad de Valladolid.

Alvero-Cruz, J. R., Gómez, L. C., Ronconi, M., & Vázquez, R. F. (2011). La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: Normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(4), 167-174. <https://www.redalyc.org/pdf/3233/323327668006.pdf>

Alzate Yepes, T. (2020). La obesidad sarcopénica en los adultos mayores. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 22(2), 133-136. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v22n2a01>

Amador-Licon, N., Moreno-Vargas, E.-V., Martínez-Cordero, C. (2018). Ingesta de proteína, lípidos séricos y fuerza muscular en ancianos. *Nutrición Hospitalaria*, 35(1), 65-70. <https://doi.org/10.20960/nh.1368>

Arosio, B., Calvani, R., Ferri, E., Coelho-Junior, H. J., Carandina, A., Campanelli, F., Ghiglieri, V., Marzetti, E., & Picca, A. (2023). Sarcopenia and Cognitive Decline in Older Adults: Targeting the Muscle-Brain Axis. *Nutrients*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/nu15081853>

Aulton, M. (2004). *Farmacía. La ciencia del diseño de las formas farmacéuticas*. Elsevier.

Bahamondes-Ávila, C., Ponce-Fuentes, F., Chahin Inostroza, N. P., Bracho-Milic, F., & Navarrete-Hidalgo, C. (2020). Entrenamiento de fuerza con restricción parcial del flujo sanguíneo en adultos mayores con sarcopenia. *Revista Cubana De Salud Pública*, 46(3). <https://revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/view/1105>

Baratta, S. J., Atamañuk, A. N., Santucci, J. C., & Perrone, S. V. (2021). Rol de los péptidos natriuréticos en insuficiencia cardíaca: El fino equilibrio entre la medicina de precisión y la optimización de los recursos. *Insuficiencia cardíaca*, 16(3), 90-96. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1852-38622021000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1852-38622021000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Barona Zaldumbide, A. (2019). Saberes ancestrales de las plantas medicinales utilizadas en los barrios de Sangolquí, Rumiñahui, Pichincha-Ecuador 2018-2019. (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador.

Barrientos-Calvo, I., Picado-Ovares, E., Barrientos-Calvo, I., & Picado-Ovares, E. (2021). Prevalencia de sarcopenia en población adulta mayor en Costa Rica. *Acta Médica Costarricense*, 63(2), 122-130. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0001-60022021000200122&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0001-60022021000200122&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Bauce, G. (2022). Índice de masa corporal, peso ideal y porcentaje de grasa corporal en personas de diferentes grupos etarios. *Revista Digital de Postgrado*, 11(1). [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_dp/article/view/22824](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_dp/article/view/22824)

Bauer, J., Morley, J. E., Schols, A. M. W. J., Ferrucci, L., Cruz-Jentoft, A. J., Dent, E., Baracos, V. E., Crawford, J. A., Doehner, W., Heymsfield, S. B., Jatoi, A., Kalantar-Zadeh, K., Lainscak, M., Landi, F., Laviano, A., Mancuso, M., Muscaritoli, M., Prado, C. M., Strasser, F., von Haehling, S., Coats, A., & Anker, S. D. (2019). Sarcopenia: A Time for Action. An SCWD Position Paper. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 10(5), 956–961. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12483>

Bazán, P. L., Padini, E., Borri, Á. E., Medina, M., & Becerra, J. F. C. (2023). Utilidad de la medición de los músculos psoas y paraespinales mediante tomografía computarizada y resonancia magnética. *Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología*, 88(2). <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2023.88.2.1512>

Benardot, D. (2019). *ACSM's nutrition for exercise science*. Wolters Kluwer Health.

Benavides-Endara, P., Ramos-Galarza, C., Benavides-Endara, P., & Ramos-Galarza, C. (2019). Fundamentos Neurobiológicos Del Sueño. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 28(3), 73-80. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2631-25812019000300073&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2631-25812019000300073&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Berezin, A. E., Berezin, A. A., & Lichtenauer, M. (2021). Myokines and Heart Failure: Challenging Role in Adverse Cardiac Remodeling, Myopathy, and Clinical Outcomes. *Disease markers*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6644631>

Bernal Rivera, J. E., & Ricaurte Neira, A. F. (2022). Análisis de la estabilidad de cuatro formulaciones magistrales con omeprazol en suspensión oral pediátrica, elaboradas con diferentes vehículos. (Trabajo de fin de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Bird, J. K., Troesch, B., Warnke, I., & Calder, P. C. (2021). The effect of long chain omega-3 polyunsaturated fatty acids on muscle mass and function in sarcopenia: A scoping systematic review and meta-analysis. *Clinical nutrition ESPEN*, 46, 73–86. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.10.011>

- Bustamante Hernández, M. B., Garduño García, J. de J., Montenegro Morales, L. P., Camarillo Romero, E. del S., Bravo, G. H., & Camarillo Romero, M. S. (2021). Sarcopenia, neuropatía periférica y enfermedad arterial periférica en pacientes con diabetes mellitus sometidos a hemodiálisis. *Revista De Nefrología, Diálisis Y Trasplante*, 41(3), 151-158. <https://www.revistarenal.org.ar/index.php/rndt/article/view/679>
- Campoverde Clavijo, K. K., & Suárez Avilez, C. A. (2023). Determinación de mercurio, arsénico, plomo en ananas comusus mediante espectrofotometría de absorción atómica en la Hacienda Inés María (Parroquia Simón Bolívar). (Trabajo de fin de grado). Universidad de Guayaquil.
- Campoverde, F., & Maldonado, J. (2021). Valoración de independencia funcional en pacientes geriátricos. *Revista Médica Vozandes*, 31(2), 56-64. <https://doi.org/10.48018/rmv.v31.i2.8>
- Caneo, C., Aedo, I., Riquelme, M. J., & Fardella, C. (2020). Disfunción tiroidea y trastornos del ánimo: Revisión del estado del arte. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 31(2), 122-129. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2020.01.003>
- Carranza-Lira, S., López-Chávez, M., Díaz de León-de Luna, A., Rosales-Ortiz, S., Méndez-González, G. J., Carranza-Lira, S., López-Chávez, M., Díaz de León-de Luna, A., Rosales-Ortiz, S., & Méndez-González, G. J. (2021). Relación de la concentración de vitamina D en sangre con la masa muscular y la función cognitiva en mujeres posmenopáusicas. *Gaceta Médica de México*, 157(5), 503-511. <https://doi.org/10.24875/gmm.21000421>

Casals-Vázquez, C., Suárez-Cadenas, E., Estébanez Carvajal, F. M., Aguilar Trujillo, M. P., Jiménez Arcos, M. M., & Vázquez Sánchez, M. Á. (2017). Relación entre calidad de vida, actividad física, alimentación y control glucémico con la sarcopenia de adultos mayores con diabetes mellitus tipo 2. *Nutricion hospitalaria*, 34(5), 1198–1204. <https://doi.org/10.20960/nh.1070>

Cervera-Díaz, M. C., López-Gómez, J. J., García-Virto, V., Aguado-Hernández, H. J., & De Luis-Román, D. A. (2023). Prevalence of sarcopenia in patients older than 75 years admitted for hip fracture. *Endocrinología, diabetes y nutrición*, 70(6), 396–407. <https://doi.org/10.1016/j.endien.2023.06.001>

Chapela, S. P., Pegoraro, P. M., Aquino, M., Mangiarotti, D., Coronil, J., & Areas, N. (2021). Métodos de evaluación muscular para el diagnóstico de sarcopenia en pacientes cirróticos. *Medicina*, 81(6), 958–964. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34875594/>

Chapela, S., & Martinuzzi, A. (2018). Pérdida de masa muscular en el paciente críticamente enfermo: ¿Caquexia, sarcopenia y/o atrofia? Impacto en la respuesta terapéutica y la supervivencia. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 28(2), 393-416. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=85620>

Chen, L. K., Woo, J., Assantachai, P., Auyeung, T. W., Chou, M. Y., Iijima, K., Jang, H. C., Kang, L., Kim, M., Kim, S., Kojima, T., Kuzuya, M., Lee, J. S. W., Lee, S. Y., Lee, W. J., Lee, Y., Liang, C. K., Lim, J. Y., Lim, W. S., Peng, L. N., ... & Arai, H. (2020). Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. *Journal of the American Medical Directors Association*, 21(3), 300–307.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2019.12.012>

- Chen, N., He, X., Feng, Y., Ainsworth, B. E., & Liu, Y. (2021). Effects of resistance training in healthy older people with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *European review of aging and physical activity: official journal of the European Group for Research into Elderly and Physical Activity*, 18(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s11556-021-00277-7>
- Chen, Z., Li, L., Wu, W., Liu, Z., Huang, Y., Yang, L., Luo, Q., Chen, J., Hou, Y., & Song, G. (2020). Exercise protects proliferative muscle satellite cells against exhaustion via the Igfbp7-Akt-mTOR axis. *Theranostics*, 10(14), 6448-6466. <https://doi.org/10.7150/thno.43577>
- Chiang, F. Y., Chen, J. R., Lee, W. J., & Yang, S. C. (2021). Effects of Milk or Soy Milk Combined with Mild Resistance Exercise on the Muscle Mass and Muscle Strength in Very Old Nursing Home Residents with Sarcopenia. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(11), 2581. <https://doi.org/10.3390/foods10112581>
- Chiliquinga, J. (2024). Importancia de la nutrición en el desarrollo de la hipertrofia muscular: Revisión sistemática. *GADE: Revista Científica*, 4(4), 174-202. <https://doi.org/10.63549/rg.v4i4.437>
- Choi, Y. I., Chung, J.-W., Park, D. K., Ko, K. P., Kim, K. O., Kwon, K. A., Kim, J. H., & Kim, Y. J. (2020a). Sarcopenia is Independently Associated with an Increased Risk of Peptic Ulcer Disease: A Nationwide Population-Based Study. *Medicina*, 56(3), 121. <https://doi.org/10.3390/medicina56030121>
- Choi, Y., Cho, J., No, M.-H., Heo, J.-W., Cho, E.-J., Chang, E., Park, D.-H., Kang, J.-H., & Kwak, H.-B. (2020b). Re-Setting the Circadian Clock Using Exercise against Sarcopenia. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3106). <https://doi.org/10.3390/ijms21093106>

- Ciudin, A., Simó-Servat, A., Palmas, F., & Barahona, M. J. (2020a). Obesidad sarcopénica: Un nuevo reto en la clínica práctica. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*, 67(10), 672-681. <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2020.03.004>
- Ciudin, A., Simó-Servat, A., Palmas, F., & Barahona, M. J. (2020b). Sarcopenic obesity: A new challenge in the clinical practice. *Endocrinología, Diabetes Y Nutrición*, 67(10), 672-681. <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2020.03.004>
- Clynes, M. A., Harvey, N. C., Curtis, E. M., Fuggle, N. R., Dennison, E. M., & Cooper, C. (2020). The Epidemiology of Osteoporosis. *British medical bulletin*, 133(1), 105-117. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldaa005>
- Corella, D., Barragán, R., Ordovás, J. M., Coltell, Ó., Corella, D., Barragán, R., Ordovás, J. M., & Coltell, Ó. (2018). Nutrigenética, nutrigenómica y dieta mediterránea: Una nueva visión para la gastronomía. *Nutrición Hospitalaria*, 35(SPE4), 19-27. <https://doi.org/10.20960/nh.2120>
- Costa Moreira, O., Patrocinio de Oliveira, C. E., Candia-Luján, R., Romero-Pérez, E., & De Paz Fernandez, J. A. (2015). Métodos de evaluación de la masa muscular: una revisión sistemática de ensayos controlados aleatorios. *Nutrición Hospitalaria*, 32(3), 977-985. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.3.9322>
- Crushirira Reina, O., Bastidas Rueda, G., Yépez Guachamín, P., Vilatuña Llumiquinga, K., Agualongo Cubi, P., Lema Sanango, G., Llerena Freire, L., Pérez Miranda, P., & Montero Ortiz, F. (2019). Sarcopenia: Aspectos clínico-terapéuticos. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 38(1), 72. <https://www.redalyc.org/journal/559/55959379015/>
- Cruz-Jentoft, A. J. (2017). Sarcopenia: What should a pharmacist know? *Farmacia Hospitalaria*, 41(4), 543-549. <https://www.redalyc.org/journal/3659/365962305011/html/>

- Cruz-Jentoft, A. J., & Sayer, A. A. (2019). Sarcopenia. *Lancet*, 393(10191), 2636–2646. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31138-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31138-9)
- Dar, A., Rehman, R., Zaheer, W., Shafique, U., & Anwar, J. (2021). Synthesis and Characterization of ZnO-Nanocomposites by Utilizing Aloe Vera Leaf Gel and Extract of Terminalia arjuna Nuts and Exploring Their Antibacterial Potency. *Journal of Chemistry*, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2021/9448894>
- Davis, S. R., Baber, R., Panay, N., Bitzer, J., Perez, S. C., Islam, R. M., Kaunitz, A. M., Kingsberg, S. A., Lambrinouadaki, I., Liu, J., Parish, S. J., Pinkerton, J., Rymer, J., Simon, J. A., Vignozzi, L., & Wierman, M. E. (2019). Global Consensus Position Statement on the Use of Testosterone Therapy for Women. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 104(10), 4660-4666. <https://doi.org/10.1210/jc.2019-01603>
- De Luis Román, D., & Primo, D. (2017). Polimorfismos de un único nucleótido y nutrición clínica. *Nutrición Hospitalaria*, 34(5), 1011-1012. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309253341001>
- De Nobili, L. (2020). Sarcopenia secundaria en la encefalopatía hepática: Implicaciones para el seguimiento nutricional. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 30(2). <http://www.revalnutricion.sld.cu/index.php/rcan/article/view/1047>
- Demont, A., & Lemarinel, M. (2019). Evaluación muscular y ecografía. *EMC - Kinesiterapia - Medicina Física*, 40(2), 1-13. [https://doi.org/10.1016/S1293-2965\(19\)42031-8](https://doi.org/10.1016/S1293-2965(19)42031-8)

Deora, N., Sunitha, M. M., Satyavani, M., Harishankar, N., Vijayalakshmi, M. A., Venkataraman, K., & Venkateshan, V. (2021). Alleviation of diabetes mellitus through the restoration of  $\beta$ -cell function and lipid metabolism by Aloe vera (L.) Burm. f. extract in obesogenic WNIN/GR-Ob rats. *Journal of ethnopharmacology*, 272, 113921. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.113921>

Dey, P., Dutta, S., Chowdhury, A., Das, A. P., & Chaudhuri, T. K. (2017). Variation in Phytochemical Composition Reveals Distinct Divergence of Aloe vera (L.) Burm.f. From Other Aloe Species: Rationale Behind Selective Preference of Aloe vera in Nutritional and Therapeutic Use. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 22(4), 624-631. <https://doi.org/10.1177/2156587217698292>

Distefano, G., & Goodpaster, B. H. (2018). Effects of Exercise and Aging on Skeletal Muscle. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8(3). <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029785>

Do Nascimento, T. G., Paes-Silva, R. P., da Luz, M. C. L., Cabral, P. C., de Araújo Bezerra, G. K., & Gomes, A. C. B. (2022). Phase angle, muscle mass, and functionality in patients with Parkinson's disease. *Neurological Sciences: Official Journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 43(7), 4203-4209. <https://doi.org/10.1007/s10072-022-05975-3>

Domínguez-Fernández, R. N., Arzate-Vázquez, I., Chanona-Pérez, J. J., Welti-Chanes, J. S., Alvarado-González, J. S., Calderón-Domínguez, G., Garibay-Febles, V., & Gutiérrez-López, G. F. (2012). El gel de aloe vera: Estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11(1), 23-43. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62024415003>

Dosed I, M., Jirkovský, E., Macáková, K., Kr mová, L. K., Javorská, L., Pourová, J., Mercolini, L., Remião, F., Nováková, L., Mlad nka, P., & On Behalf Of The Oeonom, null. (2021). Vitamin C-Sources, Physiological Role, Kinetics, Deficiency, Use, Toxicity, and Determination. *Nutrients*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/nu13020615>

Ecuador. Instituto de Estadísticas y Censos. (2024). Actividad física y comportamiento sedentario en el Ecuador. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/Actividad\\_fisica/2023/Actividad\\_Fisica.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Actividad_fisica/2023/Actividad_Fisica.pdf)

Espinel-Bermúdez, M. C., Sánchez-García, S., García-Peña, C., Trujillo, X., Huerta-Viera, M., Granados-García, V., Hernández-González, S., & Arias-Merino, E. D. (2018). Associated factors with sarcopenia among Mexican elderly: 2012 National Health and Nutrition Survey. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 56(S1), 46-53. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=80625>

Fatouros, I. G. (2020). Aloe Vera Ointment Application and Skeletal Muscle Recovery. <https://clinicaltrials.gov/study/NCT03934762>

Fernández de Landa, J., Strunk, R., Fernández, J., Jiménez, S., & Palacios, N. (2018). Análisis de los patrones de hidratación de gimnastas de élite. Intervención para mejorar el rendimiento. *Arch. Med. Deporte*, 35(187), 289-297. [http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or01\\_landa.pdf](http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or01_landa.pdf)

Fernández-Fernández, F. J., Sardina-Ferreiro, R., & Ameneiros-Lago, E. (2023). [Nutraceuticals (monacolin K, berberine and coenzyme Q10) in patients with moderate hypercholesterolemia and low-moderate cardiovascular risk. Potential benefits of combined therapies]. *Semergen*, 49(2). <https://doi.org/10.1016/j.semERG.2022.101836>

Ferreira Mesquita, A., Cruz da Silva, E. C., Eickemberg, M., Carneiro Roriz, A. K., Barreto-Medeiros, J. M., & Barbosa Ramos, L. B. (2017). Factors associated with sarcopenia in institutionalized elderly. *Nutrición Hospitalaria*, 34(2), 345-351. <https://doi.org/10.20960/nh.427>

Furtado, T. P., Saffati, G., Furtado, M. H., & Khera, M. (2023). Stem cell therapy for erectile dysfunction: a systematic review. *Sexual medicine reviews*, 12(1), 87–93. <https://doi.org/10.1093/sxmrev/qead040>

Fusch, C. (2022). Agua, sodio, potasio y cloruro. *World review of nutrition and dietetics*, 122, 110–129. <https://doi.org/10.1159/000526501>

Gao, Y., Kuok, K. I., Jin, Y., & Wang, R. (2019). Biomedical applications of Aloe vera. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(sup1), 244-256. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1496320>

García Milla, P., Ros, G., Peñalver, R., & Nieto, G. (2021). Relación entre microbiota intestinal y sarcopenia en pacientes con enfermedad de parkinson. Revisión. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 27(2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8009938>

García Moreira, V., Perez, M., & Alves Lourenço, R. (2019). Prevalence of sarcopenia and its associated factors: The impact of muscle mass, gait speed, and handgrip strength reference values on reported frequencies. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 74. <https://doi.org/10.6061/clinics/2019/e477>

García-Almeida, J. M., García-García, C., Ballesteros-Pomar, M. D., Oliveira, G., Lopez-Gomez, J. J., Bellido, V., Bretón Lesmes, I., Burgos, R., Sanz-Paris, A., Matia-Martin, P., Botella Romero, F., Ocon Breton, J., Zugasti Murillo, A., & Bellido, D. (2023). Expert Consensus on Morphofunctional Assessment in Disease-Related Malnutrition. Grade Review and Delphi Study. *Nutrients*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/nu15030612>

- García-Arnés, J. A., & García-Casares, N. (2022). Endocrinología del dopaje y los deportes: Andrógenos anabolizantes. *Revista Clínica Española*, 222(10), 612-620. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2022.09.003>
- Geniole, S. N., Bird, B. M., McVittie, J. S., Purcell, R. B., Archer, J., & Carré, J. M. (2020). Is testosterone linked to human aggression? A meta-analytic examination of the relationship between baseline, dynamic, and manipulated testosterone on human aggression. *Hormones and behavior*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2019.104644>
- Gonçalves de Souza, C. (2021). Pharmacological Treatment of Sarcopenia Tratamiento medicamentoso da sarcopenia. *Rev.Bras.Ortop*, 56(4), 425-431. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-36162021000400425](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-36162021000400425)
- González Grandón X. A. (2020). Autocuidado y prevención del cáncer: de los nahuas prehispánicos a los nutracéuticos contemporáneos. *Revista de salud pública (Bogotá, Colombia)*, 22(3), 360–367. <https://doi.org/10.15446/rsap.V22n3.87216>
- González, B. A., Domínguez-Espinosa, R., & Alcocer, B. R. (2008). Aloe vera como sustrato para el crecimiento de *lactobacillus plantarum* y *L. Casei*. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 6(2), 152-157. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72411971009>
- González-Arnáiz, E., Ballesteros-Pomar, M. D., Pintor-de la Maza, B., González-Roza, L., Ramos-Bachiller, B., Ariadel-Cobo, D., Cuevas-González, M. J., Barajas-Galindo, D., Cano-Rodríguez, I., González-Arnáiz, E., Ballesteros-Pomar, M. D., Pintor-de la Maza, B., González-Roza, L., Ramos-Bachiller, B., Ariadel-Cobo, D., Cuevas-González, M. J., Barajas-Galindo, D., & Cano-Rodríguez, I. (2023). Valoración de la baja masa y fuerza muscular en una población de control. *Nutrición Hospitalaria*, 40(1), 67-77. <https://doi.org/10.20960/nh.04013>

Gorzynik-Debicka, M., Przychodzen, P., Cappello, F., Kuban-Jankowska, A., Marino Gammazza, A., Knap, N., Wozniak, M., & Gorska-Ponikowska, M. (2018). Potential Health Benefits of Olive Oil and Plant Polyphenols. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(3). <https://doi.org/10.3390/ijms19030686>

Guijarro, M., & Remedios, M. (2020). Análisis Instrumental. Espectrometría de Absorción Atómica (EAA). <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/719cefbe-588e-455b-827a-aa4d8de5ffe8/content>

Guillamón Escudero, C., Soriano Del Castillo, J. M., Diago Galmés, Á., Tenías Burillo, J. M., & Fernández Garrido, J. (2021). Ingesta proteica en mujeres posmenopáusicas residentes en la comunidad y su relación con la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 38(6), 1209–1216. <https://doi.org/10.20960/nh.03690>

Gutiérrez Cortés, W. A., Martínez Fernández, F. E., & Olaya Sanmiguel, L. C. (2018). Sarcopenia, una patología nueva que impacta a la vejez. *Revista Colombiana De Endocrinología, Diabetes & Metabolismo*, 5(1), 28–36. <https://doi.org/10.53853/encr.5.1.339>

Gutiérrez, C., Lares, M., Sandoval, J., & Hernández, M. S. (2020). Aminoácidos de cadena ramificada: Implicaciones en la salud. *Revista Digital de Postgrado*, 9(2). [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_dp/article/view/18939](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_dp/article/view/18939)

Hall, J. E., Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2011). *Guyton and Hall textbook of medical physiology: Student consult*. Elsevier.

Hart, A., Cordova-Rivera, L., Barker, F., Sayer, A. A., Granic, A., & Yarnall, A. J. (2023). The prevalence of sarcopenia in Parkinson's disease and related disorders- a systematic review. *Neurological sciences: official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 44(12), 4205–4217. <https://doi.org/10.1007/s10072-023-07007-0>

- Henderson, N. C., Rieder, F., & Wynn, T. A. (2020). Fibrosis: From mechanisms to medicines. *Nature*, 587(7835), 555-566. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2938-9>
- Henrique Farias, D., Cardoso de Melo, B., Minatel, V., & Fausto Lira, J. L., & Do Nascimento Lira, A. (2019). Sarcopenia e sua influência na mobilidade de pacientes com doença renal crônica: Uma revisão sistemática. *ConScientiae Saúde*, 18(2), 293-300. <https://www.redalyc.org/journal/929/92965852017/html/>
- Hernández Rodríguez, J., Arnold Domínguez, Y., & Licea Puig, M. E. (2019). Sarcopenia y algunas de sus características más importantes. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 35(3). <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0864-21252019000300009&lng=es&tlng=>
- Hernández-Rodríguez, J., & Licea-Puig, M. E. (2017). Generalities and treatment of Sarcopenia. *Medicas UIS*, 30(2), 71-81. <https://doi.org/10.18273/revmed.v30n2-2017008>
- Heś, M., Dzedzic, K., Górecka, D., Jędrusek-Golińska, A., & Gujska, E. (2019). Aloe vera (L.) Webb.: Natural Sources of Antioxidants - A Review. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 74(3), 255-265. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00747-5>
- Howe, L. P., Read, P. J., & Waldron, M. (2018). Hipertrofia muscular: Revisión narrativa de los principios del entrenamiento para el incremento de la masa muscular. *Entrenamiento de fuerza y acondicionamiento: Journal NSCA Spain*, 7, 16-28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6460028>
- Huang, G., Bhasin, S., Pencina, K., Cheng, M., & Jasuja, R. (2022). Circulating dihydrotestosterone, testosterone, and free testosterone levels and dihydrotestosterone-to-testosterone ratios in healthy women across the menstrual cycle. *Fertility and Sterility*, 118(6), 1150-1158. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2022.09.011>

Huang, R.-Y., Yang, K.-C., Chang, H.-H., Lee, L.-T., Lu, C.-W., & Huang, K.-C. (2016). The Association between Total Protein and Vegetable Protein Intake and Low Muscle Mass among the Community-Dwelling Elderly Population in Northern Taiwan. *Nutrients*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/nu8060373>

Huerta Ojeda, Á., Domínguez de Hanna, A., Barahona-Fuentes, G., Huerta Ojeda, Á., Domínguez de Hanna, A., & Barahona-Fuentes, G. (2019). Efecto de la suplementación de L-arginina y L-citrulina sobre el rendimiento físico: Una revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 36(6), 1389-1402. <https://doi.org/10.20960/nh.02478>

Ibarra, M. E. (2020). "Cuéntame tus testosteronas": Un análisis sobre las regulaciones para jugadorxs transgénero e hiperandrógenas. *La ventana. Revista de estudios de género*, 6(52), 161-190. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1405-94362020000200161&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-94362020000200161&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Ikram, A., Qasim Raza, S., Saeed, F., Afzaal, M., Munir, H., Ahmed, A., Babar Bin Zahid, M., & Muhammad Anjum, F. (2021). Effect of adding Aloe vera jell on the quality and sensory properties of yogurt. *Food Science & Nutrition*, 9(1), 480-488. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2017>

Kanashiro, L., Quiroz, D., Huerta, J., Samaniego, J., Kanashiro, L., Quiroz, D., Huerta, J., & Samaniego, J. (2022). Determinación de selenio en capsulas de gelatina blanda por la Metodología de Cromatografía Líquida de Alta Resolución. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 88(2), 117-128. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i2.384>

- Khan, R. U., Naz, S., De Marzo, D., Dimuccio, M. M., Bozzo, G., Tufarelli, V., Losacco, C., & Ragni, M. (2022). Aloe vera: A Sustainable Green Alternative to Exclude Antibiotics in Modern Poultry Production. *Antibiotics* (Basel, Switzerland), 12(1). <https://doi.org/10.3390/antibiotics12010044>
- Kim, J.-H., Cho, J. J., & Park, Y. S. (2015). Relationship between Sarcopenic Obesity and Cardiovascular Disease Risk as Estimated by the Framingham Risk Score. *Journal of Korean Medical Science*, 30(3), 264-271. <https://doi.org/10.3346/jkms.2015.30.3.264>
- Li, F., Bai, T., Ren, Y., Xue, Q., Hu, J., & Cao, J. (2023). A systematic review and meta-analysis of the association between sarcopenia and myocardial infarction. *BMC Geriatrics*, 23. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03712-1>
- Lira, D., & Custodio, N. (2018). Los trastornos del sueño y su compleja relación con las funciones cognitivas. *Revista de Neuro-Psiquiatría*, 81(1), 20-28. <https://doi.org/10.20453/rnp.v81i1.3270>
- Liu, C., Cui, Y., Pi, F., Cheng, Y., Guo, Y., & Qian, H. (2019). Extraction, Purification, Structural Characteristics, Biological Activities and Pharmacological Applications of Acemannan, a Polysaccharide from Aloe vera: A Review. *Molecules* (Basel, Switzerland), 24(8). <https://doi.org/10.3390/molecules24081554>
- López Gavilánez, E., Chedraui, P., Guerrero Franco, K., Marriott Blum, D., Palacio Riofrío, J., Segale Bajaña, A., López Gavilánez, E., Chedraui, P., Guerrero Franco, K., Marriott Blum, D., Palacio Riofrío, J., & Segale Bajaña, A. (2018). Fracturas osteoporóticas de cadera en adultos mayores en Ecuador 2016. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, 10(2), 63-70. <https://doi.org/10.4321/s1889-836x2018000200002>

López Gavilánez, E., Johansson, H., Harvey, N., Lorentzon, M., McCloskey, E., Valdivieso Jara, J., & Kanis, J. A. (2023). The application of FRAX in Ecuador. *Revista Colombiana de Reumatología*, 30(3), 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.rcreu.2021.07.004>

López-Ariztegui, N., Mata-Alvarez Santullano, M., Tegel, I., Almeida, F., Sarasa, P., Rojo, R., Rico-Villademoros, F., Abril-Jaramillo, J., Bermejo, P., Borrue, C., Caballol, N., Campins-Romeu, M., Clavero, P., García-Caldentey, J., Gómez-Mayordomo, V., Labandeira, C., Martí-Andrés, G., Martínez-Castrillo, J. C., Martínez-Poles, J., Muñoz, T., Salom, J., Valderrama, C., & Vinagre-Aragón, A. (2021). Opicapona para el tratamiento de la enfermedad de Parkinson: datos de vida real en España. *Revista de neurología*, 73(s2), 01–14. <https://doi.org/10.33588/rn.73s02.2021461>

Lorenzo, J. E., Rosa, J. E., Posadas Martínez, M. L., Jauregui, J. R., Lorenzo, J. E., Rosa, J. E., Posadas Martínez, M. L., & Jauregui, J. R. (2022). Sarcopenia y su relevancia en la práctica clínica. *Revista Argentina de Reumatología*, 33(3), 162-172. <https://doi.org/10.47196/rar.v33i3.674>

Mahecha Matsudo, S. M. (2021). Poder del músculo esquelético en la salud y enfermedad. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 4(4), 56-70. <https://doi.org/10.35454/rncm.v4n4.288>

Maleki, S. J., Crespo, J. F., & Cabanillas, B. (2019). Anti-inflammatory effects of flavonoids. *Food chemistry*, 299, 125124. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125124>

Maltais, M. L., Ladouceur, J. P., & Dionne, I. J. (2016). The Effect of Resistance Training and Different Sources of Postexercise Protein Supplementation on Muscle Mass and Physical Capacity in Sarcopenic Elderly Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(6), 1680-1687. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001255>

- Martínez Sanz, J. M., Norte, A., Martínez-Rodríguez, A., Sellés, S., Ferriz Valero, A., Díez-Espinosa, P., Sospedra, I., & Gutiérrez-Hervás, A. (2018). Contenidos didácticos para la medición antropométrica. Universidad de Alicante. Instituto de Ciencias de la Educación.
- McFarland, L. V., Ship, N., Auclair, J., & Millette, M. (2018). Primary prevention of *Clostridium difficile* infections with a specific probiotic combining *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei*, and *L. rhamnosus* strains: Assessing the evidence. *The Journal of Hospital Infection*, 99(4), 443-452. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2018.04.017>
- Melo de Oliveira, T., Carneiro Roriz, A. K., Barreto Medeiros, J. M., Fortes Ferreira, A. J., Ramos, L. (2019). Obesidad sarcopénica en mujeres mayores que viven en la comunidad, determinada por diferentes métodos de diagnóstico. *Nutrición Hospitalaria*, 36(6), 1267-1272. <https://doi.org/10.20960/nh.02593>
- Miller, J. A., Nguyen, T. T., Loeb, C., Khera, M., & Yafi, F. A. (2023). Oral testosterone therapy: Past, present, and future. *Sexual Medicine Reviews*, 11(2), 124-138. <https://doi.org/10.1093/sxmrev/qead003>
- Mito, T., Vincent, A. E., Faitg, J., Taylor, R. W., Khan, N. A., McWilliams, T. G., & Suomalainen, A. (2022). Mosaic dysfunction of mitophagy in mitochondrial muscle disease. *Cell Metabolism*, 34(2). <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2021.12.017>
- Molina Reino, D. M., & Tapia Cárdenas, J. P. (2020). Prevalencia y caracterización de disfunciones sexuales masculinas en el personal de la Unidad académica de Salud y Bienestar de la Universidad Católica de Cuenca, año 2019. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca*, 38(1). <https://doi.org/10.18537/RFCM.38.01.08>

MoralesCarrasco, A. P., EspinozaDíaz, C. I., GuzmánPolanco, G. A., Fonseca Villacís, G., Quisintuña Masabanda, E. F., & Yanza Pazmiño, M. E. (2019). Panorama clínico de la disfunción sexual en pacientes con diabetes mellitus. *Diabetes Internacional y Endocrinología*, 11(1), Article 1. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_di/article/view/17236](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_di/article/view/17236)

Moré García, R. (2018). Biogénesis mitocondrial en diferentes tipos de ejercicio. (Tesis de maestría). Universidad de León.

Moreno Peña, U., Martínez Manrique, C. E., Couso-Seoane, C., Román Montoya, A. de la C., Moreno Peña, U., Martínez Manrique, C. E., Couso-Seoane, C., & Román Montoya, A. C. (2022). Tratamiento no farmacológico y su acción sobre la musculatura esquelética en ancianos con sarcopenia. *MEDISAN*, 26(2), 403-417. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1029-30192022000200403&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1029-30192022000200403&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Muñoz-Rodríguez, J., Domínguez, A., Rosado, M. A., Centeno, C., Parejo, V., Costa-Trachsel, I., Gallardo, E., Bonfill, T., García-Rojo, D., De Verdonces, L., & Prats, J. (2021). Efecto de la densidad muscular en pacientes con cáncer de próstata metastásico tratados con terapia de privación androgénica. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*, 68(2), 92-98. <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2020.03.014>

Nadal Zuferrí, M., & Nadal Zuferrí, P. (2023). Efectividad del entrenamiento de fuerza sobre las adaptaciones musculares y la calidad de vida de personas diagnosticadas de cáncer. Revisión bibliográfica. *Revista Sanitaria de Investigación*, 4(3). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8908692>

- Nascimento, C. M., Ingles, M., Salvador-Pascual, A., Cominetti, M. R., Gomez-Cabrera, M. C., & Viña, J. (2019). Sarcopenia, frailty and their prevention by exercise. *Free Radical Biology & Medicine*, 132, 42-49. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.08.035>
- Nicot Balón, R., Cuellar Godínez, M., Deturnell Campos, Y., Serviat Hung, N., Almenares Pujadas, E., & Massip Nicot, J. (2020). Bioimpedancia como método de valoración de la Composición Corporal en bailarinas de Ballet y gimnastas. *Revista Cubana de Medicina del Deporte y la Cultura Física*, 13(1). <http://www.revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/57>
- Nielsen, B. R., Abdulla, J., Andersen, H. E., Schwarz, P., & Suetta, C. (2018). Sarcopenia and osteoporosis in older people: A systematic review and meta-analysis. *European Geriatric Medicine*, 9(4), 419-434. <https://doi.org/10.1007/s41999-018-0079-6>
- Orces, C. H. (2020). The relationship between weight change history and 25(OH)D concentrations in adults. *Nutricion Hospitalaria*, 37(5), 970-976. <https://doi.org/10.20960/nh.03133>
- Palate Supe, C. W. (2020). Calidad de sueño y su relación con índice de masa corporal en adultos del hospital general Enrique Garcés en el año 2019. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Pallardo Rodil, B., Gómez Pavón, J., & Menéndez Martínez, P. (2020). Hip fracture mortality: Predictive models. *Medicina Clinica*, 154(6), 221-231. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2019.09.020>
- Papadopoulou, S. K. (2020). Sarcopenia: A Contemporary Health Problem among Older Adult Populations. *Nutrients*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/nu12051293>

- Park, H., Jang, I.-Y., Han, M., Lee, H., Jung, H.-W., Lee, E., & Kim, D. H. (2020). Sarcopenia is associated with severe erectile dysfunction in older adults: A population-based cohort study. *The Korean Journal of Internal Medicine*, 35(5), 1245-1253. <https://doi.org/10.3904/kjim.2019.148>
- Pech-Ciau, B. A., Lima-Martínez, E. A., Espinosa-Cruz, G. A., Pacho-Aguilar, C. R., Huchim-Lara, O., & Alejos-Gómez, R. A. (2021). Hip fracture in the elderly: Epidemiology and costs of care. *Acta Ortopédica Mexicana*, 35(4), 341-347. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35139593/>
- Pérez López, E., & Alvarado Rodríguez, D. C. (2018). Cuantificación por absorción atómica de Cu, Fe y Zn en alcohol destilado y agua. *Cuadernos de Investigación UNED*, 10(2), 387-396. <https://doi.org/10.22458/urj.v10i2.1998>
- Pino Astorga, C., Roco Videla, A., Peña Lara, D., Vásquez Aliaga, S., Madrid Áviles, G., Obregón Vera, A. M., & Valladares Vega, M. (2020). Comparación del estado nutricional, cronotipo y conducta alimentaria en estudiantes universitarios chilenos que presentan el polimorfismo rs3749474T/C o rs4864548A/G del gen CLOCK. *Revista española de nutrición comunitaria*, 26(1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7329298>
- Pinzón-Ríos, I. D., & Pinzón-Ríos, I. D. (2019). Loss of Muscle Mass Induced by Aging. *Revista Ciencias de La Salud*, 17(2), 223-244. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.7925>
- Puig, M. E. L., Domínguez, Y. A., & Rodríguez, J. H. (2019). Sarcopenia and some of its most important features. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 35(3), 1-19. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen1.cgi?IDARTICULO=94464>
- Quesada, D., & Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista De Nutrición Clínica Y Metabolismo*, 2(1), 79-86. <https://doi.org/10.35454/rncm.v2n1.063>

- Rabassa-Blanco, J., Palma-Linares, I., Rabassa-Blanco, J., & Palma-Linares, I. (2017). Efectos de los suplementos de proteína y aminoácidos de cadena ramificada en entrenamiento de fuerza: Revisión bibliográfica. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 21(1), 55-73. <https://doi.org/10.14306/renhyd.21.1.220>
- Rahmani, A., Aldebasi, Y., Srikar, S., Khan, A., & Aly, S. (2015). Aloe vera: Potencial Candidato en Gestión Salud Vía Modulación de Actividades Biológicas. *Farmacognosia Reseñas*, 9(18), 120-126. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.162118>
- Ramos Jácome, M. S., & Guevara Villacís, M. V. (2023). Importancia nutricional en el manejo de sarcopenia en adultos mayores. *Revista Vive*, 6(16), 337–353. <https://doi.org/10.33996/revistavive.v6i16.230>
- Ramos-Ramírez, K. E., & Soto, A. (2020). Sarcopenia, mortalidad intrahospitalaria y estancia hospitalaria prolongada en adultos mayores internados en un hospital de referencia peruano. *Acta Médica Peruana*, 37(4), 447-454. <https://doi.org/10.35663/amp.2020.374.1071>
- Rezazadeh-Bari, M., Najafi-Darmian, Y., Alizadeh, M., & Amiri, S. (2019). Numerical optimization of probiotic Ayrán production based on whey containing transglutaminase and Aloe vera gel. *Journal of Food Science and Technology*, 56(7), 3502-3512. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03841-3>
- Richardson, A. (2013). Rapamycin, anti-aging, and avoiding the fate of Tithonus. *The Journal of Clinical Investigation*, 123(8), 3204-3206. <https://doi.org/10.1172/JCI70800>
- Rodríguez-Martín, D., & Pérez-López, C. (2024). Dispositivos comerciales para la monitorización de síntomas en la enfermedad de Parkinson: Beneficios, limitaciones y tendencias. *Revista de Neurología*, 79(8), 229-237. <https://doi.org/10.33588/rn.7908.2024253>

Roh, E., & Choi, K. M. (2020). Health Consequences of Sarcopenic Obesity: A Narrative Review. *Frontiers in Endocrinology*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2020.00332>

Rojas Bermúdez, C., Buckcanan Vargas, A., & Benavides Jiménez, G. (2019). Sarcopenia: abordaje integral del adulto mayor: Revisión de tema. *Revista Médica Sinergia*, 4(5), 24 - 34. <https://doi.org/10.31434/rms.v4i5.194>

Rojas Salazar, G. A., Rodríguez Betancourth, C., Jaramillo Gómez, D. A., Virgen Luján, M. A., & Valencia Hernández, A. F. (2017). Use of the sábila (Aloe vera) in the muscular regeneration in an equine. *Revista Electronica De Veterinaria*, 18(1), 1-12. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63649684015.pdf>

Romero González, B. N. (2020). Contaminación de metales pesados en alimentos en Ecuador: Meta-Análisis. (Trabajo de titulación). Universidad de Guayaquil.

Romero-Bonilla, H., Redrovan-Pesantez, F., Fernández-Martínez, L., Caiminagua-Capa, A., Flores, J. E., Romero-Bonilla, H., Redrovan-Pesantez, F., Fernández-Martínez, L., Caiminagua-Capa, A., & Flores, J. E. (2020). Método electroquímico acoplado a espectrofotometría de absorción atómica para la determinación de arsénico en sedimento marino de la comuna de bajoalto. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 25(2), 111-120. <https://doi.org/10.32480/rscp.2020.25.2.101>

Ronis, M., Pedersen, K. B., & Watt, J. (2018). Adverse Effects of Nutraceuticals and Dietary Supplements. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 58(1), 583-601. <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-010617-052844>

Rubio del Peral, J. A., & Gracia Josa, M. S. (2019). Suplementos proteicos en el tratamiento y prevención de la sarcopenia en ancianos. Revisión sistemática. *Gerokomos*, 30(1), 23-27. <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sciarttext&pid=S1134-928X2019000100023&lng=es&tlng=es>.

Ruiz-Margáin, A., Macías-Rodríguez, R. U., Ríos-Torres, S. L., Román-Calleja, B. M., Méndez-Guerrero, O., Rodríguez-Córdova, P., & Torre, A. (2018). Efecto de una dieta rica en proteínas y alta en fibra más la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada sobre el estado nutricional de pacientes con cirrosis. *Revista de Gastroenterología de México*, 83(1), 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.rgmx.2017.02.005>

Sachdeva, V., Roy, A., & Bharadvaja, N. (2020). Current Prospects of Nutraceuticals: A Review. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 21(10), 884-896. <https://doi.org/10.2174/1389201021666200130113441>

Salari, N., Ghasemi, H., Mohammadi, L., Behzadi, M. H., Rabieenia, E., Shohaimi, S., & Mohammadi, M. (2021). The global prevalence of osteoporosis in the world: A comprehensive systematic review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 16(1), 609. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02772-0>

Salas Salvadó, J., Maraver Eizaguirre, F., Rodríguez-Mañas, L., Saenz de Pipaón, M., Vitoria Miñana, I., & Moreno Aznar, L. (2020). Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual. *Nutrición Hospitalaria*, 37(5), 1072–1086. <https://doi.org/10.20960/nh.03160>

Salas-Crisóstomo, M., Torterolo, P., Veras, A. B., Rocha, N. B., Machado, S., & Murillo-Rodríguez, E. (2019). Therapeutic Approaches for the Management of Sleep Disorders in Geriatric Population. *Current Medicinal Chemistry*, 26(25), 4775-4785. <https://doi.org/10.2174/0929867325666180904113115>

Salazar Arévalo, V. M., & Zúñiga Martínez, M. F. (2019). Caracterización de la ingesta proteica en adultos mayores con riesgo de sarcopenia en 5 zonas marginales de la ciudad de Guayaquil, Ecuador. (Trabajo de titulación). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Sánchez, M., González-Burgos, E., Iglesias, I., & Gómez-Serranillos, M. P. (2020). Pharmacological Update Properties of Aloe Vera and its Major Active Constituents. *Molecules* (Basel, Switzerland), 25(6), 1324. <https://doi.org/10.3390/molecules25061324>

Sánchez-Castellano, C., Martín-Aragón, S., Vaquero-Pinto, N., Bermejo-Bescós, P., Merello de Miguel, A., & Cruz-Jentoft, A.-J. (2019). Prevalence of sarcopenia and characteristics of sarcopenic subjects in patients over 80 years with hip fracture. *Nutricion Hospitalaria*, 36(4), 813-818. <https://doi.org/10.20960/nh.02607>

Sánchez-Oliver, A. J., Martínez-Sanz, J. M., Pérez-López, A., & Domínguez, R. (2021). Reformulando la relación nutrición, deporte y fuerza: Perspectiva desde la suplementación nutricional ergogénica. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 25(Supl. 1). <https://doi.org/10.14306/renhyd.25.S1.1537>

Sandoval Cañas, G. J. (2013). Determinación de aflatoxinas totales, por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), en matriz de cereales: Maíz y cebada. (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador.

Sarafrazi, N. (2021). Osteoporosis or Low Bone Mass in Older Adults: United States, 2017-2018. National Center for Health Statistics. <https://doi.org/10.15620/cdc:103477>

Sarasa, S. B., Mahendran, R., Muthusamy, G., Thankappan, B., Selta, D. R. F., & Angayarkanni, J. (2020). A Brief Review on the Non-protein Amino Acid, Gamma-amino Butyric Acid (GABA): Its Production and Role in Microbes. *Current Microbiology*, 77(4), 534-544. <https://doi.org/10.1007/s00284-019-01839-w>

Sepulveda Loyola, W. A., Luna Corrales, G. A., Ganz, F., Gonzalez Caro, H., & Suziane Probst, V. (2020). Sarcopenia, definición y diagnóstico: ¿Necesitamos valores de referencia para adultos mayores de Latinoamérica? *Revista Chilena De Terapia Ocupacional*, 20(2), 259-267. <https://doi.org/10.5354/0719-5346.2020.53583>

Shakib, Z., Shahraki, N., Razavi, B. M., & Hosseinzadeh, H. (2019). Aloe vera as an herbal medicine in the treatment of metabolic syndrome: A review. *Phytotherapy Research: PTR*, 33(10), 2649-2660. <https://doi.org/10.1002/ptr.6465>

Silva-Fhon, J. R., Rojas-Huayta, V. M., Aparco-Balboa, J. P., Céspedes-Panduro, B., & Partezani-Rodrigues, R. A. (2021). Sarcopenia y albúmina sanguínea: Revisión sistemática con metaanálisis. *Biomédica*, 41(3), 590-603. <https://www.redalyc.org/journal/843/84369108017/html/>

Solano García Bach, W., Carazo Vargas, P., Solano García Bach, W., & Carazo Vargas, P. (2019). Efecto de intervenciones con ejercicio y/o suplementación sobre la masa muscular de personas mayores con sarcopenia: Un metaanálisis. *Pensar en Movimiento: Revista de ciencias del ejercicio y la salud*, 17(1), 60-81. <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v17i1.34449>

Solano García, W., & Carazo Vargas, P. (2019). Efecto de intervenciones con ejercicio o suplementación sobre la masa muscular de personas mayores con sarcopenia. Un meta-análisis. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 17(1). <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v17i1.34449>

- Soto Márquez, L., & Vera Mienert, J. (2023). Impacto de una dieta hiperproteica y de un programa de ejercicio de resistencia como tratamiento para sarcopenia en el adulto mayor. (Tesis de licenciatura). Universidad Finis Terrae.
- Spalevic, Z., Veljovic, V., Bjelica, D., Masanovic, B., Spalevic, Z., Veljovic, V., Bjelica, D., & Masanovic, B. (2021). Índice de Masa Corporal y Medidas de la Grasa Corporal para Definir la Obesidad y el Bajo Peso: Un Estudio Transversal de Diversas Especialidades en la Policía de Montenegro. *International Journal of Morphology*, 39(6), 1677-1682. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022021000601677>
- Surjushe, A., Vasani, R., & Saple, D. (2008). Aloe vera: A short review. *Indian Journal of Dermatology*, 53(4), 163. <https://doi.org/10.4103/0019-5154.44785>
- Tada, A., Misawa, E., Tanaka, M., Saito, M., Nabeshima, K., Yamauchi, K., Abe, F., Goto, T., & Kawada, T. (2020). Investigating Anti-Obesity Effects by Oral Administration of Aloe vera Gel Extract (AVGE): Possible Involvement in Activation of Brown Adipose Tissue (BAT). *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 66(2), 176-184. <https://doi.org/10.3177/jnsv.66.176>
- Taylor, S. N. (2022). Calcio, magnesio, fósforo y vitamina D. <https://doi.org/10.1159/000526502>
- Tessier, A.-J., Wing, S. S., Rahme, E., Morais, J. A., & Chevalier, S. (2022). Association of Low Muscle Mass With Cognitive Function During a 3-Year Follow-up Among Adults Aged 65 to 86 Years in the Canadian Longitudinal Study on Aging. *JAMA Network Open*, 5(7). <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.19926>
- Tobeña, A., Muñoz, S., & Guillén, D. (2023). Validación de un método automatizado basado en espectrofotometría para el análisis de sulfito en vino. *BIO Web of Conferences*, 56. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20235602026>

- Trejos-Montoya, J. A. (2022). Ejercicio aeróbico versus concurrente sobre la interleucina-6 en pacientes con enfermedad arterial coronaria: Una revisión sistemática. *MHSalud*, 19(1), 55-70. <https://doi.org/10.15359/mhs.19-1.5>
- Tung, H.-T., Chen, K.-M., Huang, K.-C., Hsu, H.-F., Chou, C.-P., & Kuo, C.-F. (2021). Effects of Vitality Acupunch exercise on functional fitness and activities of daily living among probable sarcopenic older adults in residential facilities. *J. Nurs. Scholarsh.* <https://dx.doi.org/10.1111/jnu.12723>
- Urquiaga, I., Echeverría, G., Dussillant, C., & Rigotti, A. (2017). Origen, componentes y posibles mecanismos de acción de la dieta mediterránea. *Revista médica de Chile*, 145(1), 85-95. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872017000100012>
- Van den Akker, C. H. P., Saenz de Pipaon, M., & van Goudoever, J. B. (2022). Proteínas y aminoácidos. <https://doi.org/10.1159/000526499>
- Vásquez-Morales, A., Wanden-Berghe, C., & Sanz-Valero, J. (2013). Ejercicio físico y suplementos nutricionales: efectos de su uso combinado en las personas mayores de 65 años; una revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 28(4), 1077-1084. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.4.6658>
- Vázquez-Ovando, A., Ovando-Medina, I., Adriano-Anaya, L., Betancur-Ancona, D., & Salvador-Figueroa, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66(3), 239-254. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0004-06222016000300010&lng=es&nrm=i so&tling=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-06222016000300010&lng=es&nrm=i so&tling=es)

- Velarde Escobar, K., Ramón, P., Román Cárdenas, F., Díaz Monroy, B. L., Velarde Escobar, K., Ramón, P., Román Cárdenas, F., & Díaz Monroy, B. L. (2023). Detección de micotoxinas (aflatoxinas) en alimentos primarios y procesados para humanos y animales de granja, en Riobamba-Ecuador. *Siembra*, 10(1). <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.4126>
- Vera Bravo, A. F., & Zambrano Loor, D. R. (2021). Tipo de pasteurización y temperatura de almacenamiento en la estabilidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial del néctar mix de cítricos con sábila. (Tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Villarreal, D. A. (2019). El papel de la nutrigenómica y los nutracéuticos en la prevención de las enfermedades cardiovasculares; revisión de la literatura. *Revista Cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*, 25(3). <https://revcardiologia.sld.cu/index.php/revcardiologia/article/view/873>
- Wang, T., Liao, J., Zheng, L., Zhou, Y., Jin, Q., & Wu, Y. (2022). Aloe vera for prevention of radiation-induced dermatitis: A systematic review and cumulative analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Pharmacology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.976698>
- Wang, Y., Liu, Q., Quan, H., Kang, S.-G., Huang, K., & Tong, T. (2021). Nutraceuticals in the Prevention and Treatment of the Muscle Atrophy. *Nutrients*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/nu13061914>
- Wei, S., Nguyen, T. T., Zhang, Y., Ryu, D., & Gariani, K. (2023). Sarcopenic obesity: Epidemiology, pathophysiology, cardiovascular disease, mortality, and management. *Frontiers in Endocrinology*, 14. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2023.1185221>

- Wu, X., Li, X., Xu, M., Zhang, Z., He, L., & Li, Y. (2021). Sarcopenia prevalence and associated factors among older Chinese population: Findings from the China Health and Retirement Longitudinal Study. *PLoS ONE*, 16(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247617>
- Xiao, P.-L., Cui, A.-Y., Hsu, C.-J., Peng, R., Jiang, N., Xu, X.-H., Ma, Y.-G., Liu, D., & Lu, H.-D. (2022). Global, regional prevalence, and risk factors of osteoporosis according to the World Health Organization diagnostic criteria: A systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis International: A Journal Established as Result of Cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 33(10), 2137-2153. <https://doi.org/10.1007/s00198-022-06454-3>
- Zapata-López, J. S., & Betancourt-Peña, J. (2021). Factores relacionados con la calidad del sueño según el cuestionario de Pittsburgh en estudiantes universitarios de Cali, Colombia. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 52(1), 85-S91. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034745021001621>



### ***Yoel López Gamboa***

Profesional farmacéutico con más de 20 años de experiencia combinando la práctica empresarial, la docencia universitaria y la investigación científica. Posee un Doctorado en Nutrición (2025), Máster en Medicina Bioenergética y Natural (2009) y Licenciatura en Ciencias Farmacéuticas (2000). Su trayectoria laboral incluye 10 años como Director General de la Empresa Provincial de Farmacias y Ópticas en Holguín, Cuba (2007-2017), donde implementó sistemas de gestión de calidad ISO 9001:2008 y medio ambiente (14000), logró la certificación de los estados financieros durante toda su gestión. Actualmente se desempeña como Profesor Titular en la Universidad Metropolitana en Ecuador (2019-presente), impartiendo cátedras de Farmacología, Bioquímica y Nutrición, y como asesor científico independiente para laboratorios farmacéuticos especializados en nutracéuticos. Su producción científica comprende 38 publicaciones que incluyen 24 artículos en revistas indexadas, 5 libros, 9 capítulos de libro y 20 ponencias en congresos internacionales, además de haber dirigido 10 tesis de grado y posgrado, consolidándose como un profesional reconocido en farmacología, nutrición y medicina natural con impacto tanto en el ámbito académico como empresarial.



### **Cruz Xiomara Peraza de Aparicio**

Especialista en Medicina General de Familia y un título de Médico Cirujano, ambos obtenidos en la Universidad de Los Andes (Venezuela), Licenciada en Optometría, Magíster en Educación con mención en Planificación Educativa y un Doctorado en Ciencias de la Educación en la Universidad Bicentenario de Aragua. En cuanto a su experiencia profesional, ha tenido una notable carrera en el sector público, desempeñándose como Médico Especialista en el Ministerio de Sanidad desde 1980 hasta 2007, donde brindaba atención a escuelas, terapia familiar y visitas domiciliarias. También fue Médico Especialista desde 1987 hasta 2016, siendo responsable de informes para incapacidad laboral. Además, ocupó el cargo de Coordinadora-Docente en especializaciones y maestrías, desde 2006 hasta 2012. En el ámbito privado, fue Médico Ocupacional de 2013 a 2016. Ha dirigido proyectos de investigación, como “Atención de Enfermería desde la investigación a grupos en situación de riesgo, caso Recinto La Sabanilla Cantón Daule Provincia del Guayas” (2020-2024). Su producción académica es vasta, con numerosas publicaciones que incluyen artículos y capítulos de libros en revistas indexadas, abordando temas como neurociencias, salud ocupacional, estrategias de atención comunitaria, salud ambiental, inteligencia artificial, violencia intrafamiliar y cuidados de enfermería, entre otros. Además, ha sido ponente en múltiples congresos y eventos académicos a nivel nacional e internacional.



El *Aloe vera L.* emerge como un nutracéutico prometedor para el mantenimiento y desarrollo de la masa muscular, problema de salud global que afecta entre el 5-13% de personas de 60-70 años y más del 50% de quienes superan los 80 años. La sarcopenia, principal manifestación de la pérdida muscular, constituye un proceso multifactorial caracterizado por cambios hormonales, inflamación crónica, estrés oxidativo y alteraciones mitocondriales, que incrementa significativamente el riesgo de comorbilidades como osteoporosis, enfermedades cardiovasculares, disfunción sexual y deterioro cognitivo. La evidencia científica demuestra que las intervenciones no farmacológicas, particularmente la combinación de ejercicio de resistencia (2-3 veces/semana durante mínimo 12 semanas) con ingesta proteica adecuada (1-1.5 g/kg/día), constituyen las estrategias más efectivas para preservar la masa muscular. El *Aloe vera L.* presenta una composición química rica en aminoácidos esenciales, minerales (calcio, magnesio, zinc), vitaminas C y E, y compuestos bioactivos con propiedades antiinflamatorias y antioxidantes que pueden actuar sinérgicamente estimulando la síntesis proteica muscular, reduciendo la proteólisis y modulando la inflamación sistémica. Aunque los mecanismos de acción han sido identificados principalmente en estudios *in vitro* y modelos animales, su bajo costo, amplia disponibilidad y perfil de seguridad favorable lo posicionan como un complemento nutracéutico valioso. Sin embargo, se requieren ensayos clínicos controlados en humanos para confirmar definitivamente su eficacia en la prevención y tratamiento de la sarcopenia.



ISBN: 978-9942-7147-6-3



9 789942 714763