

## PROPUESTA DE UNA ECUACIÓN PARA ESTIMAR LA TASA METABÓLICA EN REPOSO A PARTIR DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN PACIENTES CON DISFUNCIONES METABÓLICAS (DIABETES, SÍNDROME METABÓLICO, OBESIDAD)

Luis Flores<sup>1</sup> , Héctor Herrera<sup>2</sup> , Desireé Villalta<sup>3</sup> .

### Resumen

**Introducción.** En Venezuela, son pocos los estudios publicados que incluyan la valoración de la composición corporal (CC) para el cálculo de las necesidades energéticas para fijar los regímenes dietéticos, especialmente en pacientes con disfunciones metabólicas. Al no tener acceso a la calorimetría indirecta, nutricionistas y médicos deben predecir los requerimientos de energía (RE). Sin embargo, muchas de estas ecuaciones no consideran los cambios por trastornos metabólicos como la diabetes, el envejecimiento somático y el estrés nutricional, factores que alteran el valor estimado del RE. La disminución de la masa magra libre de grasa (MLG) es un marcador de la severidad de la enfermedad, presentando un valor pronóstico temprano de utilidad diagnóstica. **Objetivo.** Generar una ecuación de predicción de RE en reposo, en pacientes con disfunciones metabólicas (diabetes, síndrome metabólico, obesidad) con la inclusión de los componentes corporales MLG y masa grasa (MG), como herramienta para la consulta de nutrición clínica. **Métodos.** Estudio transversal, descriptivo y correlacional, con una muestra de 3.946 pacientes adultos (1.445 hombres y 2.501 mujeres) con edades comprendidas entre 19 y 91 años de edad, que asistieron a la consulta externa de nutrición del Hospital Militar Universitario "Dr. Carlos Arvelo". La CC fue evaluada por antropometría y por plestimografía por desplazamiento de aire (PDA), siguiendo el protocolo diseñado en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de la Universidad Simón Bolívar. **Resultados.** Se derivaron dos ecuaciones: en mujeres  $TMR = 939,839 - (3,507 * Edad) - (0,272 * Talla) + (9,939 * MG) + (9,976 * MLG)$  y la ecuación  $TMR = 975,761 - (7,201 * Edad) + (0,855 * Talla) + (12,519 * MG) + (12,581 * MLG)$ , en hombres. **Conclusiones.** Se encontró una correlación positiva entre los indicadores de composición corporal MLG y MG además de una correlación negativa entre la edad y las ecuaciones generadas reflejando disminución del gasto energético en el adulto mayor. *Diabetes Actual, 2025; Vol 3 (2): 79-100.*

**Palabras clave:** Tasa metabólica en reposo, composición corporal, masa libre de grasa, masa grasa.

## PROPOSAL OF AN EQUATION TO ESTIMATE RESTING METABOLIC RATE BASED ON BODY COMPOSITION IN PATIENTS WITH METABOLIC DYSFUNCTIONS (DIABETES, METABOLIC SYNDROME, OBESITY)

### Abstract

**Introduction.** In Venezuela, few published studies have assessed body composition (BC) to calculate energy requirements for dietary regimens, particularly in patients with metabolic dysfunctions. In the absence of indirect calorimetry, nutritionists and physicians must estimate energy requirements (ER). However, many predictive equations fail to account for alterations due to metabolic disorders such as diabetes, somatic aging, and nutritional stress—factors that modify ER estimates. A reduction in fat-free lean mass (FFLM) serves as a marker of disease severity, providing early prognostic and diagnostic value. **Objective.** To develop a predictive equation for resting energy requirements (RER) in patients with metabolic dysfunctions (diabetes, metabolic syndrome, obesity), incorporating FFLM and fat mass (FM) as clinical nutrition tools. **Methods.** A cross-sectional, descriptive, and correlational study was conducted with 3,946 adult patients (1,445 men and 2,501 women), aged 19–91 years, attending the outpatient nutrition clinic at the "Dr. Carlos Arvelo" Military University Hospital. BC was assessed using anthropometry and air displacement plethysmography (ADP), following the protocol established at the Nutritional Assessment Laboratory of Simón Bolívar University. **Results.** Two predictive equations were derived: Women:  $RMR = 939.839 - (3.507 \times Age) - (0.272 \times Height) + (9.939 \times FM) + (9.976 \times FFLM)$ . Men:  $RMR = 975.761 - (7.201 \times Age) + (0.855 \times Height) + (12.519 \times FM) + (12.581 \times FFLM)$ . **Conclusions.** Positive correlations were observed between FFLM and FM, while age showed a negative correlation with the generated equations, reflecting reduced energy expenditure in older adults. *Diabetes Actual, 2025; Vol 3 (2): 79-100.*

**Keywords:** Resting metabolic rate, body composition, fat-free lean mass, fat mass.

<sup>1</sup>Lic. en Nutrición y Dietética (UCV). MSc. en Nutrición (USB). Dr. en Nutrición (USB). Servicio de Endocrinología. Hospital Universitario "Dr. Carlos Arvelo". Caracas, Venezuela. <sup>2</sup>Antropólogo Físico (UCV). MSc en Nutrición (USB). DEA en Fisiología y Genética (UPV/EHU). PhD en Ciencias (UPV/EHU). Profesor Titular. Dpto. Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. <sup>3</sup>Lic. En Matemáticas (UCV). MSc en Estadística (USB). Dra. en Ingeniería (USB). Profesora Agregado. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. Autor para correspondencia: Luis Flores, correo electrónico: luisflowers@gmail.com



## **INTRODUCCIÓN**

Existe un creciente interés por estudiar el gasto energético (GE) en diferentes situaciones en el ámbito hospitalario y determinar el requerimiento energético de los pacientes, entre otras razones tenemos: a) prescripción de una dieta hipocalórica "efectiva", b) predicción de la pérdida de peso esperable con un plan de dieta, c) seguimiento del gasto energético a través del ejercicio físico, d) educación sobre modificaciones en el estilo de vida, e) planteamiento de soporte nutricional artificial evitando los déficits y excesos, d) investigación. Entre las herramientas que nos permiten obtener el GE se encuentran disponibles la calorimetría indirecta (CI) y las ecuaciones predictivas siendo estas últimas las más utilizadas debido a su facilidad de uso. Sin embargo, para que una fórmula pueda ser precisa, es necesario considerar ciertos aspectos como los componentes del GE y las variables que puedan modificar estos componentes.

El comité de expertos en necesidades de energía y proteínas de la FAO/OMS/UNU reunido en 1981, estableció tres nuevos principios para estimación de las necesidades de energía que se enuncian a continuación: estos deben basarse en la medición del gasto en vez de la ingesta; a) la tasa de metabolismo basal (TMB) es el mayor componente del requerimiento calórico, b) reduce cualquier otro gasto a múltiplos de éste, c) se desarrollaron ecuaciones lineales para el cálculo de la TMB, según sexo y peso corporal y se incorporaron las actividades discretionales para la estimación del requerimiento de energía y las actividades ocupacionales se clasificaron en ligeras, moderadas e intensas (1).

Se define el requerimiento de energía de un individuo como "las dosis de energía alimentaria que compensan el gasto de energía, cuando el tamaño, composición del organismo y el grado de

actividad física de ese individuo son compatibles con un estado duradero de buena salud y permite el mantenimiento de la actividad física que sea económicamente necesaria y socialmente deseable". Para los niños, embarazadas y madres lactantes, se incluyen en el cálculo, las necesidades asociadas a la formación de tejidos o la secreción de leche (1,2).

El análisis de la composición corporal constituye una parte fundamental en la valoración del estado nutricional. La composición corporal se ocupa de la cuantificación in vivo de los componentes corporales, las relaciones cuantitativas entre los componentes y los cambios cuantitativos en los mismos relacionados con factores influyentes. Por otra parte, el estudio de la composición corporal resultará imprescindible para comprender los efectos que la dieta, el ejercicio físico, la enfermedad y el crecimiento físico, entre otros factores del entorno, que se presentan sobre nuestro organismo (3). La provisión de apoyo nutricional apropiado es necesaria para que las personas logren y mantengan un peso corporal deseable y para mejorar el estado nutricional. El éxito del apoyo nutricional se basa en estimar con precisión los requerimientos de energía para que se pueda proporcionar la energía y los nutrientes adecuados, mientras se evitan los resultados negativos asociados con la alimentación insuficiente o excesiva.

La disyuntiva entre la tasa metabólica en reposo (TMR) medida y TMR calculada en el manejo nutricional del individuo sano y enfermo, se mantiene, pese al desarrollo de modernos calorímetros, más sofisticados, transportables y con mejores programas informáticos, estos siguen teniendo en su contra su costo, disponibilidad, tiempo, control de variables y personal calificado y entrenado para su manejo. La facilidad de uso, el hecho de no precisar personal especializado, su costo, su disponibilidad en cualquier momento y

la diversidad actual de las ecuaciones predictivas representan la razón principal para avalar su uso. Tienen en su contra, que llevan en sí mismas la posibilidad de error por la gran variabilidad de las poblaciones donde se empleen.

El Gasto Energético Total (GET) representa la energía que el organismo consume; está constituido por la suma del gasto energético basal (GEB), también la TMB, la termogénesis endógena (TE) y la actividad física (AF). La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el GET como: "el nivel de energía necesario para mantener el equilibrio entre el consumo y el gasto energético, cuando el individuo presenta peso, composición corporal y actividad física compatibles con un buen estado de salud, debiéndose hacer ajustes para individuos con diferentes estados fisiológicos como crecimiento, gestación, lactancia y envejecimiento" (4).

Entre el año 2015 y el año 2016 el Instituto Nacional de Nutrición (INN) conjuntamente con otras instituciones llevó a cabo la actualización de los Valores de Energía y Nutrientes para la Población Venezolana. En el mismo se mantiene la metodología del informe del comité de expertos FAO/OMS/UNU 2004 para el cálculo de los requerimientos de energía. Esta nueva versión obedeció a una revisión de la metodología para el cálculo de los requerimientos de energía y nutrientes. En tal sentido, a nivel nacional, se identificaron tres grandes cambios desde la última versión oficial: 1) transformaciones en la estructura poblacional, el consumo de alimentos y en la composición corporal de la población venezolana; 2) disponibilidad nacional de datos antropométricos actualizados para realizar estimaciones factoriales; 3) cambios en el modelo de desarrollo, donde se modifica el enfoque biomédico de las políticas públicas en alimentación y nutrición (5).

Los componentes del gasto energético, es decir el metabolismo basal y el gasto que requiere cualquier AF, se pueden determinar por calorimetría, la cual puede ser directa o indirecta que por su complejidad para la medición, tiempo y costo se emplean más en el ámbito de la investigación y en individuos sanos. Debido a lo anteriormente expuesto históricamente, los nutricionistas han utilizado ecuaciones predictivas (EP) para estimar la TMR, pero los estudios de validación han encontrado que estas ecuaciones pueden sobrestimar o subestimar el requerimiento energético; en algunos, el error reportado es del 20% y en otros, la imprecisión es del orden de 200 Kcal, aunque leve, es importante, ya que puede promover la ganancia de peso en adultos (4).

Venezuela no escapa a esta realidad, siendo muy pocos los trabajos publicados en los que se determina el gasto energético por calorimetría o por medición de la ingesta, en cambio se acepta el uso de EP para su determinación sobre todo en población hospitalaria. Otro determinante de la TMR, es la composición corporal, especialmente MLG; existen diferentes métodos para determinarla, entre ellos la densitometría, la absorciometría dual de energía radiológica –DEXA–, la tomografía, la medición del agua corporal total (ACT), la antropometría y la Bioimpedancia (BIA). El uso de este último se ha extendido pues no es invasivo, de rápida aplicación, bajo costo, alta precisión y seguridad. La TMR está estrechamente relacionada con medidas de la Masa Libre de Grasa (MLG). En individuos de edad, sexo, altura y peso similares, las diferencias en la MLG tienen en cuenta para aproximadamente el 80% de la varianza la TMR medida. Las diferencias en la masa corporal magra también explican la mayor parte de la diferencia observada en TMR entre hombres y mujeres, y entre adultos jóvenes y mayores de alturas y pesos similares (6).

La MLG es el mejor predictor individual de la TMR, explicando mucho de la variabilidad interindividual de la TMR. Algunos investigadores informan que la grasa corporal es un predictor independiente de la variación interindividual de la TMR, lo cual es lógico considerando que el tejido adiposo tiene una tasa de consumo de oxígeno a una velocidad de 0,4 ml/kg/min. Esta tasa de consumo de oxígeno es mucho menor que la del tejido magro, y sugiere que se debe evaluar un gran número de sujetos para detectar un efecto de la grasa corporal en la TMR en estudios de población de corte transversal. Además, se deben emplear métodos robustos para medir la composición corporal y TMR. Sin embargo, una porción significativa de la variabilidad interindividual en TMR permanece sin explicación incluso cuando se conoce la MLG y MG (7).

En tal sentido, se plantea como objetivo general, generar a partir de los valores del método factorial (8), una ecuación para estimar la TMR a partir de la determinación por Pletismografía de desplazamiento de aire (PDA) de los componentes de la composición corporal MLG y Masa Grasa (MG) que permita una cuantificación de las necesidades energéticas en individuos sin diagnóstico de enfermedad y enfermos que asistan a la consulta de Nutrición del Hospital Militar Universitario Dr. "Carlos Arvelo".

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### *Tipo de estudio*

Se trata de un estudio descriptivo de corte transversal, donde se evaluó un grupo de 3.946 pacientes adultos (1.445 de sexo masculino y 2.501 de sexo femenino) con edades comprendidas entre 19 y 91 años de edad, que asistieron a la

consulta externa de nutrición del Hospital Militar Universitario "Dr. Carlos Arvelo". Se incluyeron en el estudio todos aquellos individuos medidos y registrados en la base de datos del equipo de medición y que cumplieran con los criterios de inclusión. Las mediciones fueron realizadas en la sede de la Unidad de Composición Corporal del Hospital Militar Universitario "Dr. Carlos Arvelo". Se procedió a la evaluación antropométrica y evaluación de la composición corporal por PDA. Las evaluaciones fueron realizadas por el personal de técnicos que labora en unidad bajo la supervisión del autor, quienes están estandarizados en todos los métodos de recolección y entrenados en el manejo y calibración de los equipos.

### *Criterios de Inclusión*

Pacientes del sexo femenino y masculino, con edades comprendidas entre 18 y más años, que asistieron a la consulta externa de nutrición del hospital militar "Dr. Carlos Arvelo", referidos por los distintos servicios médicos de la institución, entre los meses previstos para la selección de la muestra (octubre 2014 a septiembre 2021), con diagnósticos de enfermedad carencial, gastrointestinal, endocrina, cardiovascular y con estado nutricional adecuado.

### *Criterios de Exclusión*

A fin de minimizar el efecto de factores sobre la composición corporal, se incorporaron al protocolo de estudio los siguientes criterios de exclusión: edemas, amputaciones de miembros inferiores y superiores, ingesta de medicamentos que alteran la composición corporal como esteroides e hidrocortisona, tratamientos para otras patologías de base como quimioterapia y radioterapia. Con la finalidad de cumplir con los requisitos de la técnica empleada en este estudio, también fueron excluidos aquellos pacientes que no estuviesen en ayunas, que no hubiesen

vaciado su vejiga, que estuviesen sudando, que hubiesen ingerido líquidos 2 horas antes del estudio, mujeres menstruando, condiciones todas que interfieren con los resultados de las técnicas de medición. Así mismo, fueron excluidas las pacientes embarazadas. Al momento de la evaluación, y tras el levantamiento de su respectiva historia clínica, pudieran considerarse criterios de exclusión adicionales no contemplados en el protocolo inicial.

### *Diseño experimental*

**Selección de la muestra.** Todos los sujetos que asistieron a la consulta de nutrición y se les realizó PDA, registrados en la base de datos del equipo. El registro comprendió datos personales, tales como su número de cedula de identidad, edad, sexo, fecha de nacimiento y los valores de composición corporal obtenidos de la medición.

**Evaluación antropométrica.** A los sujetos seleccionados, se les solicitó cambiarse en el respectivo vestuario según sexo y quedar en traje de baño o prenda ajustada al cuerpo. Todas las medidas antropométricas fueron tomadas previa estandarización en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de la Universidad Simón Bolívar, siguiendo las técnicas descritas por el Programa Biológico Internacional, las cuales aparecen descritas en el Manual de Procedimientos y Técnicas Antropométricas de la Universidad Simón Bolívar (9). A todos los pacientes se les tomó las siguientes medidas antropométricas: peso y estatura y luego se construyeron los indicadores IMC y porcentaje de grasa corporal (ecuación de Siri, 1961). Todos los datos se registraron en el equipo y transferidos a una hoja de Excel para el procesamiento estadístico posterior cuadro correspondiente.

**Evaluación de Pletismografía de desplazamiento de aire (PDA).** Las evaluaciones fueron realizadas

en la Unidad de Composición Corporal del Hospital Militar "Dr. Carlos Arvelo", lugar en donde está localizado el equipo BOD POD (Cosmed Inc®), de fabricación italiana. A los sujetos se le colocó un gorro de natación en el cabello y se le tomó registro del peso en una balanza electrónica conectada al equipo y a la computadora, en donde se ingresaron sus datos personales y se determinó que tipo de medición (volumen predictivo o volumen medido) se va aplicar. De acuerdo a las características raciales del sujeto a medir, se ajustó el tipo de ecuación de densidad que se va a utilizar. Para el estudio se empleó la ecuación de Siri.

**Indicadores de composición corporal por antropometría y PDA.** A partir de las diferentes variables obtenidas, se construyeron los indicadores que a continuación se presentan: Índice de Masa Corporal, %GC, MG y MLG.

**Valores de Referencia y puntos de corte.** Se utilizaron los valores de referencia de la OMS y los valores de referencia por edad y sexo del Laboratorio de Evaluación Nutricional de la Universidad Simón Bolívar (9), tomando los puntos de corte de sus valores mínimos y máximos para su comparación.

**Porcentaje de Grasa Corporal (%GC).** Se utilizaron los valores de referencia del porcentaje de grasa aceptados por la OMS de 25% sexo masculino y 35% sexo femenino.

**Procesamiento Estadístico.** Para el análisis estadístico los datos fueron tabulados bajo Excel® 2010, siendo procesados con JASP® 14.0.1 en el cual se aplicaron estadísticas descriptivas como la media y la desviación estándar, para describir el comportamiento de la muestra a evaluar. En donde fue necesario para la representación gráfica se empleó Medcal 15.0. Se aplicó la prueba "t" de student, para conocer las diferencias por sexo de

los sujetos evaluados y la prueba de ANOVA de una vía para conocer las diferencias por grupo de edad y grupo de enfermedad. En todos los casos se estableció un nivel de significación de  $p < 0,05$ . Para analizar la relación entre una variable dependiente métrica y varias variables independientes también métricas con el objetivo principal de predecir la única variable dependiente se ejecutó una prueba de regresión múltiple. Se creó un modelo de regresión lineal que cumpla con los siguientes supuestos: linealidad, independencia, homocedasticidad, normalidad y no colinealidad. Para la linealidad se aplicó la prueba de coeficientes de correlación de Pearson con los siguientes criterios para su interpretación:  $r =$  entre 0,01 -- 0,39 indica una correlación baja positiva,  $r =$  entre 0,4 – 0,69 indica una correlación moderada positiva,  $r =$  entre 0,70 – 0,99 indica una correlación alta positiva,  $r =$  entre -0,01 – -0,39 indica una correlación baja negativa,  $r =$  entre -0,4 – -0,69 indica una correlación moderada negativa y  $r =$  entre -0,70 – -0,99 indica una correlación alta negativa. La interpretación del coeficiente de correlación de Pearson oscila entre -1 y +1, indicándonos asociaciones negativas o positivas respectivamente, 0 (cero), significa no correlación (10). El supuesto de la independencia de los errores se verificó mediante el estadístico de Durbin-Watson, considerándose independientes si el estadístico se encuentra entre 1,5 y 2,5. El supuesto de la homocedasticidad se verificó mediante el estadístico de Levene o un gráfico de dispersión (ZPRED = pronósticos tipificados y ZRESID = residuos tipificados). El supuesto de la normalidad se verificó gráficamente mediante un gráfico de probabilidad normal. Para detectar si hubo multicolinealidad entre las variables independientes se emplearon los procedimientos de tolerancia y el factor de inflación de la varianza (FIV). Se establece que una tolerancia menor de 0,10 y que un valor FIV mayor de 10 diagnostican problemas de colinealidad. Se aplicó la prueba ANOVA para conocer si el modelo de

regresión da como resultado una predicción estadísticamente significativamente mejor de la variable dependiente, que si solo usara el valor medio. Para conocer la variación relativa entre los componentes de la composición corporal y las ecuaciones predictivas se empleó el coeficiente de variación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

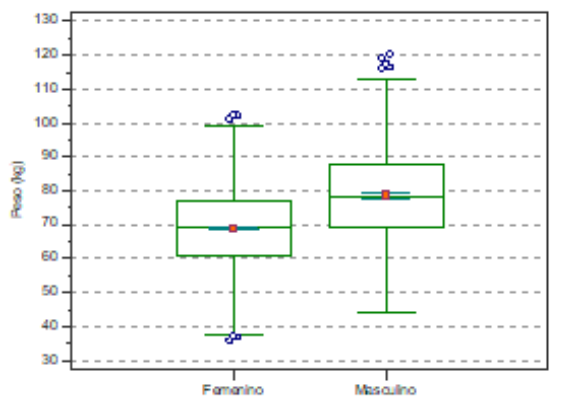
**Características del grupo en estudio.** A partir de una muestra intencional no probabilística, se estudiaron 3946 sujetos con enfermedad endocrina (66,9%), cardiovascular (18,0%), gastrointestinal (2,7%), carencial (1,0%) y sin diagnóstico de enfermedad (11,4%), todos metabólicamente estables, 1445 del sexo masculino (36,7%) y 2501 del sexo femenino (63,3%), con edades comprendidas entre los 18 y 91 años. La edad promedio del total de los sujetos fue  $53,02 \pm 14,08$ , con una clasificación de IMC de sobrepeso  $28,02 \pm 4,05$  y un porcentaje de grasa  $40,32 \pm 10,22$  que diagnóstica obesidad. La edad promedio de los sujetos del sexo femenino fue  $52,19 \text{ años} \pm 14,55 \text{ años}$  con un de IMC  $28,28 \pm 4,12$  que clasifica sobrepeso y un porcentaje de grasa  $44,28 \pm 8,63$  que diagnóstica obesidad. La edad del sexo masculino fue de  $54,45 \text{ años} \pm 13,11$  y un IMC  $27,56 \pm 3,87$  que clasifica como sobrepeso y un porcentaje de grasa  $33,46 \pm 9,05$  que diagnóstica obesidad (Tabla 1).

**Peso.** En relación con el peso, el promedio del grupo total para esta variable fue de  $72,41 \text{ Kg} \pm 12,94 \text{ kg}$ . Cuando se comparó por sexo, se observó que es mayor en el sexo masculino ( $p < 0,05$ ). Los hombres mostraron un promedio de  $9,92 \text{ Kg}$ . más que las mujeres (Figura. 1). Ortiz (2012) reportó resultados similares en un estudio de prevalencia de obesidad donde los hombres

**Tabla 1.** Estadística descriptiva de las variables antropométricas, composición corporal y de tasa metabólica en reposo por muestra total y por sexo

Variables	Muestra Total				Mujeres (n = 2.501)				Hombres (n = 1.445)			
	V.Mín	V.Máx	Media	DE	V.Mín	V.Máx	Media	DE	V.Mín	V.Máx	Media	DE
Edad (años)	19	91	53,02	14,08	19	89	52,19	14,55	19	91	54,45	13,11
Peso (kg)	35,8	120,3	72,41	12,94	35,8	102,3	68,78	11,28	43,8	120,3	78,70	13,22
Talla (cm)	130	190	160,60	9,15	130	181	155,88	6,55	146	190	168,76	7,02
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	15,6	35,0	28,02	4,05	15,6	35	28,28	4,12	16,2	35	27,56	3,87
Masa grasa (kg)	4,1	61,8	29,54	9,80	4,3	57,7	31,00	9,265	4,1	61,8	27,03	10,20
P.Grasa	6,9	67,8	40,32	10,22	8,9	67,8	44,28	8,63	6,9	56,8	33,46	9,05
MLG (kg)	23,0	74,8	42,86	9,27	23	58	37,78	5,81	30,9	74,8	51,67	7,35
Ec. Nelson (kcal)	695	2047	1225,36	239,37	695	1671	1100,01	157,25	865	2047	1442,33	198,50
Ec. OMS (kcal)	985	2369	1515,58	230,73	985	1830	1399,49	136,31	1079	2369	1716,52	222,54
Ec. generada (kcal)	992	2347	1515,53	224,72	992	1791	1399,43	130,98	1159	2347	1716,47	210,98

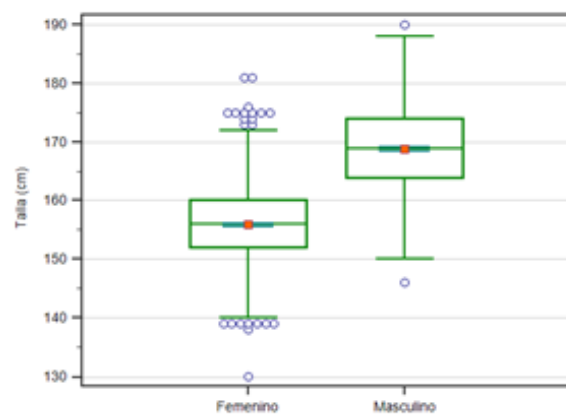
Unidades: IMC=Índice de masa corporal en Kg/m<sup>2</sup>; P.Grasa= Porcentaje de grasa corporal; MLG= Masa libre de grasa; DE= Desviación estándar; V.Mín= Valor mínimo; V.Máx= Valor máximo.



**Figura 1.** Distribución de los valores de peso (kg) por sexo de la muestra de pacientes evaluados

mostraron un promedio de 10,11 Kg. más que las mujeres. Las diferencias por sexo se basan en un aumento de la masa grasa corporal total, y más concretamente en los miembros inferiores durante la pubertad en las mujeres, mientras que los hombres presentan un aumento de la masa corporal magra (11).

**Estatura.** En la talla se pudo observar una diferencia significativa entre sexos ( $p < 0,05$ ), relacionada con el dimorfismo sexual. El promedio para el grupo total de esta variable fue de 160,6 cm  $\pm$  9,15 cm. La talla para los hombres fue de 12,88 cm mayor que el de las mujeres (Figura 2). Sotillo y Spizzo (12) y Ortiz (13) reportaron resultados similares a los encontrados en la presente investigación,



**Figura 2.** Distribución de los valores de talla (cm) por sexo de la muestra de pacientes evaluados

coincidiendo un mínimo de 10 cm de diferencia en las tallas promedios por sexo. Este dimorfismo sexual para la estatura fue similar al reportado para la población venezolana (14).

Las diferencias en el tamaño del cuerpo adulto se ilustran mejor con la estatura, que en promedio es un 7% mayor en los hombres, pero varía significativamente entre poblaciones. Este dimorfismo surge principalmente durante el crecimiento posnatal, recién nacidos varones son un 1% más largos que las hembras al nacer. Durante la infancia, el dimorfismo en tamaño sigue siendo menor hasta el inicio de la pubertad. Aquí, los dos sexos toman caminos divergentes, con mujeres que pasan por la pubertad antes y dejan de crecer a una edad más temprana,

mientras los varones mantienen su crecimiento. La diferencia de sexo en estatura se puede atribuir principalmente a diferencias en la longitud de las piernas y, por lo tanto, además del dimorfismo de tamaño, también hay dimorfismo en las proporciones corporales (15).

### Indicadores de Composición Corporal

Índice de Masa Corporal (IMC). Con respecto al IMC, el promedio para el grupo total fue de  $28,02 \text{ kg/m}^2 \pm 4,05 \text{ kg/m}^2$ , el sexo masculino presentó un promedio de  $27,56 \text{ kg/m}^2 \pm 3,87 \text{ kg/m}^2$ , mientras en el sexo femenino, el promedio fue  $28,28 \text{ kg/m}^2 \pm 4,12 \text{ kg/m}^2$  ( $p > 0,05$ ) (Tabla 2 y 3). En la figura 3, se presenta la distribución de los valores del IMC por sexo. Se pudo observar que el

**Tabla 2.** Modelo de regresión para sexo femenino

Coeficientes		Estadísticas colinealidad						
Modelo		No estandarizado	ES	Estandarizado	t	p	Tolerancia	VIF
H <sub>1</sub>	(constantes)	939.839	21.339		44.043	< .001		
	Edad	-3.507	0.057	-0.374	-61.815	< .001	0.838	1.194
	Talla	-0.272	0.146	-0.013	-1.858	0.063	0.622	1.608
	MG	9.939	0.083	0.675	119.185	< .001	0.957	1.045
	MLG	9.976	0.158	0.426	63.279	< .001	0.679	1.472

Unidades: edad en años; peso en kg.; talla en cm; MG en kg; MLG en kg; ES= Error estándar; VIF= Factor de inflación de la varianza

$$\text{TMR} = 939,839 - (3,507 * \text{Edad}) - (0,272 * \text{Talla}) + (9,939 * \text{MG}) + (9,976 * \text{MLG})$$

**Tabla 3.** Modelo de regresión para sexo masculino

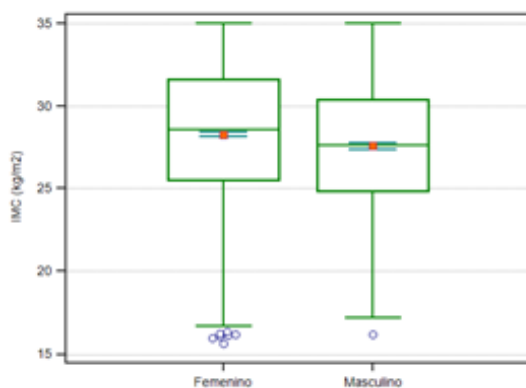
Coeficientes		Estadísticas colinealidad						
Modelo		No estandarizado	ES	Estandarizado	t	p	Tolerancia	VIF
H <sub>1</sub>	(constantes)	975.761	52.095		18.730	< .001		
	Edad	-7.201	0.149	-0.424	-48.469	< .001	0.917	1.091
	Talla	0.855	0.350	0.027	2.445	0.015	0.576	1.735
	MG	12.519	0.189	0.574	66.161	< .001	0.932	1.073
	MLG	12.581	0.326	0.416	38.575	< .001	0.605	1.653

Unidades: edad en años; peso en kg.; talla en cm; MG en kg; MLG en kg; ES= Error estándar; VIF= Factor de inflación de la varianza

$$\text{TMR} = 975,761 - (7,201 * \text{Edad}) + (0,855 * \text{Talla}) + (12,519 * \text{MG}) + (12,581 * \text{MLG})$$

IMC es mayor en el sexo femenino que en el sexo masculino, ambos en el rango clasificado como sobrepeso ( $25 \text{ kg/m}^2 - 29,99 \text{ kg/m}^2$ ) (Figura 3).

Como el IMC está basado solamente en el peso normalizado por la talla (el cual cambia de manera significativa con los cambios en composición corporal), tenemos que un IMC elevado puede reflejar un incremento tanto en masa grasa como en la masa libre de grasa (8). En general, el peso es el resultado de una mezcla de diferentes tejidos en proporciones variables, las cuales no pueden ser determinadas mediante una báscula común. La evaluación del significado del peso debe tener en cuenta la talla, el tamaño de la estructura corporal y la proporción de masa muscular, grasa y hueso. Su variación, por lo tanto, puede ser el resultado de un cambio en la grasa corporal, lo que refleja de manera indirecta el ingreso energético; pero también puede estar en relación con retención de líquido (edema) o los producidos por cambios en el tamaño de las vísceras. Se ha sugerido que descensos en el IMC pueden asociarse al descenso en la masa muscular y a la redistribución del tejido adiposo del hombre, evento que comienza a partir de los 40 años y se acentúa a partir de los 60 años, manifestándose como una condición referida como sarcopenia. En este sentido, al no discriminar entre grasa y masa libre de grasa, el

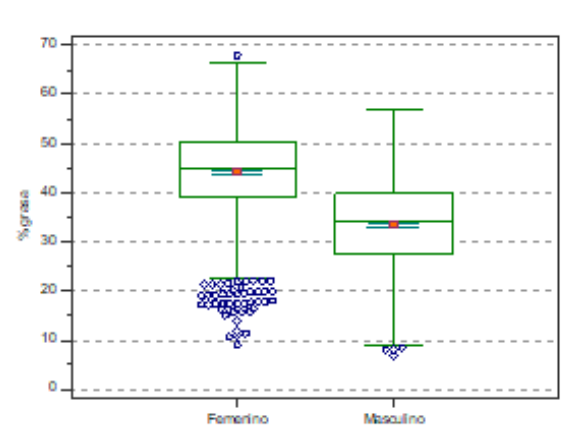


**Figura 3.** Distribución de los valores del IMC por sexo de la muestra de pacientes evaluados

IMC no es el mejor indicador para explicar los cambios en la composición corporal (16).

**Masa Grasa y Porcentaje de Grasa Corporal (PGC).** Es evidente el dimorfismo sexual para este indicador, al presentar las mujeres mayor adiposidad que los hombres  $44,28\% \pm 8,63$  y  $33,46\% \pm 9,05$  respectivamente ( $p < 0,05$ ). La diferencia fue  $10,82\%$ , y se visualiza más claramente en la figura 4. En ella se apreció que el porcentaje de grasa para ambos sexos se ubicó por encima de los valores de punto de corte establecidos, siendo mayor en el sexo femenino, que en el sexo masculino.

La diferencia en el porcentaje de grasa entre sexos no difiere de lo descrito en la literatura acerca del sexo y la composición corporal. Las diferencias en el sexo comienzan en la edad fetal haciéndose más pronunciadas en la pubertad. Los hombres tienen más masa muscular y ósea y menos masa grasa que las mujeres. Estas diferencias permanecen constantes durante el transcurso de la vida, incluso después de ajustarse las diferencias en talla (15). No solo hay diferencias en cantidad de los componentes de la composición corporal entre sexos, sino que la distribución de grasa y masa



**Figura 4.** Distribución de los valores del porcentaje de grasa corporal por sexo de la muestra de pacientes evaluados

muscular difiere también (17). En las mujeres la grasa es almacenada de forma periférica mientras que los hombres en gran parte a nivel abdominal. Los hombres tienen mayor masa muscular en las extremidades superiores, mientras que en las extremidades inferiores está diferencia es menor (18). En la figura 5 se presenta la distribución de los valores de grasa (kg) por sexo por grupos de edad. En el femenino, los valores de masa grasa aumentan a los 30 años y se mantuvieron estables hasta 60 años donde hay un declive. Para todos los grupos de edad al llevar a grasa relativa se observaron porcentajes de grasas altos, hasta los 60 y más años donde el valor disminuye, pero sigue permaneciendo alto.

En el sexo masculino por grupos de edad. Al igual que para el sexo femenino los valores de masa grasa aumentan a los 30 años y se mantuvieron estables hasta 60 años donde hay un declive. Para todos los grupos de edad al llevar a grasa relativa se observaron porcentajes de grasas altos, hasta los 60 y más años donde el valor disminuye, pero sigue permaneciendo alto.

Se observó un incremento del porcentaje de grasa con la edad, desde los 30 hasta los 60 años, lo cual coincide con lo descrito en la literatura, donde se atribuye la ganancia de peso con la edad al aumento de los depósitos de grasa (19). A partir de los 60 años los valores de masa libre de grasa, masa musculo esquelética, potasio corporal total eran menores que en individuos más jóvenes y la masa grasa se mantenía en aumento hasta los 75 años (20).

Estos cambios en el porcentaje de grasa con el aumento de la edad pueden ser atribuibles a cambios en la ingesta de alimentos y disminución en la actividad física, con disminución de la masa muscular, sobre todo a partir de los 60 años (21). Así mismo, reportaron en un grupo de adultos de edades similares a los evaluados en el presente estudio, y encontró un patrón de dieta inadecuado y que la prevalencia de aumento de peso se debía además a la inactividad física de su población, la cual fue de aproximadamente del 68%.

### Masa Libre de Grasa (MLG).

Es también evidente el dimorfismo sexual para este indicador, al presentar los hombres mayores MLG que las mujeres  $51,67 \text{ kg} \pm 7,35$  y  $37,78 \text{ kg} \pm 5,81$  respectivamente ( $p < 0,05$ ). La diferencia fue 13,89 kg, y se visualiza más claramente en la figura 6.

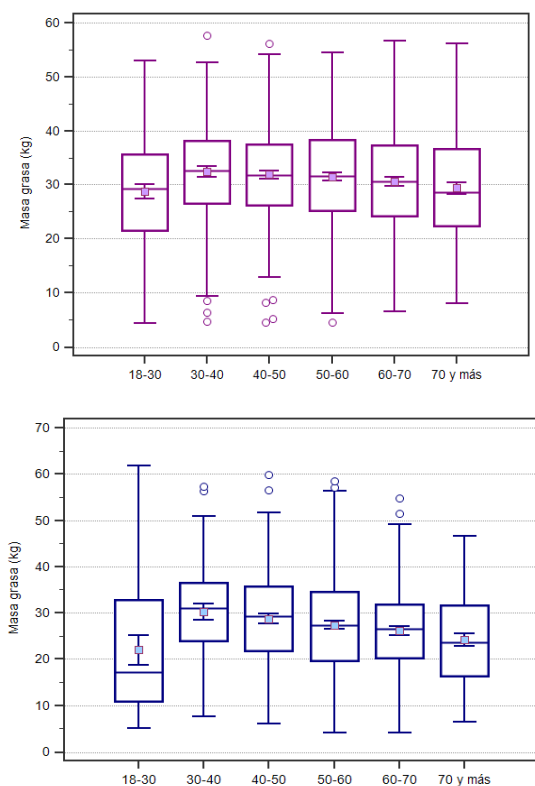
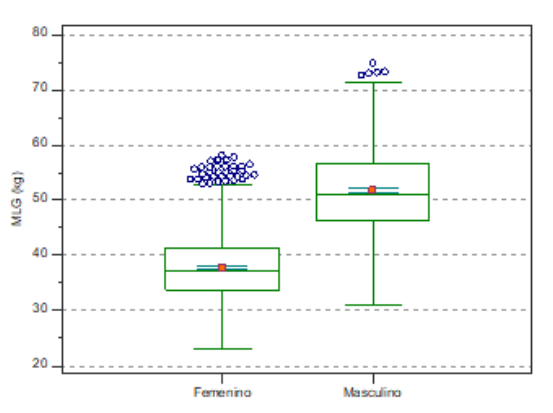
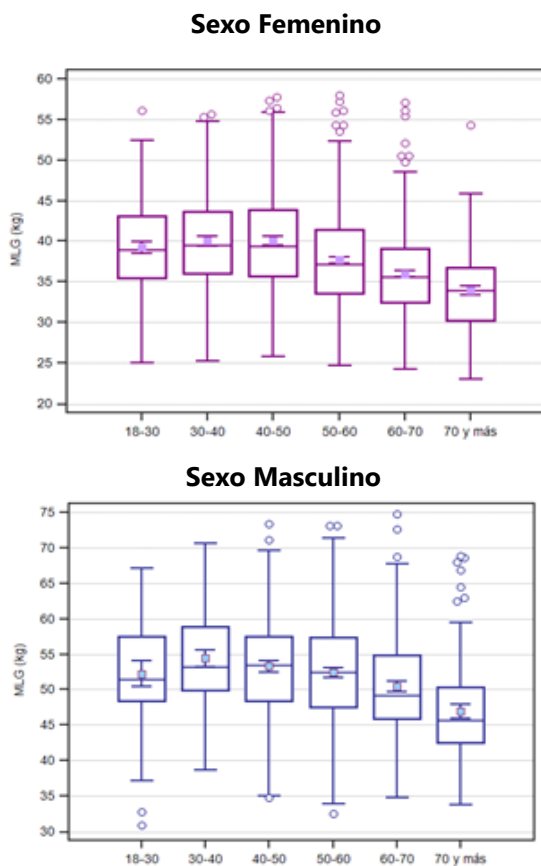


Figura 5. Distribución de la masa grasa (kg) por sexos y por grupo de edad



**Figura 6.** Distribución de los valores de la masa libre de grasa por sexo de la muestra de pacientes evaluados



**Figura 7.** Distribución de los valores de la masa libre de grasa por sexo de la muestra de pacientes evaluados

En la figura 7 se presenta la distribución de los valores de MLG (kg) por sexo y por grupos de edad. En las mujeres, los valores de MLG aumentan a los 30 años y se mantuvieron estables hasta 50 años donde declina y se mantiene en declive hasta los 70 y más años. En los hombres, los valores de MLG aumentan a los 30 años y se mantuvieron estables hasta 50 años donde declina y se mantiene en declive hasta los 70 y más años, con patrón similar al sexo femenino.

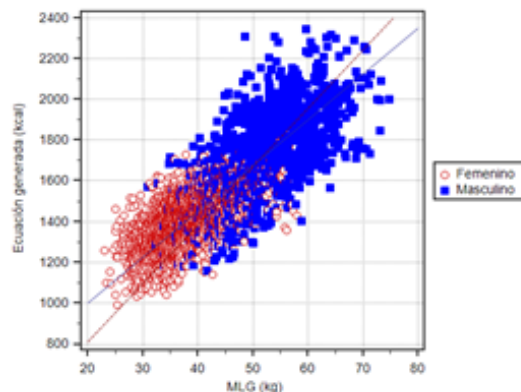
Se sabe que existen diferencias absolutas entre sujetos jóvenes y mayores de similar tamaño corporal en los compartimentos individuales que componen la MLG. Además, la pérdida de MLG y el aumento relativo de la MG con el envejecimiento se han documentado en diferentes entornos clínicos y pueden ocurrir incluso en adultos mayores sanos (22). Paralelamente al aumento de la masa grasa vinculado al envejecimiento se produce un descenso de la masa libre de grasa (que incluye músculo, órganos, piel y hueso), siendo la mayoría de esta pérdida atribuida a una reducción del músculo esquelético y densidad mineral ósea. En concreto, la masa muscular, componente principal de la masa libre de grasa, comienza a descender progresivamente con un aceleramiento de la pérdida después de los 60, siendo esta pérdida más pronunciada en hombres que en mujeres. Los primeros trabajos relativos a este tema estiman que el ritmo de pérdida se encuentra entre un 0,5 y un 2% por año. La pérdida de masa muscular relativa es más temprana, situándose a la edad de 30 años, la masa muscular absoluta no comienza a descender hasta la quinta década de vida; siendo además mayor en las extremidades inferiores que en las superiores. Además, se ha observado que éste fenómeno se produce en todas las personas mayores durante el envejecimiento y que esta pérdida puede ser independiente al peso corporal del sujeto, por lo que el mantenimiento de una masa corporal estable podría resultar en un enmascaramiento del descenso de la masa muscular (23).

### Ecuaciones Predictivas de la Tasa Metabólica en Reposo (TMR)

Generación de Ecuación de Predicción Tasa Metabólica en Reposo (TMR). Se realizó una regresión múltiple en uno y otro sexo para predecir la TMR a partir de la edad, la talla, MG y la MLG (Tablas 2 y 3). Los datos se examinaron en busca de suposiciones y valores atípicos, y no se encontraron valores atípicos. Se encontró que se cumplían todos los supuestos de linealidad, normalidad, homocedasticidad y multicolinealidad. El modelo de regresión múltiple predijo de forma estadísticamente significativa la TMR  $p= 0,001$ ,  $R^2$  ajustado= 0.923 para el sexo femenino y  $p= 0,001$ ,  $R^2$  ajustado= 0.899 para el sexo masculino. Las cuatro variables agregaron significancia estadística a la predicción. Los coeficientes de regresión y los errores estándar se pueden encontrar en las Tablas 2 y 3. La edad y la talla predijeron negativamente la TMR para el sexo femenino mientras que para el sexo masculino solo la talla predijo negativamente la TMR.

Correlación de Ecuación de Predicción Tasa Metabólica en Reposo (TMR) con variables de composición corporal. La figura 8 presenta la correlación de la MLG con la ecuación generada, siendo alta positiva  $r=0,8055$   $p<0,001$ . La tasa metabólica en reposo, definida como la tasa de gasto de energía medida en reposo después de una noche en ayunas, está determinada principalmente por la masa libre de grasa. Se han publicado varios estudios sobre la relación entre RMR y MLG y todos han demostrado que TMR está fuertemente asociada con MLG. La MLG explica del 70% al 80% de la variabilidad de la TMR.

Diversos autores coincidieron en que la MLG es un determinante esencial para la TMR,



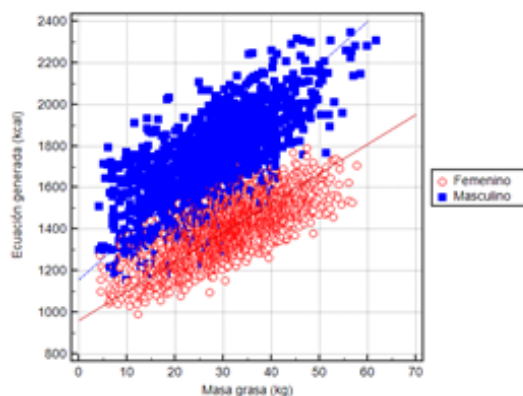
**Figura 8.** Correlación de la ecuación generada (kcal) con la masa libre de grasa (kg) según sexo.

independiente del estado de nutrición de los sujetos y señalan que los hombres suelen tener una TMB aumentada al tener mayor MLG en comparación con las mujeres. Estos estudios indican que la contribución de la MLG en la TMR se debe a que es considerada el tejido metabólico más activo del cuerpo, el cual está compuesto de agua intra y extracelular, proteínas, carbohidratos, tejidos minerales y lípidos esenciales (24-32). Un aumento de la MLG corresponde a aumento en el consumo de oxígeno y liberación de dióxido de carbono (24). Esto se debe a que los tejidos y órganos que componen la MLG, tienen un volumen mitocondrial alto. Este es el caso del corazón, donde las mitocondrias constituyen un 20-40% del volumen celular, o el tejido muscular esquelético, el cual contiene un volumen mitocondrial de 0.32- 0.34  $\phi M$ , y este puede representar alrededor del 30% de la densidad celular del tejido (33).

Se conoce que la MLG a su vez está compuesta de tejido magro metabólicamente más activo (compuesto por órganos como hígado, corazón, riñón e intestino), y menos activo (como el músculo) (34). Las tasas individuales de gasto de energía son muy diferentes entre el músculo

esquelético y la masa de órganos (35). Si bien la masa muscular comprende aproximadamente el 40% del peso corporal de un adulto, solo contribuye a aproximadamente el 20% del TMR. Por el contrario, el cerebro y el hígado humanos (~ 4% del peso corporal) contribuyen del 40 al 45% del TMR (34). Es posible que la diferencia en el peso de los órganos entre individuos pueda explicar las diferencias en la GER. Sin embargo, es importante aclarar que debido a que la masa muscular es el reflejo del estado nutricional del individuo, esta es la que tendrá más impacto con las intervenciones nutricionales, a diferencia de la masa de los otros órganos que permanecen relativamente constantes.

En la figura 9 se presenta la correlación de la MG con la ecuación generada, siendo positiva  $r = 0,3784$ ,  $p = <0,001$ . Pourhassan y colaboradores (25), Wu y colaboradores (31) y Olejníčková y colaboradores (29) y señalan que la MG se relacionó con la TMR junto con otros factores. Sin embargo, Olejníčková y colaboradores (29) explican que la MG se relacionó inversamente con estos; mientras que Pourhassan y colaboradores (25) indicó que solo influye un poco. Todos estos estudios sustentan el impacto que la MG llega a



**Figura 9.** Correlación de la ecuación generada (kcal) con la masa grasa (kg) según sexo

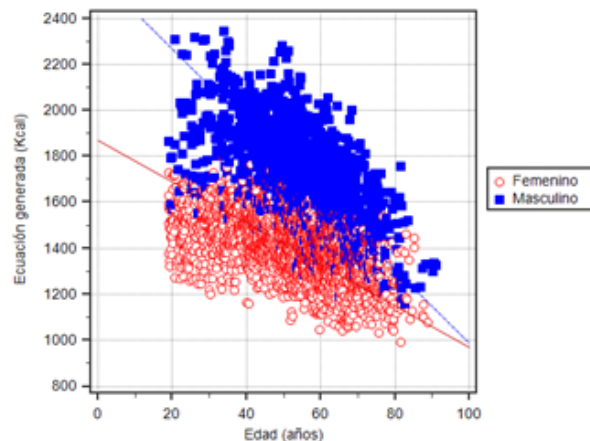
tener en la TMR en sujetos sanos y/o con exceso de peso de ambos sexos.

Shirley y colaboradores (36) especifican que órganos como el cerebro y los órganos viscerales representan una tasa metabólica alta, mientras que la MG es uno de los tejidos metabólicamente menos activos. Mientras que Olejníčková y colaboradores (29) sostienen que la MG se relaciona inversamente con la TMR; Hopkins y colaboradores (27) hacen la observación que la inflamación del tejido adiposo puede aumentar la TMR, evento, que puede estar relacionado también con el síndrome metabólico. Es oportuno señalar que la MG y el tejido adiposo no son iguales, ya que este último está compuesto por lípidos, agua, proteínas y electrolitos, en tanto, la grasa está compuesta únicamente por triglicéridos, por lo tanto, el tejido adiposo muestra un gasto energético mayor.

Otros autores ya han demostrado un efecto independiente de la MG sobre la varianza de la TMR (37, 38). Este efecto se explica en parte por los bajos requerimientos energéticos de la masa grasa más las actividades secretoras e inflamatorias de adiposidad que afectan las tasas metabólicas específicas de órganos y tejidos (25). Este aumento del gasto energético por inflamación también puede estar fuertemente asociado con el agrandamiento de los adipocitos y la expresión del síndrome metabólico (27). Además, se explica que la expresión del síndrome metabólico incluye la presión arterial sistólica, triglicéridos plasmáticos y glucosa, y que estas asociaciones con el TMR fueron estadísticamente independientes de la MLG, la MG o edad, lo que sugiere un vínculo potencial entre la TMR y componentes del síndrome metabólico y factores relacionados (27).

Olejníčková y colaboradores (29) hace ver que la grasa corporal se considera una masa inactiva, por lo que aumenta el peso corporal total, pero disminuye el valor de la TMB. A pesar del poco impacto que tiene la MG en el metabolismo basal y en reposo, autores como Martin-Rincon y colaboradores (39) sostienen que específicamente el tejido adiposo pardo contribuye a mantener la TMR. El tejido adiposo marrón o pardo es metabólicamente activo, y se caracteriza por acumular gotas de grasa de pequeño tamaño, a diferencia del tejido adiposo blanco, que acumula una gran gota de grasa (por lo que los adipocitos blancos son de mayor tamaño), y por la amplia presencia de mitocondrias entre la grasa, que le dan ese color pardo tan característico. Las mitocondrias utilizan la grasa como sustrato energético para disipar calor a través de la proteína desacoplante UCP1, encargada de desacoplar la cadena de transporte de electrones mitocondrial. Este proceso se traduce en la producción de ATP a expensas de producir calor, proceso conocido como termogénesis (40).

La idea clásica era que el tejido adiposo pardo está presente y es activo en humanos durante la etapa neonatal e inicio de la infancia, pero que dicho tejido involucionaba y su actividad era nula o residual en el humano adulto. Sin embargo, tres estudios independientes publicados en *New England Journal of Medicine* en 2009 demostraron que sitios anatómicos específicos correspondían a tejido adiposo pardo y desde entonces se ha demostrado inequívocamente que los adultos humanos poseen tejido adiposo pardo metabólicamente activo (41). En adultos, la actividad en el tejido adiposo pardo es superior en mujeres que, en hombres, es baja en personas obesas y es elevada en personas expuestas a bajas temperaturas (40). La figura 10 presenta la correlación de la edad con la ecuación generada, siendo negativa  $r=-0,3559$ ,  $p= <0,001$ .



**Figura 10.** Correlación de la ecuación generada (kcal) con la edad (años) según sexo

Los gastos de los adultos, ajustados por el tamaño y la composición corporal, son notablemente estables, incluso durante el embarazo y el puerperio. La disminución de las tasas metabólicas en los adultos mayores podría aumentar el riesgo de aumento de peso. Sin embargo, ni la masa grasa ni el porcentaje aumentaron en este período, lo que es consistente con la hipótesis de que la ingesta de energía está acoplada al gasto. El metabolismo específico de tejido elevado en los primeros años de vida puede estar relacionado con el crecimiento o el desarrollo (42). Por el contrario, los gastos reducidos en la vejez pueden reflejar una disminución en el metabolismo a nivel de órganos.

#### **Comparación de los coeficientes de variación de los componentes de la composición corporal MLG y MG con las ecuaciones predictivas de la TMR (Nelson, OMS y generada)**

La tabla 4 recoge los coeficientes de variación de los componentes de la composición corporal y las ecuaciones predictivas por

**Tabla 4.** Coeficientes de variación por sexo

Sexo Femenino				
Variable	N	Media	DE	CV %
Masa grasa (kg)	2501	31,003	9,2650	29,87
MLG (kg)	2501	37,782	5,8171	15,37
Ecuación Nelson (kcal)	2501	1100,01	157,258	14,29
Ecuación OMS (kcal)	2501	1399,49	136,319	9,74
Ecuación generada	2501	1399,43	130,987	9,39

Descripción: DE=desviación estándar; CV= Coeficiente de variación

Sexo Masculino				
Variable	N	Media	DE	CV %
Masa grasa (kg)	1445	27,032	10,2090	37,73
MLG (kg)	1445	51,672	7,3517	14,22
Ecuación Nelson (kcal)	1445	1442,33	198,504	13,76
Ecuación OMS (kcal)	1445	1716,52	222,549	12,96
Ecuación generada	1445	1716,47	210,987	12,29

Descripción: DE=desviación estándar; CV= Coeficiente de variación

sexo. Sé encontró que la TMR calculada por la ecuación generada y la de OMS tuvo un valor similar para uno y otro sexo, femenino 1399 kcal y masculino 1716 kcal, siendo ambos más altos 299 kcal y 274 kcal respectivamente que los valores de 1100 kcal para el sexo femenino y de 1442 para el sexo masculino de la ecuación de Nelson. Los CV relativa para el sexo femenino de la ecuación generada (9,39%), OMS (9,74%) no difirieron entre ellos, pero si con el de la ecuación de Nelson (14,29%) en 4,9% entre el valor máximo y el valor mínimo y para el sexo masculino ecuación generada (12,29%), OMS (12,96) y Nelson (13,76%) en 1,4% por lo que podemos concluir que no hay una variación relativa considerable entre las ecuaciones. Los CV para el sexo femenino de los componentes de la composición corporal MLG (15,37%) y MG (29,87%) presentaron una difieren entre ellos en 14,5% por lo que podemos concluir que hay una alta variación relativa entre ellos y con respecto a las ecuaciones fue de 5,9% para la MLG y de 20,4 para la MG por lo que podemos concluir que la

variación relativa de la MG es considerablemente mayor que la de la MLG con respecto a las ecuaciones.

Los CV para el sexo masculino de los componentes de la composición corporal MLG (14,22%) y MG (37,73%) presentaron una diferencia entre ellos de 23,5% por lo que podemos concluir que hay una alta variación relativa entre ellos y con respecto a las ecuaciones fue de 1,9% para la MLG y de 25,4% para la MG por lo que podemos concluir que la variación relativa de la MG es considerablemente mayor que la de la MLG con respecto a las ecuaciones. En este estudio observamos que la ecuación de Nelson tuvo el mayor CV en comparación a las ecuaciones generada y OMS. Las ecuaciones de OMS y generada presentaron similares resultados. La ecuación de Nelson está basada en los componentes de la composición corporal MLG y la MG. Sin embargo, esta fue derivada de la combinación de datos recolectados de diferentes estudios con datos obtenidos de su laboratorio similares a estos. Se incluyó sujetos obesos y sujetos sin obesidad y se tomó como valores de referencia para determinar obesidad >30% en mujeres y mayor de >20% en hombres valores que difieren de los actuales empleados por la OMS en base al trabajo de Gallagher de >35% en mujeres y mayor de 25% en hombres (43). Este detalle puede ser uno de los elementos importantes en cuanto a la menor cantidad de kcal que se obtienen al comparar la ecuación de Nelson con otras ecuaciones.

Otterstetter y colaboradores (26) comparó las ecuaciones de Doré y la de Nelson que es la que emplea el pletismógrafo (BOD POD) en una muestra de sujetos sanos a los que se le determinó la composición corporal por PDA y se les realizó CI encontrando que la ecuación de Nelson subestima la TMR comparándola con la Doré resultados que coinciden con los de este estudio.

Se han hecho observaciones pertinentes acerca de la confiabilidad de los valores obtenidos de la medición de la TMR indicando la importancia de la variabilidad intra e inter individual. Así tenemos que la TMR en un individuo si es medida sobre un periodo de semanas o meses la variabilidad intra-individual será constante con un CV de 3%. La influencia del error de medición en este caso será mínima menos de 1% sin relevancia en la práctica clínica. En cambio, la variabilidad interindividual en la TMR tiene un CV que se estima cercano al 8%. Mientras más grande es este CV mayor es la probabilidad de tener secuelas con implicaciones en la práctica clínica. Si consideramos la variabilidad inter-individual de un grupo de sujetos del sexo masculino con media de masa corporal de 70 kg un CV de 8% implica que los límites del intervalo de confianza de 95% serían de 1420 a 1960 kcal/d. Un CV de 10% extendería este margen de 1350 a 2030 kcal/d. Este margen es lo suficientemente amplio para tener dudas sobre la precisión y más aún cuando se refiere a mediciones de la TMR, dando a conocer que este margen es todavía mayor si nos referimos a EP. Parte de la aceptación de este CV es el

resultado de hacer ciertas concesiones por las diferencias de las masas corporales dentro de una población que puede incluir individuos con masas corporales de 40 a 80 kg destacando que varias ecuaciones se han formulado teniendo esto en cuenta y entre ellas destaca la de la FAO/WHO/UNU asumiendo que hay una normalización producto de la introducción de la masa corporal y que la MLG y la MG tienen una influencia mínima en el metabolismo energético. Ninguna de estas presunciones es correcta en todas las circunstancias, así que un error de naturaleza desconocida se introduce en este procedimiento el cual puede incrementar en un 10% el CV. Incluso si la composición corporal es más o menos idéntica en el grupo una gran diferencia en la masa corporal llevaría a una variabilidad comparable en la TMR.

Análisis de la ecuación generada por grupo de edad de la muestra de pacientes evaluados.

En la figura 11 se observa que la predicción de la TMR disminuye su valor en cada década para el sexo femenino en las ecuaciones

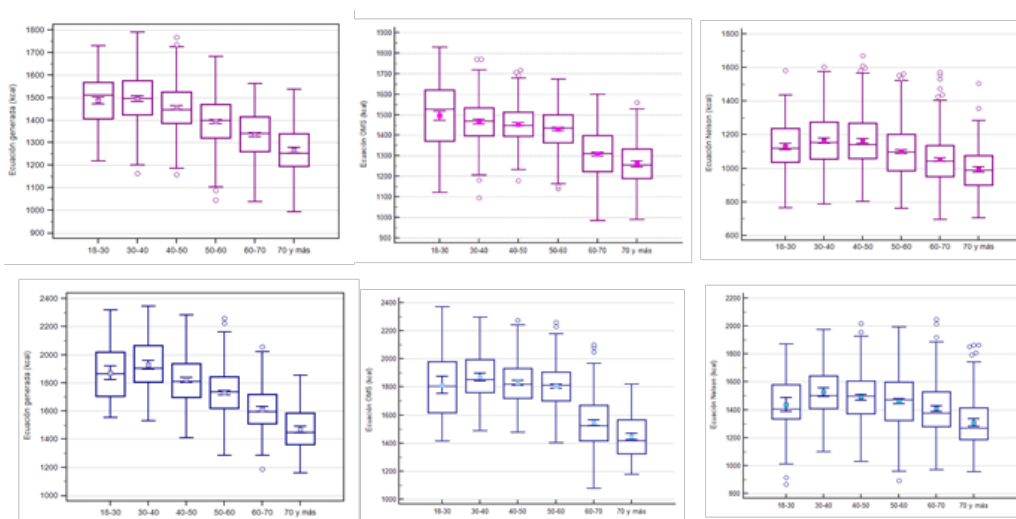


Figura 11. Distribución de la ecuación generada (kcal) por sexo y por grupo de edad

generada, OMS y Nelson. En la ecuación de Nelson el grupo de 18-30 años tiene valor de media similar al grupo de 50-60 años y valores todos por debajo de las 1200 kcal. En el sexo masculino las tres ecuaciones disminuyen su valor en cada década con la excepción del grupo 18-30 años cuyo valor está por debajo del grupo de 30-40 años y por encima del resto de los grupos etarios (figura 11).

Las necesidades de energía disminuyen con la edad gradualmente debido a la disminución de TMR y la AF. La TMR es el más importante y más grande componente del RCT no solo en adultos sino en ancianos. Generalmente en nutrición clínica, se hace indispensable el cálculo del requerimiento de energía empleando una ecuación predictiva o midiendo por CI la TMR y multiplicándola por un factor de AF y un factor de enfermedad por una ecuación predictiva de energía. En la década de los 1970, Keys y colaboradores (44) demostraron que, desde la segunda hasta la séptima década de vida, la TMR disminuye de 1 a 2% por década.

La TMR y la MLG van cambiando desde la infancia hasta la edad adulta. Dado que la MLG es el principal predictor de la TMR los cambios en la composición corporal relacionados con la edad han sido propuestos para explicar los cambios relacionados con la TMR. Aparte de su masa, la composición de la MLG cambia con la edad. La MLG está compuesta por componentes químicos representados por proteínas, agua y minerales y componentes anatómicos como órganos y masas de tejidos todos los cuales varían con la edad. En uno y otro sexo, la densidad de la MLG disminuye con la edad contraste con la hidratación que varía muy poco. La masa celular que representa el contenido de proteínas de la MLG muestra una asociación negativa con la edad y la masa

mineral ósea no muestra una asociación en adultos varones sanos con la edad en cambio en las mujeres el contenido mineral óseo disminuye 0,05 kg por año. Adicionalmente durante el proceso de envejecimiento las tasas metabólicas de órganos y tejidos también disminuyen. La MLG está compuesta por órganos de alta tasa metabólica como lo son el cerebro, hígado, corazón y riñones con tasas metabólicas específicas que van desde las 200 kcal hasta 450 kcal/kg y órganos con tasa metabólica baja como el músculo con una tasa metabólica específica de 13 kcal/kg. Debido a que las masas de los órganos y tejidos cambian con la edad los cambios en los componentes anatómicos de la MLG están relacionados con la edad. La edad afecta ambas masas la de los músculos y las de los órganos con alta tasa metabólica disminuyendo la masa cerebral, y en los hombres aumentando la masa del corazón. Gracias a la resonancia magnética se conoce que el hígado, riñones y masa muscular no disminuyen linealmente con la edad en consecuencia la proporción relativa de órganos con alta tasa metabólica/masa muscular aumenta con la edad tomando en consideración esto notamos que la TMR por MLG es diferente entre jóvenes, adultos y ancianos. En ancianos cerca del 88% de la variabilidad de la TMR es debida a cambios relacionados con la edad en las masas y la composición de estas y en el metabolismo específico de las mismas. Tenemos entonces en contraste, que el envejecimiento "ideal" estuvo asociado a una TMR baja.

Análisis de la ecuación generada por grupo de enfermedades de la muestra de pacientes evaluados. En la figura 12 se presentan por sexo las tres ecuaciones por sexo, las cuales predicen una TMR más alta para el grupo de enfermedades endocrinas, cardiovasculares

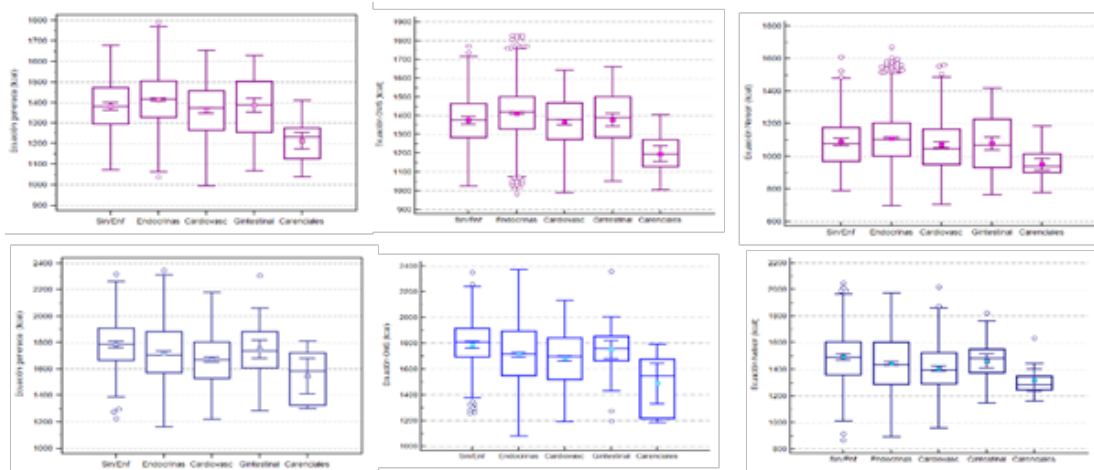


Figura 12. Distribución de la ecuación generada (kcal) por sexo y por grupo de enfermedad

y gastrointestinales que para el grupo sin enfermedad. El grupo de enfermedades carenciales presentó la TMR más baja. Para el sexo masculino las tres ecuaciones arrojaron valores de predicción para todos los grupos de enfermedad por debajo del grupo sin enfermedad, siguiéndole las enfermedades gastrointestinales, endocrinas, cardíacas y carenciales.

En el estudio longitudinal de envejecimiento de Baltimore (45, 46), reportaron que TMR altas a mayor edad estaban asociadas con multi-morbilidad y mortalidad. Así mismo, también es conocido que los cambios relativos a la edad de la asociación TMR/MLG están relacionados a inflamación, de tal forma que la varianza en la MLG en relación a la TMR pudiera reflejar el estado de salud. Una TMR elevada como en el caso de las ecuaciones en el sexo femenino puede ser explicada por las enfermedades crónicas las cuales provocan inflamación y cambios en la homeostasis de energía, como por ejemplo las necesidades de energía corporal de recuperación, reparación

o reconstrucción las cuales se incrementan. En pacientes con diabetes, el metabolismo de la glucosa está disminuido y se requiere de energía adicional para el control glucémico. El hipermetabolismo también contribuye a la clínica de los pacientes como en el caso del trasplante de hígado donde una mayor actividad metabólica disminuye la tasa de supervivencia de estos pacientes posterior al trasplante. Las patologías asociadas a hipermetabolismo son las que presentan disminución de la MLG para ambos sexos y dado que la MLG es el más importante contribuyente a la TMR representando 60 a 85 %, por tal razón la TMR es frecuentemente relacionada a la MLG y no a la MG. Sin embargo, algunos investigadores consideran que la MG contribuye a la TMR y otros no. Es por eso que una TMR baja es relacionada a la ganancia de peso. Se ha sugerido que la MG contribuye a la TMR solo cuando está por encima de lo normal es decir obesidad (23, 39).

En una comparación de las ecuaciones de Harris-Benedict de 1919, la de Mifflin St- Jeor

de 1980) y la de Nelson de 1992 para predecir la TMR en una población con esclerosis lateral amiotrófica (ELA) y un grupo control y encontraron que los cambios en MLG en ELA provoca cambios relevantes en la predicción de la TMR. La TMR fue más alta con la ecuación de HB seguida de la ecuación de Mifflin St-Jeor y Nelson. Dado que la MLG es significativamente baja en ELA esto refleja una sobreestimación de la TMR por las ecuaciones de HB y Mifflin St-Jeor. La ecuación de Nelson tuvo concordancia entre las predicciones de la TMR tanto en el grupo control como con el grupo con ELA. O'Sullivan y colaboradores (47) y Flores (16) reportaron que pacientes con enfermedad renal crónica en sus primeros estadios se caracteriza por una reducción de la MLG, contenido mineral y TMR.

Si consideramos que MLG es el mayor contribuyente a la TMB es válido asumir que la TMR disminuye, así como disminuye la MLG bajo cualquier circunstancia que la afecte como en la enfermedad de cáncer y como lo sugiere la información documentada en este trabajo. Sin embargo, en pacientes con cáncer, este no es el caso donde se mantiene la pérdida de peso con incremento del gasto energético producto del hipermetabolismo con disminución de MLG y MG. Nyugen y colaboradores (48) compararon la TMR en pacientes oncológicos y un grupo de sujetos sanos a través de un meta-análisis. El meta-análisis mostró un incremento del gasto energético de 9,66 kJ por kg de MLG en los pacientes con cáncer comparado con el grupo control, detectándose heterogeneidad, sugiriendo variaciones en el gasto energético entre los tipos de cáncer siendo las elevaciones más evidentes en pacientes con cáncer en órganos de alta demanda metabólica.

La información obtenida de esta investigación sugiere que la MLG y la MG cuando se estima la TMR deben ser consideradas en el cálculo. En concordancia con estudios previos, la MLG es predictora de la TMR. El presente trabajo muestra el potencial de las ecuaciones predictivas. Sin embargo, como cualquier herramienta, los resultados pueden ser contradictorios si el especialista que las emplea no conoce su origen o carece de conocimientos para usarla de forma apropiada.

## **CONCLUSIÓN**

Los resultados obtenidos en la muestra de pacientes evaluados, así como su posterior análisis y discusión, nos han permitido obtener las siguientes conclusiones: El dimorfismo sexual obtenido en la caracterización antropométrica fue evidente, siendo los hombres más altos y pesados que las mujeres. Las mujeres presentaron un mayor índice de masa corporal, con valores propios de "obesidad" a partir de la tercera década de vida para decaer el valor en las mujeres mayores de 60 años, en la clasificación de sobrepeso. En los hombres, la categoría predominante fue el sobrepeso. Los promedios del índice de masa corporal, presentaron valores por encima de los valores de referencia.

Los distintos indicadores de composición corporal señalan un dimorfismo sexual a lo largo de todo el período de edad considerado. Los hombres presentaron mayores valores de masa libre de grasa, mientras que las mujeres presentaron mayores valores de adiposidad expresados en masa grasa corporal total

y porcentaje de grasa. Los promedios del porcentaje de grasa, mostraron valores por encima de los valores de referencia para uno y otro sexo. Estableciendo un método doblemente indirecto, se generó a partir de la ecuación de la FAO-OMS-UNU (2004) una ecuación para una población de sujetos con enfermedades crónicas con manifestaciones clínicas estables. Se encontró una correlación positiva entre los indicadores de composición corporal MLG y MG y la ecuación generada. Se encontró una correlación negativa entre la edad y la ecuación generada reflejando disminución del gasto energético en el adulto mayor. Los CV de la ecuación generada fueron menores comparados con las ecuaciones de FAO-OMS-UNU 2004 y Nelson. La variación relativa de la MG es considerablemente mayor que la de la MLG entre ellas y con respecto a las ecuaciones para ambos sexos. Se observó que la predicción de la TMR disminuye con la edad en las tres ecuaciones. En el sexo femenino la predicción de la TMR en las 3 ecuaciones fue más alto para los grupos con enfermedad que en el grupo sin enfermedad. En el sexo masculino la predicción de la TMR en las 3 ecuaciones fue más bajo para los grupos con enfermedad que en el grupo sin enfermedad. La predicción de la TMR en las 3 ecuaciones fue más baja para las enfermedades carenciales que a su vez son las que presentan disminución de la MLG para ambos sexos.

### **CONFLICTOS DE INTERÉS**

Este trabajo fue realizado con recursos propios sin subvenciones. No existen conflictos de interés.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. FAO/OMS/UNU. Necesidades de Energía y de proteínas. Serie de Informes Técnicos 724. Ginebra: FAO/OMS/UNU; 1985.
2. Landaeta-Jiménez M, C. A. Valores de referencia de energía para la población venezolana. Arch Latinoam Nutr. 2013;63:258-77.
3. Jiménez EG. Composición corporal: estudio y utilidad clínica. Endocrinol Nutr. 2012;59(2):69-75.
4. Redondo RB. Gasto energético en reposo. Métodos de evaluación y aplicaciones. Rev Esp Nutr Comunitaria. 2015;21(3):243-51.
5. Herrera H, Flores L, Rivera D, Esparis M, Yañez Y, Gomez R, et al. Energía: Valores de Referencia de Energía y Nutrientes para la población venezolana. En: Gutierrez E, Gutierrez J, editores. Caracas, Distrito Capital, Venezuela: MDP, INN, OPS-OMS; 2018.
6. Vargas Melier Z, L. L. Gasto energético en reposo y composición corporal en adultos. Rev Fac Med. 2011;59(1):43-58.
7. Wang Z, H. S. Resting energy expenditure-fat-free mass relationship: new insights provided by body composition modeling. Am J Physiol Endocrinol Metab. 2000;279(3):E539-45.
8. FAO/WHO/UNU. Human Energy Requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Roma: FAO; 2004.
9. Herrera H, Hernández H, Pérez A. PROPUESTA DE VALORES DE REFERENCIA PARA EVALUACIÓN NUTRICIONAL ANTROPOMÉTRICA EN EL ADULTO VENEZOLANO. Sartenejas: USB/FUNINDES; 2014.
10. Martínez E. Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. Anuario Jurídico y Económico Escurialense. 2005;38:315-33.
11. Ben Mansour G, Kacem A, Ishak M, et al. The effect of body composition on strength and power in male and female students. BMC Sports Sci Med Rehabil. 2021;13:150.
12. Sotillo C, Spizzo R. Evaluación antropométrica nutricional de adultos de una comunidad de damnificados. INCI. 2003;28(2):95-104.
13. Ortiz G. Prevalencia de Obesidad en un Grupo de Adultos de la Ciudad de Caracas. Tesis Maestría USB. 2012:1-50.

14. López Blanco M, Macías Tomei C, Landaeta Jiménez M, Izaguirre Espinoza I, Méndez Castellano H. Patrones de crecimiento de los venezolanos, dimorfismo sexual y ritmo de maduración. *Arch Ven Puer Ped.* 1996;58:163-70.
15. Wells JC. Sexual dimorphism of body composition. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* 2007;21(3):415-30.
16. Flores LE. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL POR ANTROPOMETRÍA, BIOIMPEDANCIA Y PLETISMOGRAFÍA: ESTUDIO COMPARATIVO. Sartenejas: Trabajo de Grado presentado a la Universidad Simón Bolívar Sartenejas; 2016.
17. Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z, Going SB. *Human Body Composition.* 2nd ed. Champaign, IL, USA: Human Kinetics; 2005.
18. Nindl BC, Scoville CR, Sheehan KM, Leone CD, Mello RP. Gender differences in regional body composition and somatotrophic influences of IGF-I and leptin. *J Appl Physiol.* 2002;92(4):1611-8.
19. Cartwright BR, Scherer PE. Adipose Tissue as a Target for Precision Medicine Approaches in Childhood Obesity. *Diabetes.* 2025;74(10):1710-1719.
20. Kyle UG, Genton L, Hans D, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. *Eur J Clin Nutr.* 2001;55(8):663-72.
21. Ihász F, Finn KJ, Lepes J, Halasi S, Szabó P. Body composition comparisons by age groups in Hungarian adults. *Int J Morphol.* 2015;33(3):850-4.
22. Bailey B, Le Cheminant G, Hope T, Bell M, Tucker L. A comparison of the agreement, internal consistency, and 2-day test stability of the InBody 720, GE iDXA, and BOD POD® gold standard for assessing body composition. *Meas Phys Educ Exerc Sci.* 2018;22(2):107-14.
23. Gómez J, Silva C, Galofre JC, Escalada J, Santos S, Milla D, et al. Body mass index classification misses subjects with increased cardio metabolic risk factors related to elevated adiposity. *Int J Obes (Lond).* 2012;36(8):1055-60.
24. Hronek M, Klemra P, Tosner J, Hrnčarikova D, Zadák Z. Anthropometric measured fat-free mass as essential determinant of resting energy expenditure for pregnant and non-pregnant women. *Nutrition.* 2011;27(9):885-90.
25. Pourhassan M, Bosy-Westphal A, Schautz B, Braun W, Gluër CC, Muller MJ. Impact of body composition during weight change on resting energy expenditure and homeostasis model assessment index in overweight nonsmoking adults. *Am J Clin Nutr.* 2014;99(4):779-91.
26. Otterstetter R, Miller B, Fridline M, Boltz M, Faciana C, Scanlon K, et al. RMR Estimation Model Accuracy Using Air Displacement Plethysmography-Derived Body Composition Measures in Young Adults. *J Am Coll Nutr.* 2015;34(6):507-13.
27. Hopkins JL, Hopkins PN, Brinton EA, Adams TD, Davidson LE, Nanjee MN, et al. Expression of Metabolic Syndrome in Women with Severe Obesity. *Metab Syndr Relat Disord.* 2017;15(6):283-90.
28. Hames K, Coen P, King W, Anthony S, Stefanovic-Racic M, Toledo F, et al. Resting and Exercise Energy Metabolism in Weight-Reduced Adults with Severe Obesity. *Obesity (Silver Spring).* 2017;25(3):561-9.
29. Olejníčková J, Forejt M, Čermáková E, Hudcová L. Factors influencing basal metabolism of czechs of working age from South Moravia. *Cent Eur J Public Health.* 2019;27(2):135-40.
30. Marra M, Cioffi I, Sammarco R, Santarpia L, Contaldo F, Scalfi L, et al. Are raw BIA variables useful for predicting resting energy expenditure in adults with obesity? *Nutrients.* 2019;11(2):474.
31. Wu J, Mao D, Zhang Y, Chen X, Hong P, Piao J, et al. Basal energy expenditure, resting energy expenditure and one metabolic equivalent (1 MET) values for young Chinese adults with different body weights. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2019;28(1):35-41.
32. Yildirim I, Dogan I, Isik O, Yildirim Y, Karagoz S. Investigation of the relationship between basal metabolic rate and body composition in young adults using CHAID analysis. *Prog Nutr.* 2020;22(4):e2020087.
33. Vázquez A. Chapter 2 - Biochemical Horsepower. En: *Overflow Metabolism.* Elsevier; 2018. p. 7-14.
34. Deemer SE, King GA, Dorgo S, Vella CA, Tomaka JW, Thompson DL. Relationship of Leptin, Resting Metabolic Rate, and Body Composition in Pre-Menopausal Hispanic and Non-Hispanic White Women. *Endocr Res.* 2010;35(3):95-105.
35. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing

- guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(3):694–701.
36. Shirley MK, Arthurs OJ, Seunarine KK, Cole TJ, Eaton S, Williams JE, et al. Metabolic rate of major organs and tissues in young adult South Asian women. *Eur J Clin Nutr.* 2019;73(8):1164–71.
37. Bosy-Westphal A, Kossel E, Goele K, Later W, Hitze B, Settler U, et al. Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated decline in resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr.* 2009;90(4):993-1001.
38. Bosy-Westphal A, Braun W, Schautz B, Müller MJ. Issues in characterizing resting energy expenditure in obesity and after weight loss. *Front Physiol.* 2013;4:47.
39. Martin-Rincon M, Perez-Valera M, Morales-Alamo D, Perez-Suarez I, Dorado C, Gonzalez-Henriquez JJ, et al. Resting Energy Expenditure and Body Composition in Overweight Men and Women Living in a Temperate Climate. *J Clin Med.* 2020;9(1):203.
40. Sanfeliz PA. Tejido adiposo pardo: nueva alternativa contra la obesidad [UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID] [Internet]. 2019. Disponible en: [<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/PATRICIA>](<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/PATRICIA>) ANTOLIN SANFELIZ.pdf
41. Gavaldà Navarro A, Villarroya F, Giralt M. La actividad de la grasa parda, factor emergente en el control del gasto energético en la obesidad. *Soc Española Bioquím Biología Mol.* 2016; 190:13–6.
42. Pontzer H, Dugas LR, Navarrete EP, Freire R, Raichlen DA. Daily Energy Expenditure through the Human Life Course. *Science.* 2021;373(6556):808-12.
43. Gallagher D, Visser M, Sepulveda D, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB. How Useful Is Body Mass Index for Comparison of Body Fatness across Age, Sex, and Ethnic Groups? *Am J Epidemiol.* 1996;143(3):228–39.
44. Keys A, Aravanis C, Blackburn H, Van Buchem FS, Buzina R, Djordjevic BS, et al. Coronary heart disease: Overweight and obesity as risk factors. *Ann Intern Med.* 1972; 77:15– 26.
45. Ruggiero C, Metter EJ, Melenovsky V, Cherubini A, Najjar SS, Ble A, et al. High basal metabolic rate is a risk factor for mortality: the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2008;63(7):698-706.
46. Fabbri E, An Y, Schrack JA, Gonzalez-Freire M, Zoli M, Simonsick EM, et al. Energy Metabolism and the Burden of Multimorbidity in Older Adults: Results From the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2015;70(11):1297-303.
47. O'Sullivan ED, Hughes J, Ferenbach DA. Renal Aging: Causes and Consequences. *J Am Soc Nephrol.* 2017;28(2):407-20.
48. Nguyen TY, Batterham MJ, Edwards C. Comparison of Resting Energy Expenditure Between Cancer Subjects and Healthy Controls: A Meta-Analysis. *Nutr Cancer.* 2016;68(3):374-87.

Recibido: 15/07/2025

Aceptado: 18/08/2025