



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD.
LICENCIATURA EN NUTRICIÓN HUMANA.

Proyecto: Organización y análisis de datos clínicos y biométricos en adultos jóvenes para la identificación de marcadores tempranos de Síndrome Metabólico.

Lugar de realización: Laboratorio de Inmunología, Unidad de Morfología y Función, FES-Iztacala, UNAM.

Periodo de realización: 24 de mayo de 2021-23 de diciembre de 2021.

Alumna: Mariett Valle Solis.

Matrícula: 2163026437

Asesora interna: Dra. Irina Lazarevich.

Asesora externa: M. en C. Myriam Campos Aguilar.

Ciudad de México.

Diciembre, 2022.

Resumen

El síndrome metabólico (SM) afecta gran parte de los adultos, cada vez es detectado desde edades tempranas. La población mexicana tiene un alto porcentaje de factores de riesgo para SM. Mediante análisis estadísticos multivariados se examinaron los resultados de estudios de laboratorio e InBody en adultos jóvenes con la finalidad de identificar marcadores tempranos para SM. Se usaron los resultados de 333 participantes, se encontró que 30 presentaban SM, de los restantes: 191 tenían de 1 a 2 factores de riesgo para SM. Se analizaron los resultados por sexo, en el Análisis de Componentes Principales (PCA) de las mujeres las variables más influyentes fueron: grado de obesidad, masa grasa corporal, impedancia a 20 y 100 kHz, entre otras. Todas fueron significativas con la prueba T-student. En el PCA de los hombres, los componentes de mayor contribución fueron: masa magra seca, masa libre de grasa, masa musculoesquelética, entre otras. Se encontró significancia estadística solo en algunas variables. Se profundizó el análisis del porcentaje de grasa corporal en mujeres como factor para el SM y el PCA mostró una distribución casi heterogénea. En los hombres los componentes más influyentes fueron la masa magra y muscular, por lo que se analizó con el índice de masa músculo-esquelética (IMME) pero todos los participantes estuvieron en el rango de normalidad. En conclusión, se debe de realizar una valoración completa de acuerdo al sexo del paciente, también se propone una tabla de valoración para identificar si el paciente tiene SM o está en probabilidad de desarrollar SM.

Índice

Resumen.....	2
Introducción	4
Fisiopatología	4
Criterios diagnósticos.....	5
Factores de riesgo	5
Epidemiología.....	6
Tratamiento.....	7
Antecedentes	7
Objetivos	8
Metodología.....	8
Actividades realizadas	10
Objetivos y metas alcanzadas	10
Resultados.....	11
Discusión de resultados.....	15
Conclusiones	16
Recomendaciones	18
Referencias bibliográficas	18
Anexos.....	22

Introducción

En México, así como en otros países latinoamericanos existe una alta prevalencia de sobrepeso y obesidad, de resistencia a la insulina y diabetes, que se han detectado cada vez más frecuente desde etapas tempranas. Esto se puede corroborar con las encuestas e investigaciones actuales que muestran la presencia de estas enfermedades en altos porcentajes de los distintos grupos etarios de la población^{1,2,3,4}. Se ha observado que existe una correlación directa entre la resistencia a la insulina y la obesidad, siendo ambas y principalmente la primera un factor de riesgo para el desarrollo de trastornos metabólicos como el aumento de la presión arterial y triglicéridos, la disminución de lipoproteínas de baja densidad unidas al colesterol (HDL-c), entre otros. Las anteriores son características del SM, el cual se define como un conjunto de trastornos metabólicos^{5,6}.

Fisiopatología

Se considera que variantes genéticas, mecanismos epigenéticos y factores ambientales, como la mala alimentación y la inactividad física, dan a origen a la caracterización de la fisiopatología clásica del SM: aumento de ácidos grasos libres (AGL) en plasma y la acumulación de lípidos. Los cambios generados en la grasa del cuerpo, principalmente en el tejido visceral abdominal, aumentan la producción de citoquinas y adipoquinas como el TNF- α , MCP-1, RBP4, IL-6 y leptina, lo que conlleva a desarrollar dislipidemia aterogénica, inflamación sistémica de bajo grado y resistencia a la insulina⁷.

El aumento del tejido adiposo también promueve la lipólisis y el traslado de AGL en el plasma de regreso al hígado y al páncreas, en el primero aumenta la gluconeogénesis y con ello la producción de glucosa, triglicéridos y lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), mientras que en el páncreas inhibe la secreción de insulina. De igual modo, la acumulación de AGL en músculos inhibe la captación de la glucosa y promueve la inflamación, en los tres procesos se genera resistencia a la insulina. Este evento aumenta los receptores de angiotensina 2 (AT2) y especies reactivas de oxígeno (ROS), generando vasoconstricción e hipertensión arterial⁷.

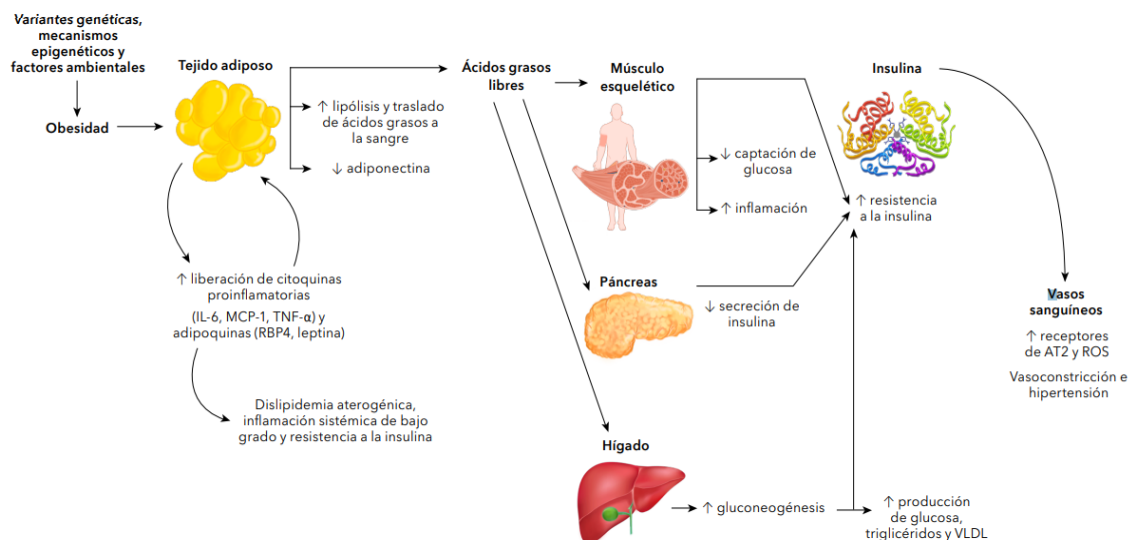


Imagen 1. Fisiopatología del SM⁷.

El SM se diagnóstica cuando confluyen tres o más de los siguientes factores de riesgo cardiovascular: obesidad visceral, resistencia a la insulina, dislipidemia (aumento de

triglicéridos y disminución de HDL-c) y aumento de la presión arterial^{1,6}. El SM es considerado también un factor de riesgo para el desarrollo de diabetes^{2,5,6} y es asociado con el aumento de la morbilidad cardiovascular^{1,8,9}.

Criterios diagnósticos

La forma de diagnosticar indicada arriba es correcta, sin embargo, hay diferencias mínimas en los puntos de corte señaladas por institutos o asociaciones. Debido esto es que la Federación Internacional de Diabetes (IDF), el Instituto Nacional del Corazón, los Pulmones y la Sangre(NHLBI), la Asociación Americana del Corazón(AHA), la Federación Mundial del Corazón (WHF), la Sociedad Internacional de la Aterosclerosis (IAS) y la Asociación Internacional para el Estudio de la Obesidad (IASO), se unieron para unificar los criterios diagnósticos del SM, señalando igual que al contar con tres de los cinco factores de riesgo que fueron establecidos se identificará que el paciente ha desarrollado SM⁵⁻⁷.

Es importante señalar que aunque estos puntos de corte unificados han circulado desde el año 2009, aún se sigue haciendo uso de criterios propuestos por las distintas asociaciones. Entre aquellos que se han usado más encontramos los puntos de corte del *National Cholesterol Education Program's Adult Treatment Panel III* (NCEP-ATP III)⁵⁻⁷.

Tabla 1. Criterios diagnósticos unificados para la detección de SM⁵⁻⁷

Medida	Punto de corte
Perímetro abdominal	Definición específica por país y población
Triglicéridos	≥ 150 mg/dL
HDL-c	Hombres <40 mg/dL, mujeres <50 mg/dL
Presión sanguínea	≥ 130/85 mg/dL
Glucosa en ayuno	≥ 100 mg/dL

A pesar de que se unificó los criterios diagnósticos, aun hay variaciones en cuanto al perímetro de cintura que se modifica de acuerdo al país o la población^{6,7}, en la tabla 2 se muestra las diferencias:

Tabla 2. Puntos de corte para perímetro abdominal^{6,7}

Población / País	Perímetro abdominal (cm)	
	Hombre	Mujer
Norteamericanos (EE.UU.) Africanos y árabes	≥ 102	≥ 88
Europeos	≥ 94	≥ 80
Surasiáticos y chinos Centroamericanos y suramericanos	≥ 90	≥ 80
Japoneses	≥ 90	≥ 90

Factores de riesgo

Aproximadamente una cuarta parte de la población ha desarrollado SM, no hay una causa específica que muestra porque se desarrolla el SM, los factores de riesgo con los que se diagnostica son los que la desencadenan y definen. Pero hay otros factores que influyen en el SM, los podemos dividir en dos: 1) factores de riesgo que se pueden controlar y 2) factores de riesgo que no se pueden controlar^{10,11}. Entre los factores en los que podemos tener control se encuentra: los hábitos de estilo de vida(mantenerse inactivo, dieta poco saludable, no dormir adecuadamente, fumar y beber mucho alcohol) y la ocupación (trabajos con turnos rotativos).

Mientras que en los factores que no podemos controlar están: edad, medio ambiente, sexo (las mujeres tienen mayor probabilidad de desarrollar SM), antecedentes familiares y otras afecciones (síndrome de ovario poliquístico, problemas del sistema inmune, apnea del sueño)¹⁰.

Un estudio en trabajadores de una unidad del sector salud identificó que el estilo de vida no tiene una asociación con el desarrollo de SM, pero si una mala nutrición, y es así que los malos hábitos de alimentación que tiene parte de la población son parte de los componentes para definir el desarrollo de factores de riesgo como el sobrepeso, la obesidad, hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia, resistencia a la insulina, diabetes, hipertensión, entre otros^{12,13}.

Epidemiología

Actualmente en México hay una alta prevalencia de enfermedades crónicas asociadas al SM, estos problemas de salud se presentan desde la adolescencia y la adultez temprana^{3,4}. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2018³, el porcentaje de sobrepeso y obesidad en niños de 5 a 11 años fue de 35.6%, en adolescentes de 12 a 19 años fue de 38.4% y en adultos de 20 años y más fue de 75.2%. También si se consideran los diagnósticos previos señalados en la ENSANUT, 10.3% de la población mayor de 20 años tenía diabetes, 18.4% tenía hipertensión arterial, de poco más de la mitad de los encuestados el 30.4% afirmó haber tenido un resultado elevado de colesterol en alguna ocasión^{3,14}.

En conjunto con lo anterior, se debe destacar que la población mexicana tiene hábitos poco saludables desde muy corta edad. La ENSANUT 2018-19¹⁴ señala que 5.7% de los adolescentes de 10 a 19 años fumaban y 38.3% consumían bebidas alcohólicas. Así como 12.6% de hombres y 12.4% de mujeres adolescentes reportaron haber comido demasiado, teniendo conductas alimentarias de riesgo preocupándose por engordar, comer demasiado y perder el control sobre lo que se come. Y las cifras ascienden cuando se analiza a la población adulta, 17.9% fumaba, 20.3% eran ex-fumadores y 94.3% tenían un consumo anual de bebidas alcohólicas^{3,14}.

Mientras que poco se hace por los buenos hábitos. Considerando la poca o nula actividad que las personas practican, en la ENSANUT 2018-19¹⁴ se reportó que 51.4% de los encuestados de 10 a 14 años no habían realizado ninguna actividad de tipo competitivo durante 12 meses previos a la encuesta. 84.6% de este mismo grupo de edad no cumple con la recomendación de actividad física de 60 minutos diarios de actividad moderada a vigorosa. El registro aumenta con la edad, 53.7% de los adolescentes de 15 a 19 años no cumplen con las recomendaciones de actividad física propuestas por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Sin embargo, en la población de 20 a 69 años el 17.3% de los encuestados se clasificaron como físicamente inactivos¹⁴.

Del mismo modo sucede con el consumo de alimentos no recomendables, en la misma encuesta se señaló que la población de 12 a 19 años tenía un consumo de 85.7% de bebidas no lácteas endulzadas, seguida de las botanas, dulces y postres con un 53.7% de consumo. Mientras que solo 24.9 reportó un consumir verduras. En la población de 20 años en adelante encontramos un reporte similar de consumo de bebidas no lácteas endulzadas con el 85.8%¹⁴. Las conductas mencionadas se asocian a malos estados de salud y nutrición lo cual aumenta la probabilidad de que desarrollen SM y sus factores de riesgo, así como otros problemas de salud.

Tratamiento

El manejo para tratar el SM se fija en disminuir la adiposidad, es decir, disminuir el porcentaje de masa grasa y con ello el peso corporal. Con el objetivo de disminuir la probabilidad de desarrollar enfermedades cardiovasculares y a su vez la resistencia a la insulina, y con ello la diabetes, en caso de que aun no se haya desarrollado esta última. Estos cambios se buscan a partir de modificaciones dietéticas, aumento de la actividad física y un tratamiento médico específico en caso de ser necesario. Existen recomendaciones nutricias específicas, sin embargo, cualquier tipo de dieta que permita reducir la grasa y peso corporal y mantenerlos en la normalidad sería un tratamiento exitoso^{7,15}.

Las recomendaciones dietéticas inician reduciendo la ingesta de grasas totales en la alimentación, con un consumo menor o igual a 25%, limitando las grasas saturadas y trans, colesterol y azúcares simples. ⁷Seguir cambios saludables para mejorar la calidad de vida es primordial para mantener dichos cambios¹⁵, como:

- Elegir alimentos cardiosaludables. Siguiendo las recomendaciones de la dieta DASH (Dietary Approaches to Stop Hypertension).
- Perder peso y mantener un peso saludable. En caso de tener sobrepeso deberán perder el 3 al 5%, y en caso de obesidad el 10% para ayudar a controlar la presencia de factores de riesgo.
- Realizar actividad física regularmente. Seguir las recomendaciones de la OMS, de realizar semanalmente 150 minutos de actividad física moderada a intensa.
- No fumar o dejar de hacerlo.
- Controlar el estrés aprender a manejarlo, relajarse y enfrentar los problemas, para mejorar la salud mental y física¹⁵.

Una alimentación correcta promoverá a una salud óptima, pero muy pocas veces se incluye al ejercicio en el tratamiento y se escusa en gran parte a la falta de tiempo, olvidando que también es pieza fundamental para mejorar la calidad de vida. Realizar ejercicio genera un cambio en el perfil de lípidos de los pacientes, reduciendo la adiposidad y los AGL y mejorando el perfil cardiometabólico. Como ya se mencionó, en ocasiones es indicado algún tratamiento farmacológico para mejorar la situación de salud, a pesar de ello los medicamentos utilizados siempre va acompañados de la recomendación de que su uso debe ser complementado con una alimentación saludable y actividad física¹⁵.

Además, es importante destacar que los medicamentos usados para la pérdida de peso y favorecer en el tratamiento para SM, promueven la pérdida de peso a largo plazo. Pero no disminuyen directamente la resistencia a la insulina, ni la adiposidad visceral¹⁵. Por lo que es meramente necesario combinar los tratamientos: farmacológicos, nutricios y de rehabilitación física, un trabajo interdisciplinario optimará y acelerará el proceso de mejora del paciente, promoviendo niveles adecuados de colesterol, triglicéridos y glucosa, así como el peso y la composición corporal, disminuyendo el porcentaje de grasa y aumentando la masa muscular¹⁵.

Antecedentes

No hay investigaciones específicas que se refieren al SM en relación a un diagnóstico temprano. Sin embargo, existe un estudio que estimaba la distribución geográfica de la

prevalencia de SM, en jóvenes mexicanos de 17 a 24 años, la prevalencia nacional de SM fue de 15.8%, basándose en el rango del Índice de Masa Corporal (IMC). Sin embargo, este estudio solo hace una estimación por cálculos tomando como referencia el IMC obtenido en la ENSANUT 2006, se multiplicaba la prevalencia del estado por la proporción de población joven del mismo estado de acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda 2012. Con esta misma estimación se calculó la prevalencia nacional⁴. Mediante este trabajo de hace 10 años, podemos deducir que la prevalencia ha ido en aumento ya que en las encuestas más recientes ha aumentado la prevalencia de IMC con sobrepeso y obesidad.

Por lo anterior, tomando en cuenta la alta prevalencia de desarrollar SM desde edades tempranas, así como los problemas de salud asociados, en este trabajo se buscó identificar los factores de riesgo de SM con la finalidad de encontrar marcadores clínicos, antropométricos y de bioimpedancia que permitan pronosticar la probabilidad de desarrollar este conjunto de problemas de salud. Dichos resultados podrían ser una base de apoyo para investigaciones centradas en prevenir el SM, a partir de los primeros indicios que se desarrollan en el organismo. Así también para promover la actividad física y mejorar los hábitos de alimentación desde edades tempranas, fomentando la cultura de la prevención.

Objetivos

General: Unificar base de datos de los resultados de InBody y de los estudios de laboratorio para hacer análisis estadísticos multivariados para encontrar marcadores tempranos de SM.

Específicos:

- 1) Aprender a programar con RStudio.
- 2) Limpiar la base de datos de InBody e identificar las variables más relevantes en la predicción de Síndrome Metabólico.
- 3) Unir y limpiar la base de datos de los resultados de InBody con la base de datos de los resultados de los estudios de laboratorio.
- 4) Identificar las variables importantes como marcadores de SM realizando análisis estadísticos multivariados.

Metodología

A partir de la recolección de datos clínicos y de bioimpedancia de 4707 participantes que se consideraban sanos entre los 18 y 24 años en su mayoría, pertenecientes a la comunidad de estudiantes de primer ingreso de la FES-Iztacala, UNAM de los años 2012 al 2017, se generó una base de datos.

Los primeros datos que se trabajaron fueron los de bioimpedancia que se encontraban en tres archivos de Excel nombrados "Inbody", "DatosInbody2" y "DatosInbody3", en donde se registró el reporte obtenido del InBody 320 de acuerdo con los apartados que este maneja, seccionando la información en hojas denominadas: "Información de Usuario", "Control de peso", "Músculo Esquelético - Grasa", "Balance corporal", "Impedancia" y "Composición corporal". Estos archivos fueron puestos a manos del autor quien se encargó ordenar con base

a los nombres de la primera hoja (Información de Usuario), en los documentos y hojas de cada uno.

Se revisó cada una de las bases de datos, se identificó que los datos de los participantes registrados en el documento "DatosInbody3" estaban repetidos en los otros documentos, por lo cual se excluyó. El documento "Inbody" describía algunos datos en inglés, motivo por el cual se estandarizó todo al idioma español. También se abrevió el nombre de cada hoja, quedando de la siguiente forma: Información del Usuario (IU), Control de Peso (CP), Músculo Esquelético - Grasa (MEG), Balance Corporal (BC), Impedancia (I) y Composición Corporal (CC). Las abreviaciones se usaron como prefijos en los nombres de cada una de estas en los documentos, para homogeneizar los datos y variables y reconocer a donde pertenecen los datos. En el Anexo1, se encuentran descritas todas las abreviaciones.

Entre los datos se tenía en la misma columna los nombres y los números de registro, los cuales se separaron en dos columnas. También se revisó los registros que se repetían en el archivo. Una vez ordenados se juntaron los datos en un solo documento designándolo como "BDD_Inbody_Unificada". A partir de este se identificaron las variables consideradas más importantes para comparar, por tener relación con el desarrollo de SM, también se dejaron aquellas que serían necesarias para este trabajo de investigación. Este nuevo documento fue nombrado "BDD_Inbody_Depurada".

En esta nueva base se identificó el estado de nutrición mediante la variable "CP_GradoObesidad", que nos indica el porcentaje de peso ideal de acuerdo con el peso actual, y se anexó una variable numérica, ordenada del 1 al 10, donde 1 es desnutrición grave y 10 es obesidad mórbida, como se indica en el catálogo de variables. También se quitó el prefijo de las variables "NumeroRegistro", "Sexo", "Edad", "Altura" y "Peso", con la finalidad de poder unir este nuevo documento ("BDD_Inbody") con la base de los estudios de laboratorio, en la plataforma de RStudio.

Por otra parte, se revisó la base de datos de los estudios de laboratorio realizados a los participantes, la cual fue nombrada "BDM_ALL_Con_Insulina". En este documento se realizó el mismo procedimiento con la variable "NumeroRegistro" y se depuró de todos los datos en blanco, quedando el documento "BDM_Insulina".

A partir de concatenar estos dos archivos ("BDD_Inbody" (919 registros) y "BDM_Insulina" (3788 registros)), se creó la base de datos BDD, mediante RStudio, de esta base se partió para hacer los análisis. Se descartaron a todos aquellos participantes que no tenían un registro completo (de Inbody en conjunto con los estudios de laboratorio) y aquellos con datos faltantes, quedando una muestra más reducida (333 registros).

Con la base de datos resultante de 86 variables cuantitativas y 4 cualitativas se realizó un PCA en RStudio utilizando los paquetes FactoMineR, factoextra, corrplot, ggplot2, plyr, scales, grid, ggbiplot y readr, con la finalidad de reducir la dimensionalidad ya que contamos con gran número de variables cuantitativas probablemente correlacionadas, esto explicará gran parte de la variabilidad de los datos. Para representar las variables de mayor contribución se utilizó un diagrama de barras, también se usaron elipses de concentración para agrupar a la

población por sexo, presencia de SM, porcentaje de grasa corporal en mujeres, IMC y grado de Obesidad, usando un intervalo de confianza predeterminado (0,99).

Para indicar el estado de nutrición de los participantes se usó el IMC y el grado de obesidad, los valores de referencia se encuentran en los anexos 2 y 3. El grado de obesidad se identificó por el InBody mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Porcentaje de peso en hombres} = \left(\frac{\text{peso actual en kg}}{(\text{altura en m})^2 (23)} \right) (100)$$

$$\text{Porcentaje de peso en mujeres} = \left(\frac{\text{peso actual en kg}}{(\text{altura en m})^2 (21.5)} \right) (100)$$

Para revisar la masa muscular en los hombres, se obtuvo el IMME, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IMME} = \frac{\text{Masa muscular en kg}}{(\text{altura en m})^2}$$

Posteriormente se realizó una prueba T-student para comparar aquellas variables que resultaron relevantes en la formación de grupos de los participantes que ya presentaban SM con los que no.

Actividades realizadas

Para realizar este proyecto se realizaron las siguientes actividades:

1. Tomar cursos sobre RStudio, para aprender a usar comandos y paquetes de esta plataforma, con la cual se hicieron los análisis estadísticos.
2. Revisión de las bases de datos de Inbody de los alumnos de primer ingreso de la FES-Iztacala, para:
 - I. Ordenar los datos de los participantes.
 - II. Depuración de los datos de las bases de datos.
 - III. Unificar las bases de datos en una sola base de datos.
 - IV. Identificar las variables más importantes de esta base de datos
3. Revisión de la base de datos de estudios de laboratorio de los alumnos de la FES-Iztacala. La cual se unió a la base de datos de Inbody, para generar una sola base de datos.
4. Comparación y análisis de las bases de datos (Inbody y estudios de laboratorio), por medio de programación en RStudio con PCA.
5. Reporte de los resultados obtenidos en este proyecto de investigación, a través de los marcadores importantes para identificar y prevenir SM en esta población.

Objetivos y metas alcanzadas

- Aprender utilizar RStudio, a través de cursos gratuitos en la plataforma de Coursera.
- Limpiar la base de datos de Inbody con ayuda de Excel.

- Unir las bases de datos de Inbody y de los estudios de laboratorio, mediante la plataforma de RStudio concatenando los resultados con ayuda del número de registro de los participantes.
- Construir un PCA y usar T-student para identificar las variables más influyentes en el desarrollo de SM, como se describirá en el apartado siguiente.

Resultados

En la revisión de los primeros tres archivos mencionados en la metodología, se encontró registros repetidos, del documento “Inbody” fueron: (5, 6, 18), (143, 144,145), (246,254), (290,291), (293,301),(403,411), (445,447), (446,448), (659, 660,661, 662), (678,679),(622,702-707,709, 710, 715, 716), (652,706), (232,243). Mientras que en el documento “DatosInbody2” los números de registro repetidos fueron: (2,3), (31,32), (33, 34, 35), (37,38), (46,47), (48,49), (52,53), (53,54), (76,26), (77,27), (135,136). Estos datos se promediaron para dejar un registro único de cada participante.

Las variables utilizadas para hacer el análisis en RStudio fueron: número de registro, fecha de registro, hora del test, edad, altura, sexo, enfermedad, peso, metabolismo basal, contenido mineral óseo, grado de obesidad, área grasa visceral, masa magra seca, masa músculo esquelética, masa grasa corporal, porcentaje de grasa corporal, grado de obesidad abdominal, Índice de Masa Corporal (IMC), impedancia, masa de agua corporal total, masa de proteínas, masa mineral, masa magra esquelética y masa libre de grasa. Este nuevo documento fue nombrado “BDD_Inbody_Depurada”.

A través del análisis de los datos, solo se utilizaron los resultados de 333 alumnos, de los cuales 227 fueron mujeres y el resto hombres. El promedio de edad de los participantes es de 18.8 años, predominando aquellos de esta misma edad. Del total de los participantes se identificó que 30 tenían SM según el NCEP-ATP III(Figura1A), ya que contaban con al menos tres de los factores que nos ayudan a diagnosticar el síndrome, como se describe en la introducción. Cabe resaltar que a pesar de que 303 participantes no tenían SM, 191 tenían uno a dos factores de riesgo para presentar SM y solo 112 no presentaban aún algún factor (Figura 1B).Es importante resaltar que aunque menos hombres tienen SM, el porcentaje es mayor que en las mujeres (10.37% vs 8.37%).

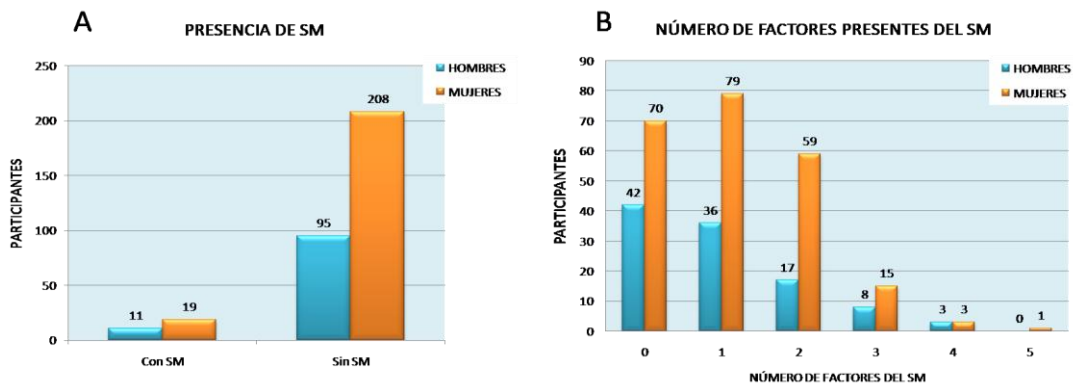


Figura 1. Identificación de pacientes con SM.

De acuerdo con el IMC, se identificó que 211 participantes tenían un peso normal, 76 tenían sobrepeso u obesidad y 46 un peso bajo (Figura 2A). También se clasificó el estado nutricional de los participantes mediante el grado de obesidad (Figura 2B), obtenido por los resultados del InBody, por medio de esta clasificación 132 tuvieron un peso normal, 132 sobrepeso u obesidad y 69 algún grado de desnutrición. Comparando ambos parámetros, se reduce de 63% a 39% el porcentaje de la muestra con un peso dentro del rango de normalidad.

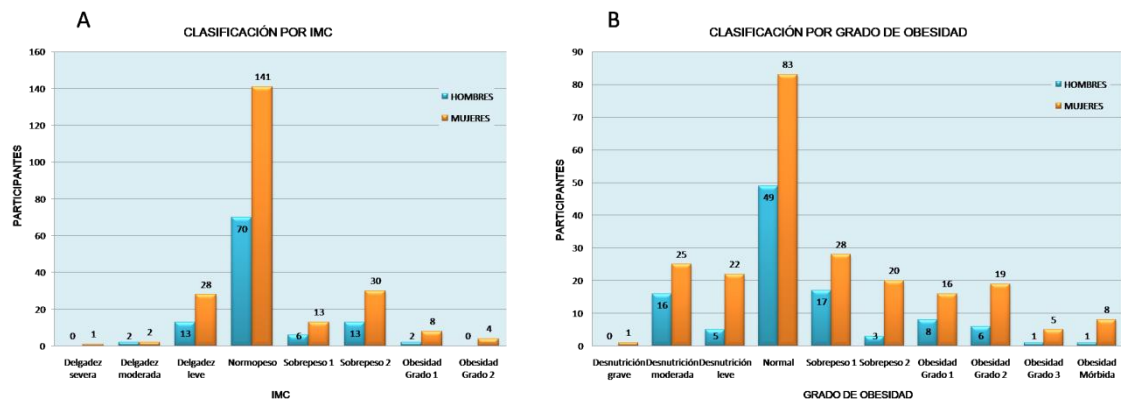


Figura 2. Clasificaciones de los participantes por IMC y grado de obesidad.

Mediante la construcción del PCA, los resultados obtenidos de acuerdo con el sexo fueron heterogéneos (Figura 3), por lo cual se continuó con el análisis separando los resultados de hombres y mujeres.

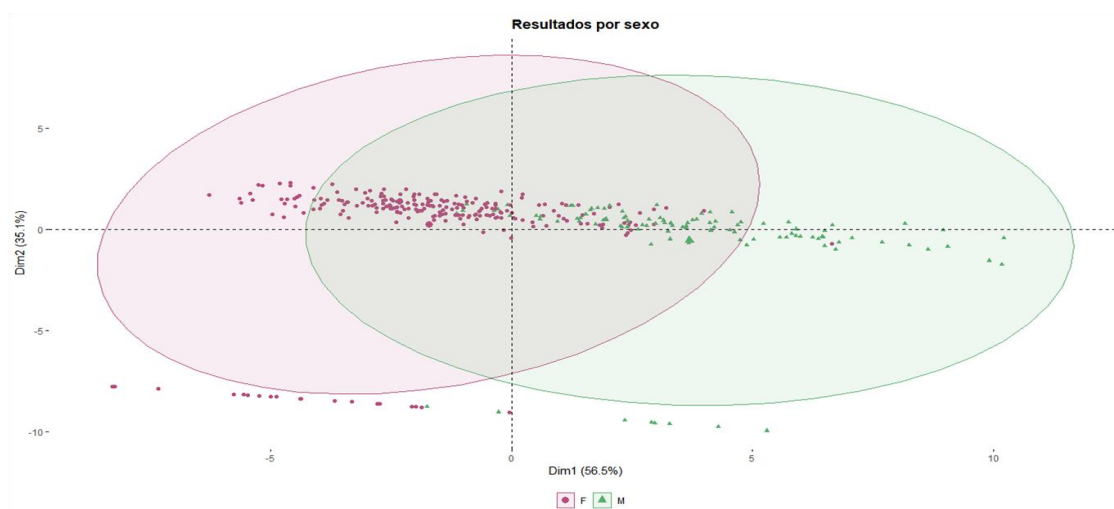


Figura 3. PCA por sexo

Con base en el análisis a los datos de las mujeres, el PCA mostró una elipse casi empalmada de del grupo SM en comparación con aquellos individuos sin SM (Figura 4A), debido al número reducido de participantes, así como también el hecho de que la población que no tiene SM si tiene algunos de los factores de riesgo con los que se diagnostica dicho síndrome, como se muestra en la imagen 1B.

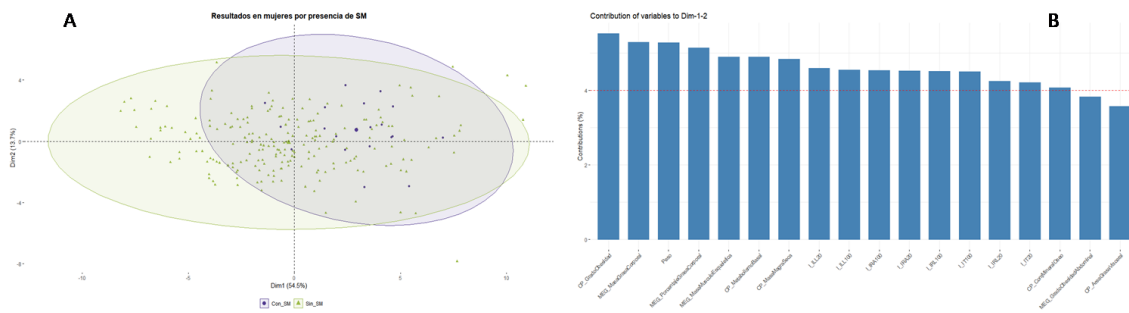


Figura 4. PCA en mujeres

También se identificó que las variables contribuyentes en las mujeres, fueron el grado de obesidad, masa grasa corporal, peso, porcentaje de grasa corporal, masa musculo esquelética, metabolismo basal, masa magra seca, impedancia a 20 y 100 kHz y el contenido mineral óseo (Figura 4B). Se usó la prueba T-student estas variables y todas fueron estadísticamente significativas (tabla 1).

Tabla 3. T-student en variables contribuyentes para SM en las mujeres

Variable	Valor P	Promedio y DE con SM	Promedio y DE sin SM
Grado de obesidad	0.0009	122.3 ± 14.41	106.7 ± 19.72
Masa grasa corporal	0.004	24.95 ± 6.14	19.32 ± 8.21
Peso	0.0031	64.83 ± 6.57	56.66 ± 11.73
Porcentaje de grasa corporal	0.0046	38.07 ± 6.60	33.01 ± 7.43
Masa músculo esquelética	0.0374	21.78 ± 2.25	20.21 ± 3.19
Metabolismo basal	0.0376	1232 ± 77.98	1177 ± 112.2
Masa magra seca	0.0334	10.70 ± 1.008	10 ± 1.392
ILL20	0.0213	402.2 ± 35.85	429.5 ± 50.23
ILL100	0.0410	362.6 ± 34.89	386.6 ± 49.77
IRA100	0.0027	363 ± 35.71	398.4 ± 49.63
IRA20	0.0014	400.7 ± 36.46	439.7 ± 51.34
IRL100	0.0059	267.5 ± 32.24	292.1 ± 37.32
IT100	0.0096	267.3 ± 28.91	290.2 ± 37.08
IRL20	0.0091	302.2 ± 35.29	327.2 ± 40
IT20	0.0149	302.7 ± 32.15	326.1 ± 40.4
Contenido mineral óseo	0.0192	2.35 ± 0.22	2.19 ± 0.28

Por otra parte, en el PCA se observó un patrón similar en el comportamiento de los datos tanto en hombres como mujeres (Figura 5A). Los componentes que contribuyeron más a la distinción entre participantes con SM y sin SM en los hombres fueron: masa magra seca, masa libre de grasa, metabolismo basal, masa de agua corporal total, masa magra esquelética, masa musculo esquelética, masa de proteínas, concentración media de hemoglobina corpuscular, masa mineral, volumen corpuscular medio, hemoglobina corpuscular media, hemoglobina y hematocrito (Figura 5B).

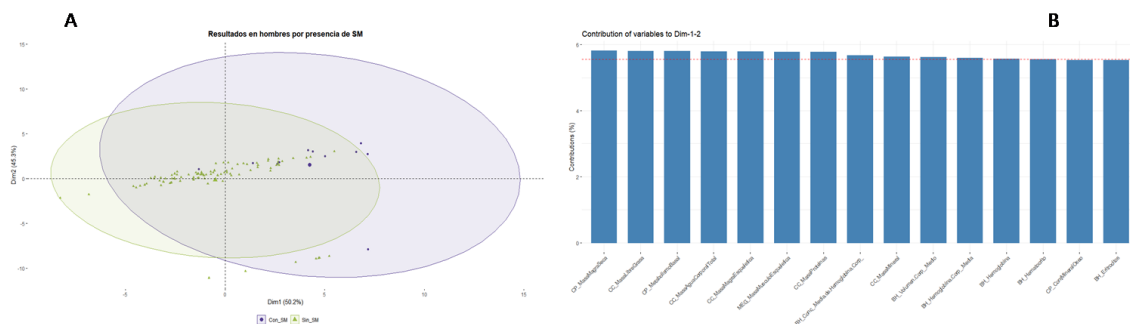


Figura 5. PCA en hombres

Para identificar si existían diferencias estadísticamente significativas entre estas variables que en conjunto resultaron relevantes se realizó una prueba T-student comparando los grupos con SM y sin SM, encontrando significancia estadística en las variables de masa magra seca, libre de grasa, de agua corporal total, magra esquelética, músculo esquelético, de proteínas y mineral, y metabolismo basal (tabla 2).

Tabla 4. T-student en variables contribuyentes para SM en los hombres

Variable	Valor P	Promedio y DE con SM	Promedio y DE sin SM
Masa magra seca	<0.0001	16.74 ± 1.70	13.47 ± 1.66
Masa libre de grasa	<0.0001	62.38 ± 6.44	50.47 ± 6.03
Metabolismo basal	<0.0001	1717 ± 139.3	1460 ± 130.5
Masa de agua corporal total	<0.0001	45.65 ± 4.73	37 ± 4.38
Masa magra esquelética	<0.0001	58.85 ± 6.15	47.63 ± 5.64
Masa músculo esquelética	<0.0001	35.56 ± 3.99	28.26 ± 3.62
Masa de proteínas	<0.0001	12.45 ± 1.33	10.03 ± 1.20
Concentración media de hemoglobina corpuscular	0.8472	30.32 ± 10.11	30.87 ± 8.81
Masa mineral	<0.0001	4.28 ± 0.39	3.43 ± 0.47
Volumen corpuscular medio	0.7299	80.66 ± 27.29	83.35 ± 24
Hemoglobina corpuscular media	0.7439	26.92 ± 9.12	27.77 ± 8.03
Hemoglobina	0.7888	14.45 ± 5.02	14.09 ± 4.18
Hematocrito	0.7997	43.33 ± 15	42.29 ± 12.55

Al observar los resultados obtenidos de ambos sexos, en las mujeres se identificó que la grasa corporal influye en la presencia o tendencia a desarrollar el SM, por lo que se analizó esta variable. El PCA muestra una distribución casi heterogénea de acuerdo su porcentaje de grasa (Figura 6B). Por otra parte, en los hombres los componentes más influyentes fueron la masa magra y muscular, en donde todos los participantes tuvieron un IMME dentro del rango normal.

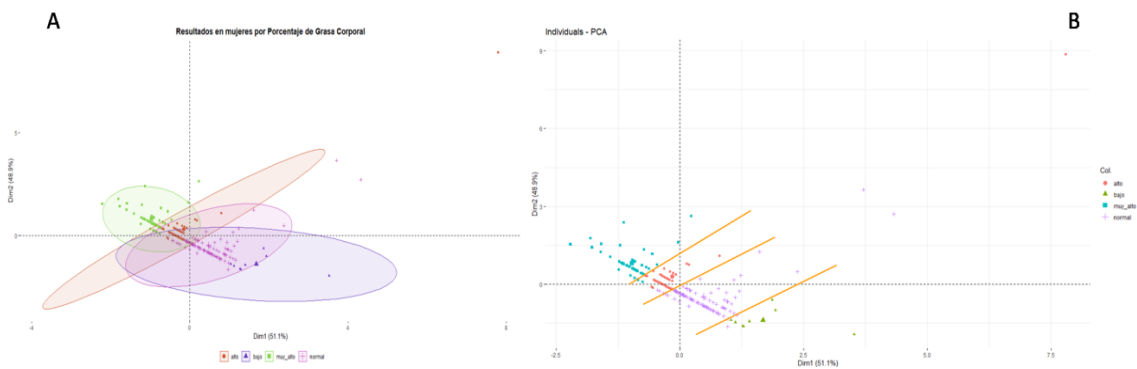


Figura 6. PCA de porcentaje de masa grasa en mujeres

Discusión de resultados

En el presente trabajo identificamos que los hombres tienen una mayor tendencia a desarrollar SM, tal como se ha mostrado en otras investigaciones¹⁶⁻¹⁹. Esta tendencia relacionada al sexo podría asociarse a una mayor prevalencia de enfermedades cardiovasculares en hombres, así como también factores hormonales que protegen a la mujer durante su período fértil, ya que al finalizar éste la prevalencia de SM en mujeres aumenta^{17,19}. No obstante, hay estudios que muestran lo opuesto, ya que en sus resultados obtuvieron una prevalencia mayor o similar en mujeres comparado con los hombres, asociando su hallazgo al mayor porcentaje de obesidad en mujeres^{14,20,21}.

Por otra parte, relacionando a otros estudios encontramos que, al comparar el IMC con el grado de obesidad (porcentaje de grasa?), la segunda variable pronostica de forma más acertada al estado de nutrición, ya que toma en cuenta más datos, como la altura, el IMC por sexo de acuerdo al grupo de edad y el peso actual²²⁻²⁵. Teniendo en cuenta esta comparación, el porcentaje de la muestra con un peso dentro del rango de normalidad se reduce, como se describe en los resultados. Comprobando lo descrito por otros autores, el IMC subestima la clasificación para personas con bajo peso y sobrestima para aquellos con sobrepeso y obesidad, colocándolos en un peso normal²²⁻²⁵.

Los marcadores con mayor contribución a desarrollar SM, descrito en los resultados, nos demuestran que tanto la identificación de la composición corporal por antropometría e InBody como la biometría hemática, serían herramientas útiles en la detección del SM. Diversos autores han mostrado en sus publicaciones este punto sobre la composición corporal, haciendo énfasis en la grasa corporal, principalmente²⁴⁻²⁹, atribuyendo que el exceso de grasa corporal total está relacionado con la aparición de distintos trastornos metabólicos, que predisponen a desarrollar SM. Cabe destacar que aquellos con un IMC mayor al normal y un elevado porcentaje de grasa corporal, tienen aún más probabilidad de desarrollar SM^{24,25}.

Especificando los componentes claves de estas herramientas para la detección temprana de SM, podemos puntualizar que aquellos que fueron estadísticamente significativos como la masa y porcentaje de grasa, masa musculo-esquelética, masa magra y contenido mineral óseo, serán de utilidad al personal de salud, nutriólogos específicamente, para emplear acciones preventivas y oportunas al atender a los pacientes. También es importante resaltar que la impedancia podría ser punto clave para la detección de SM, al menos eso se mostró en el caso

de las mujeres debido a que destacó en el PCA y tuvo diferencia estadísticamente significativa. Sin embargo, se requiere de más investigaciones que se centren en la impedancia de segmentos como un marcador en el desarrollo de SM.

Adicional a lo anterior, hay algunos autores que nos hablan sobre la importancia de la masa muscular en el desarrollo del SM^{27,30}, describiendo que al realizar actividad física, ya sea de resistencia o fuerza, principalmente la segunda cuando es de larga duración, tiene como beneficios la disminución la masa grasa, el aumento a la sensibilidad a la insulina, mejora la intolerancia a la glucosa, así como aumenta la masa muscular³⁰, asociando la presencia de un nivel mayor de masa muscular y masa magra a una menor probabilidad de desarrollar SM. Estas pautas sobre la actividad física y el nivel de masa muscular y magra serán de provecho en las consultas nutricionales como guía para prevenir el SM.

Como ya se mencionó, es importante que el ejercicio o terapia física se manejen como punto clave para prevenir el desarrollo de SM y en su tratamiento, en conjunto con la alimentación. Al realizar ejercicio, el metabolismo basal, dependiendo de la duración, la intensidad y el tiempo que llevemos entrenando, aumentará en menor o mayor proporción³¹. Esto justifica el resultado de que deba revisarse el metabolismo basal en cada paciente. Un cuerpo con mayor peso gasta más energía que uno con un peso normal. Es por ello que en el tratamiento para SM se recomienda practicar ejercicio cinco o más veces por semana durante una hora por varios años, para perder peso y mantener esta pérdida. Sin embargo, es importante que la frecuencia, intensidad y duración del ejercicio sugerido para cada paciente, se indique individualmente con base en sus características³¹.

Cabe resaltar que para tener una pérdida de peso corporal a expensas de masa grasa y evitar la pérdida de masa libre de grasa, es necesario el aumento de la actividad física y el aumento en el consumo de proteína en la alimentación. Sin embargo, es importante balancear el aporte de proteína de origen animal y vegetal, debido a que la primera aumenta el consumo de grasas saturadas, las cuales se asocian con la presencia de enfermedades cardiovasculares y la mortalidad²⁹, haciendo evidente que también hay una relación estrecha con la masa grasa, ya que si está en un nivel mayor, disminuirán la masa libre de grasa y masa magra, promoviendo el desarrollo de SM.

En el caso de los hombres, será importante que el personal de salud encargado revise la masa muscular, masa magra, masa libre de grasa, masa de proteínas, masa de agua y masa mineral, debido a que estos fueron los marcadores de mayor contribución en el PCA, así como también mostraron tener una diferencia estadísticamente significativa. Por lo que el nutriólogo deberá darse a la tarea de tener en cuenta todos estos puntos al momento de revisar al paciente e indicarle los cambios en su alimentación, lo cual ayudará en la prevención y el tratamiento para el SM.

Conclusiones

Para finalizar, este estudio será de gran ayuda en el diagnóstico oportuno de SM, teniendo en cuenta lo siguiente: el IMC deberá usarse como un instrumento secundario para una valoración superficial en el diagnóstico del estado de nutrición. Es importante realizar

valoración antropométrica, revisar la composición corporal por InBody, pedir estudios de laboratorio específicos (biometría hemática y química sanguínea) para identificar los factores de riesgo de SM en conjunto y los componentes que tuvieron mayor contribución de acuerdo al sexo del paciente. Es necesario no dejar de lado todo lo que ya está plasmado para el diagnóstico del SM, sino complementar con la nueva información que se ha obtenido en este y en otros estudios recientes relacionados al desarrollo temprano del SM.

Por lo tanto, se propone que en la valoración del paciente adolescente y adulto joven se revisen los siguientes puntos:

Tabla 5. Propuesta de valoración diagnóstica y preventiva de SM.

Mujeres	Hombres
Factores de riesgo para el diagnóstico de SM	
*Diagnóstico de SM ante la presencia de 3 o más factores⁶:	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Circunferencia de cintura↑ ○ Triglicéridos ↑ ○ Colesterol HDL↑ ○ Presión arterial ↑ ○ Glucosa en ayunas↑ 	
Criterios propuestos para el diagnóstico preventivo de SM, en adolescentes y adultos jóvenes	
*Marcadores tempranos del SM, presentar 4 o más componentes muestra una alta probabilidad para desarrollar SM:	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Grado de obesidad↑ ○ Masa grasa corporal↑ ○ Porcentaje de grasa corporal↑ ○ Masa músculo esquelética↑ ○ Metabolismo basal↑ ○ Masa magra seca↑ ○ Impedancia ↓ ○ Contenido mineral ósea↑ 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Masa magra seca↑ ○ Masa libre de grasa↑ ○ Metabolismo basal ↑ ○ Masa de agua corporal total↑ ○ Masa magra esquelética↑ ○ Masa músculo esquelética↑ ○ Masa de proteínas↑ ○ Masa mineral↑

El nutriólogo tendrá un papel clave en el tratamiento para SM, sin dejar de reconocer que debe haber un manejo interdisciplinario, en el que participe personal que intervenga en el tratamiento médico y físico, para prevenir y tratar el SM. En el caso de que el paciente ya haya desarrollado SM, es de vital importancia apoyarlo a cambiar sus hábitos de alimentación y de sueño, promover la actividad física y la pérdida de peso corporal y ayudarlo a mantener un peso ideal. Así como también será necesario darle seguimiento y cuidados para evitar que desarrollen problemas cardiovasculares y diabetes, en dado caso de que aun no tenga.

De igual modo, para aquellos pacientes que aun no presentan ningún factor de riesgo para SM, deberán ser valorados mediante una historia clínica que permita conocer si hay presencia de antecedentes heredofamiliares para SM y sus factores de riesgo, y así prevenir el desarrollo de estos problemas de salud. También es necesario dar seguimiento a la composición corporal y no únicamente al peso, como erróneamente se hace. Conocer el porcentaje de grasa y la masa muscular nos ayudará a realizar indicaciones más puntuales al paciente para que mantenga una buena salud.

Recomendaciones

La investigación sobre SM es muy amplia, así que se necesitan más estudios que analicen la bioimpedancia y los estudios de laboratorio, haciendo seguimiento y analizando más poblaciones de adultos jóvenes, para tener bases óptimas que ayuden en el diagnóstico preventivo y el tratamiento del mismo. Es importante que se investigue y genere una guía con acciones para prevenir el desarrollo de SM.

Este trabajo solo está orientado a la identificación de marcadores tempranos para desarrollar SM. Además, se deben realizar más investigaciones que ayudarían a la identificación preventiva del SM, en temas como: medio ambiente del paciente (trabajo, actividades y hábitos), los hábitos del sueño, la microbiota intestinal, otras enfermedades asociadas al desarrollo de SM como el síndrome de ovario poliquístico y enfermedades inmunes como la psoriasis. Se ha encontrado que en estas últimas aumenta la predisposición a SM.

Referencias bibliográficas

1. Silva ARV, Sousa LSN, Rocha TS, Cortez RMA, Macêdo LGN, Almeida PC. Prevalencia de componentes metabólicos en universitarios. Revista Latino-Americana de Enfermagem. 2014; 22 (6): 1042. Disponible en: https://www.scielo.br/pdf/rlae/v22n6/es_0104-1169-rlae-22-06-01041.pdf[Consultado el 3 de mayo de 2022].
2. Murguía-Romero M, Jiménez-Flores JR, Sigrist-Flores SC, Tapia-Pancardo DC, Ramos-Jiménez A, Méndez-Cruz AR, Villalobos-Molina R. Prevalence of metabolic syndrome in Young Mexicans: a sensitivity analysis on its components. Nutrición Hospitalaria. 2015; 32 (1): 190.
3. Secretaría de Salud, Instituto Nacional de Salud Pública, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018. [ebook] Presentación de resultados. Disponible en: https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_presentacion_resultados.pdf[Consultado el 3 de mayo de 2022].
4. Murguía-Romero M, Jiménez-Flores R, Villalobos-Molina R, Méndez-Cruz AR. Estimating the geographic distribution of the metabolic syndrome prevalence in young Mexicans. GeospatialHealth. 2012;6: 47. Disponible en: <https://geospatialhealth.net/index.php/gh/article/view/121/121>[Consultado el 16 de mayo de 2022].
5. Lizarzaburu Robles JC. Síndrome metabólico: concepto y aplicación práctica. Anales de la Facultad de Medicina. [Internet]. 2013; 74 (4): 315-320. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832013000400009&lng=es. [Consultado el 16 de mayo de 2022].
6. Ramírez-López LX, Aguilera AM, Rubio CM, Aguilar-Mateus ÁM. Síndrome metabólico: una revisión de criterios internacionales. Revista Colombiana de Cardiología. [Internet]. 2021; 28(1): 60-65. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcca/v28n1/0120-5633-rcca-28-1-60.pdf>[Consultado el 16 de agosto de 2022].

7. Fragozo-Ramos MC. Síndrome metabólico: revisión de la literatura. Medicina & Laboratorio. 2022; 26: 49, 50. Disponible en: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2022/06/1370951/sindrome-metabolico.pdf>[Consultado el 28 de noviembre de 2022].
8. Brandão AP, Magalhães MEC, Pozzan R, Brandão AA. Síndrome metabólico en jóvenes: diagnóstico y tratamiento. Revista Española de Cardiología. 2005; 58 (2): 3. Disponible en:<https://www.revespcardiol.org/es-sindrome-metabolico-jovenesdiagnostico-tratamiento-articulo-13081666>[Consultado el 28 de noviembre de 2022].
9. Lu J, Wang L, Li M, Xu Y, Jiang Y, Wang W, Li J, Mi S, Zhang M, Li Y, Wang T, Xu M, Zhao Z, Dai M, Lai S, Zhao W, Wang L, Bi Y, Ning G; 2010 China Noncommunicable Disease Surveillance Group. Metabolic Syndrome Among Adults in China: The 2010 China Noncommunicable Disease Surveillance. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 2017; 102 (2): 510. Disponible en: <https://academic.oup.com/jcem/article/102/2/507/2972061>[Consultado el 16 de mayo de 2022].
10. Peinado Martínez M, Dager Vergara I, Quintero Molano K, Mogollón Pérez M, Puello Ospina A. Síndrome Metabólico en Adultos: Revisión Narrativa de la Literatura. Archivos de Medicina. 2021; 17 (2:4) Disponible en:<https://www.archivosdemedicina.com/medicina-de-familia/siacutendrome-metaboacutelico-en-adultos-revisioacuten-narrativa-de-la-literatura.pdf>[Consultado el 28 de noviembre de 2022]
11. Síndrome Metabólico Causas y factores de riesgo. National Heart, Lung, and Blood Institute. 2022. Disponible en:<https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/sindrome-metabolico/causas#:~:text=El%20sobrepeso%20y%20la%20obesidad,el%20colesterol%20HDL%20%E2%80%9Cbueno%E2%80%9D>[Consultado el 28 de noviembre de 2022].
12. Síndrome metabólico síntomas y causas. Mayo clinic. 2019. Disponible en: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/metabolic-syndrome/symptoms-causes/syc-20351916>[Consultado el 28 de noviembre de 2022].
13. Chacón Valladares P, Valencia Gutiérrez MM. Síndrome metabólico y estilos de vida en personal sanitario en una unidad de medicina familiar en México. Orixinais Cadernos de Atención Primaria. 2020. 26 (3): 7, 8. Disponible en:https://revista.agamfec.com/wp-content/uploads/2021/01/Agamfec_26_3-Orixinal-S%C3%ADndrome-metab%C3%B3lico.pdf[Consultado el 28 de noviembre de 2022].
14. Shamah-Levy T, Vielma-Orozco E, Heredia-Hernández O, Romero-Martínez M, Mojica-Cuevas J, Cuevas-Nasu L, Santaella-Castell JA, Rivera-Dommarco J. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19: Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2020. Disponible en: https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_inf_orme_final.pdf[Consultado el 16 de mayo de 2022].
15. Síndrome Metabólico tratamiento, National Heart, Lung, and Blood Institute. 2022. Disponible en: <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/sindrome-metabolico/tratamiento> [Consultado el 30 de noviembre de 2022]
16. Cárdenas-Villarreal VM, López-Alvarenga JC, Bastarrachea RA, Rizo-Baeza MM, Cortés-Castell E. Prevalencia del síndrome metabólico y sus componentes en adolescentes de

- la Ciudad de Monterrey, Nuevo León. Archivos de Cardiología de México [en línea]. 2010; 80(1): 19-26. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402010000100005#:~:text=Como%20se%20muestra%20en%20la,15%20a%2019%20\(8.3%25\)](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402010000100005#:~:text=Como%20se%20muestra%20en%20la,15%20a%2019%20(8.3%25)). [Consultado el 27 de marzo de 2022].
17. Fernández-Bergés D, Félix-Redondo FJ, Lozano L, Pérez-Castán JF, Sanz H, Cabrera De León A et al. Prevalencia de síndrome metabólico según las nuevas recomendaciones de la OMS: Estudio HERMEX. Gaceta Sanitaria [en línea]. 2011; 25(6): 519-524. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112011000600014 [Consultado el 27 de marzo de 2022].
 18. Fernández-Ruiz VE, Paniagua-Urbano JA, Solé-Agustí M, Ruiz-Sánchez A, Gómez-Marín J. Prevalencia de síndrome metabólico y riesgo cardiovascular en un área urbana de Murcia. Nutrición Hospitalaria. [en línea]. 2014; 30(5): 1077-1083. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112014001200012#:~:text=La%20prevalencia%20global%20de%20S%C3%ADndrom e,estim%C3%B3%20un%2053%2C5%25. [Consultado el 27 de marzo de 2022].
 19. Bitew ZW, Alemu A, Ayele EG, Tenaw Z, Alebel A, Worku T. Metabolic syndrome among children and adolescents in low and middle income countries: a systematic review and meta-analysis. Diabetology & Metabolic Syndrome [en línea] 2020. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7590497/> [Consultado el 27 de marzo de 2022].
 20. Álvarez Gasca M, Hernández Pozo M, Martínez M, Durán Díaz Á, Estilo de vida y presencia de síndrome metabólico en estudiantes universitarios. Diferencias por sexo. Revista de Psicología [en línea]. 2014; 32 (1). Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-92472014000100005 [Consultado el 28 de marzo de 2022].
 21. Shamah-Levy T, Campos-Nonato I, Cuevas-Nasu L, Hernández-Barrera L, Morales-Ruán MC, Rivera-Dommarco J, Barquera S. Sobrepeso y obesidad en población mexicana en condición de vulnerabilidad. Resultados de la ENSANUT 100k. Revista de Salud Pública de México, [en línea] 2019; 61 (6): 854-855. Disponible en: <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut100k2018/doctos/analiticos/17-10585-sobrepeso.pdf> [Consultado el 28 de marzo de 2022].
 22. Cossio Bolaños M, Vidal Espinoza R, Sulla Torres J, Gatica Mandiola P, Castelli Correia de Campos LF et al. Índice de masa corporal versus Índice ponderal para evaluar el estado nutricional de adolescentes de altitud moderada del Perú. Revista Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria. 2020; 40(3):92-98. Disponible en: <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/download/62/40/237> [Consultado el 16 de mayo de 2022].
 23. Bauce G. Índice de masa corporal, peso ideal y porcentaje de grasa corporal en personas de diferentes grupos etarios. Revista Digital de Postgrado. 2022; 11(1): e331. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/101/1012349004/html/index.html> [Consulta do el 17 de mayo de 2022].
 24. Flores-Lázaro JR, Rodríguez-Martínez E, Rivas-Arancibia S. Consecuencias metabólicas de la alteración funcional del tejido adiposo en el paciente con obesidad. Revista

- Médica del Hospital General de México. [en línea]. 2011; 74 (3). Disponible en: <https://www.elsevier.es/en-revista-revista-medica-del-hospital-general-325-articulo-consecuencias-metabolicas-alteracion-funcional-del-X0185106311356353> [Consultado el 21 de Febrero de 2022].
25. Moon JH, Choo SR, Kim JS. Relación entre baja masa muscular y síndrome metabólico en personas mayores con un índice de masa corporal normal[en línea]. Fisiología del ejercicio. 2015. Disponible en: [https://www.fisiologiadelejercicio.com/relacion-entre-baja-masa-muscular-y-sindrome-metabolico-en-personas-mayores-con-un-indice-de-masa-corporal-normal/#:~:text=Tambi%C3%A9n%20se%20asociaron%20el%20tabaquismo,riesgo%20de%20padecer%20s%C3%ADndrome%20metab%C3%B3lico. \[Consultado el 21 de febrero de 2022\].](https://www.fisiologiadelejercicio.com/relacion-entre-baja-masa-muscular-y-sindrome-metabolico-en-personas-mayores-con-un-indice-de-masa-corporal-normal/#:~:text=Tambi%C3%A9n%20se%20asociaron%20el%20tabaquismo,riesgo%20de%20padecer%20s%C3%ADndrome%20metab%C3%B3lico.)
 26. Navarro Lechuga E, Vargas Moranth RF, Alcocer Olaciregui AE. Grasa corporal total como posible indicador de síndrome metabólico en adultos. Revista Española de Nutrición Humana y Dietética [en línea]. 2016; 20 (3). Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2174-51452016000300006#:~:text=Los%20sujetos%20con%20s%C3%ADndrome%20metab%C3%B3lico,de%20tamizaje%2C%20como%20de%20control. \[Consultado el 21 de Febrero de 2022\].](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2174-51452016000300006#:~:text=Los%20sujetos%20con%20s%C3%ADndrome%20metab%C3%B3lico,de%20tamizaje%2C%20como%20de%20control.)
 27. Reyna-Villasmil N, Mejia-Montilla J, Bravo-Henríquez A, Fernández- Ramírez A, Reyna-Villasmil E. Criterios diagnósticos y tratamiento del síndrome de obesidad metabólica con peso normal. Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo [en línea]. 2021; 19. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3755/375566679002/html/>[Consultado el 22 de febrero de 2022].
 28. Youdim A. Síndrome metabólico - Trastornos nutricionales - Manual MSD versión para público general. [en línea] Manual MSD versión para público general. 2021. Disponible en: [https://www.msmanuals.com/es-mx/hogar/trastornos-nutricionales/obesidad-y-s%C3%ADndrome-metab%C3%B3lico/s%C3%ADndrome-metab%C3%B3lico#:~:text=El%20s%C3%ADndrome%20metab%C3%B3lico%20se%20caracteriza,%C3%ADpidos%20en%20sangre%20\(dislipidemia\). \[Consultado el 22 de febrero de 2022\].](https://www.msmanuals.com/es-mx/hogar/trastornos-nutricionales/obesidad-y-s%C3%ADndrome-metab%C3%B3lico/s%C3%ADndrome-metab%C3%B3lico#:~:text=El%20s%C3%ADndrome%20metab%C3%B3lico%20se%20caracteriza,%C3%ADpidos%20en%20sangre%20(dislipidemia).)
 29. Paciente con obesidad. Intervención Dietética: México: Instituto Mexicano del Seguro Social, [en línea] 2013: 20. Disponible en: <https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/684GER.pdf>[Consultado el 22 de febrero de 2022].
 30. Ramírez Manuel A, Rosety JM, Marcos-Becerro J, Rosety I, Ordóñez F, Rosety-Rodríguez M y cols. El ejercicio y el síndrome metabólico. Revista Médica del Uruguay [Internet]. 2012; 28(4):309-316.Disponible en: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-03902012000400007&lng=es. \[Consultado el 21 de febrero de 2022\].](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-03902012000400007&lng=es.)
 31. Barrera MP, Pinilla AE, Cortés E, Mora G, Rodríguez MN. Síndrome metabólico: una mirada interdisciplinaria. Revista Colombiana de Cardiología [Internet]. 2008; 15 (3): 120. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcca/v15n3/v15n3a4.pdf>[Consultado el 22 de febrero de 2022].

Anexos

1. Catálogo de variables

ABREVIATURAS:

1) Hoja Información del Usuario (IU)

- Número de registro: IU_NumeroRegistro
- Nombre: IU_Nombre
- Sexo: IU_Sexo
- Edad: IU_Edad
- Altura: IU_Altura
- Fecha de nacimiento: IU_FechaNacimiento
- Número de teléfono: IU_NumeroTelefono
- Número de celular: IU_NumeroCelular
- Fecha de registro: IU_FechaRegistro
- Dirección: IU_Direccion
- Dirección de correo: IU_DireccionE-mail
- Memo: IU_Memo
- Memo 2: IU_Memo2
- Profesión: IU_Profesion
- Enfermedad: IU_Enfermedad
- Categoría: IU_Categoria
- Fecha de reserva: IU_FechaReserva
- Hora: IU_Hora

2) Hoja Control de Peso (CP)

- Hora del test: CP_HoraTest
- Número de registro: CP_NumeroRegistro
- Nombre: CP_Nombre
- Altura: CP_Altura
- Sexo: CP_Sexo
- Edad: CP_Edad
- Peso objetivo: CP_PesoObjetivo
- Control de peso: CP_ControlPeso
- Control de grasa: CP_ControlGrasa
- Control de músculo: CP_ControlMusculo
- Estado fitness: CP_EstadoFitness
- Metabolismo basal: CP_MetabolismoBasal
- Mínimo de metabolismo basal: CP_MinimoMB
- Máximo de metabolismo basal: CP_MaximoMB
- Contenido mineral óseo: CP_ContMineralOseo
- Mínimo de contenido mineral óseo: CP_MinContMineralOseo
- Máximo de contenido mineral óseo: CP_MaxContMineralOseo
- Contenido mineral óseo objetivo: CP_ContMineralOseoObjetivo
- Masa celular corporal: CP_MasaCelularCorporal

- Mínimo de masa celular corporal: CP_MinMasaCelularCorporal
- Masa celular corporal objetivo: CP_MasaCelularCorporalObjetivo
- Grado de obesidad: CP_GradoObesidad
- Mínimo de grado de obesidad: CP_MinGradoObesidad
- Máximo de grado de obesidad: CP_MaxGradoObesidad
- Área grasa visceral: CP_AreaGrasaVisceral
- Masa grasa seca: CP_MasaMagraSeca

3) Hoja Músculo Esquelético - Grasa (MEG)

- Hora del test: MEG_HoraTest
- Número de registro: MEG_NumeroRegistro
- Nombre: MEG_Nombre
- Peso: MEG_Peso
- Peso mínimo: MEG_MinPeso
- Peso máximo: MEG_MaxPeso
- Masa músculo esquelética: MEG_MasaMusculoEsqueletica
- Mínimo de la masa músculo esquelética: MEG_MinMasaMusculoEsqueletica
- Máximo de la masa músculo esquelética: MEG_MaxMasaMusculoEsqueletica
- Masa grasa corporal: MEG_MasaGrasaCorporal
- Mínimo de la masa grasa corporal: MEG_MinMasaGrasaCorporal
- Máximo de la masa grasa corporal: MEG_MaxMasaGrasaCorporal
- Porcentaje de grasa corporal: MEG_PorcentajeGrasaCorporal
- Mínimo del porcentaje de grasa corporal: MEG_MinPorcentajeGrasaCorporal
- Máximo del porcentaje de grasa corporal: MEG_MaxPorcentajeGrasaCorporal
- Grado de obesidad abdominal: MEG_GradoObesidadAbdominal
- Mínimo del grado de obesidad abdominal: MEG_MinGradoObesidadAbdominal
- Máximo del grado de obesidad abdominal: MEG_MaxGradoObesidadAbdominal
- Índice de masa corporal: MEG_IMC
- Mínimo del índice de masa corporal: MEG_MinIMC
- Máximo del índice de masa corporal: MEG_MaxIMC
- Peso objetivo: MEG_PesoObjetivo
- Peso actual comparado con el peso objetivo en porcentaje: MEG_PesoActualComparadoPesoObjetivoEnPorcentaje
- Objetivo de la masa músculo esquelética: MEG_ObjetivoMasaMusculoEsqueletica
- Objetivo del porcentaje de grasa corporal: MEG_ObjetivoPorcentajeGrasaCorporal
- Objetivo de grado de obesidad abdominal: MEG_ObjetivoGradoObesidadAbdominal
- Índice de masa corporal objetivo: MEG_IMCObjetivo

4) Hoja Balance Corporal (BC)

- Hora del test: BC_HoraTest
- Número de registro: BC_NumeroRegistro
- Nombre: BC_Nombre
- Masa magra del brazo derecho: BC_MasaMagraBrazoDerecho

- Porcentaje de la masa magra del brazo derecho: BC_MasaMagraBrazoDerechoPorcentaje
- Objetivo del porcentaje de la masa magra del brazo derecho: BC_ObjetivoMasaMagraBrazoDerechoPorcentaje
- Masa magra del brazo izquierdo: BC_MasaMagraBrazoIzquierdo
- Porcentaje de la masa magra del brazo izquierdo: BC_MasaMagraBrazoIzquierdoPorcentaje
- Objetivo del porcentaje de la masa magra del brazo izquierdo: BC_ObjetivoMasaMagraBrazoIzquierdoPorcentaje
- Masa magra del tronco: BC_MasaMagraTronco
- Porcentaje de la masa magra del tronco: BC_MasaMagraTroncoPorcentaje
- Objetivo del porcentaje de la masa magra del tronco: BC_ObjetivoMasaMagraTroncoPorcentaje
- Masa magra de la pierna derecha: BC_MasaMagraPiernaDerecha
- Porcentaje de la masa magra de la pierna derecha: BC_MasaMagraPiernaDerechaPorcentaje
- Objetivo del porcentaje de la masa magra de la pierna derecha: BC_ObjetivoMasaMagraPiernaDerechaPorcentaje
- Masa magra de la pierna izquierda: BC_MasaMagraPiernaIzquierda
- Porcentaje de la masa magra de la pierna izquierda: BC_MasaMagraPiernaIzquierdaPorcentaje
- Objetivo del porcentaje de la masa magra de la pierna izquierda: BC_ObjetivoMasaMagraPiernaIzquierdaPorcentaje
- Masa agua del brazo derecho: BC_MasaAguaBrazoDerecho
- Masa agua del brazo izquierdo: BC_MasaAguaBrazoIzquierdo
- Masa agua del tronco: BC_MasaAguaTronco
- Masa agua de la pierna derecha: BC_MasaAguaPiernaDerecha
- Masa agua de la pierna izquierda: BC_MasaAguaPiernaIzquierda
- Porcentaje de la grasa corporal del brazo derecho: BC_PorcentajeGrasaCoporalBrazoDerecho
- Porcentaje de la grasa corporal del brazo izquierdo: BC_PorcentajeGrasaCoporalBrazoIzquierdo
- Porcentaje de la grasa corporal del tronco: BC_PorcentajeGrasaCoporalTronco
- Porcentaje de la grasa corporal de la pierna derecha: BC_PorcentajeGrasaCoporalPiernaDerecha
- Porcentaje de la grasa corporal de la pierna izquierda: BC_PorcentajeGrasaCoporalPiernaIzquierda

5) Hoja de Impedancia (I)

- Hora del test: I_HoraTest
- Número de registro: I_NumeroRegistro
- Nombre: I_Nombre
- IRA1: I_IRA1
- ILA1: I_ILA1
- IT: I_IT
- IRL1: I_IRL1

- ILL1: I_ILL1
- IRA5: I_IRA5
- ILA5: I_ILA5
- IT5: I_IT5
- IRL5: I_IRL5
- ILL5: I_ILL5
- IRA50: I_IRA50
- IT50: I_IT50
- IRL50: I_IRL50
- ILL50: I_ILL50
- IRA250: I_IRA250
- ILA250: I_ILA250
- IT250: I_IT250
- IRL250: I_IRL250
- ILL250: I_ILL250
- IRA500: I_IRA500
- ILA500: I_ILA500
- IT500: I_IT500
- IRL500: I_IRL500
- ILL500: I_ILL500
- IRA1M: I_IRA1M
- ILA1M: I_ILA1M
- IT1M: I_IT1M
- IRL1M: I_IRL1M
- ILL1M: I_ILL1M
- Xra5: I_xra5
- Xla5: I_xla5
- Xtr5: I_xtr5
- Xrl5: I_xrl5
- Xll5: I_xll5
- Xra50: I_xra50
- Xla50: I_xla50
- Xtr50: I_xtr50
- Xrl50: I_xrl50
- Xll50: I_xll50
- Xra250: I_xra250
- Xla250: I_xla250
- Xtr250: I_xtr250
- Xrl250: I_xrl250
- Xll250: I_xll250
- IRA20: I_IRA20
- ILA20: I_ILA20
- IT20: I_IT20

- IRL20: I_IRL20
- ILL20: I_ILL20
- IRA100: I_IRA100
- ILA100: I_ILA100
- IT100: I_IT100
- IRL100: I_IRL100
- ILL100: I_ILL100

6) Hoja de Composición Corporal (CC)

- Hora del test: CC_HoraTest
- Número de registro: CC_NumeroRegistro
- Nombre: CC_Nombre
- Masa agua intracelular: CC_MasaAguaIntracelular
- Mínimo de la masa agua intracelular: CC_MinMasaAguaIntracelular
- Máximo de la masa agua intracelular: CC_MaxMasaAguaIntracelular
- Masa agua extracelular: CC_MasaAguaExtracelular
- Mínimo de masa agua extracelular: CC_MinMasaAguaExtracelular
- Máximo de masa agua extracelular: CC_MaxMasaAguaExtracelular
- Masa de proteínas: CC_MasaProteinas
- Mínimo de masa de proteínas: CC_MinMasaProteinas
- Máximo de masa de proteínas: CC_MaxMasaProteinas
- Masa mineral: CC_MasaMineral
- Mínimo de masa mineral: CC_MinMasaMineral
- Máximo de masa mineral: CC_MaxMasaMineral
- Masa grasa corporal: CC_MasaGrasaCorporal
- Mínimo de masa grasa corporal: CC_MinMasaGrasaCorporal
- Máximo de masa grasa corporal: CC_MaxMasaGrasaCorporal
- Masa agua corporal total: CC_MasaAguaCorporalTotal
- Masa magra esquelética: CC_MasaMagraEsquelética
- Masa libre de grasa: CC_MasaLibreGrasa
- Peso: CC_Peso
- Objetivo de la masa agua intracelular: CC_ObjetivoMasaAguaIntracelular
- Objetivo de la masa agua extracelular: CC_ObjetivoMasaAguaExtracelular
- Objetivo de la masa agua corporal total: CC_ObjetivoMasaAguaCorporalTotal
- Objetivo de la masa proteínas: CC_ObjetivoMasaProteinas
- Objetivo de la masa mineral: CC_ObjetivoMasaMineral
- Objetivo de porcentaje de grasa corporal: CC_ObjetivoPorcentajeGrasaCorporal

2. Clasificación de IMC

Estado de nutrición	Rango de referencia
Delgadez severa	$\leq 16 \text{ kg/m}^2$
Delgadez moderada	$16 - 16.99 \text{ kg/m}^2$
Delgadez leve	$17 - 18.49 \text{ kg/m}^2$
Normal	$18.5 - 24.9 \text{ kg/m}^2$

Sobrepeso 1	25 – 26.9 kg/m ²
Sobrepeso 2	27 – 29.9 kg/m ²
Obesidad 1	30 – 34.9 kg/m ²
Obesidad 2	35 – 39.9 kg/m ²
Obesidad 3	≥40 kg/m ²

3. Clasificación de grado de obesidad

Estado de nutrición	Rango de referencia
Desnutrición severa	<75%
Desnutrición moderada	75 – 84%
Desnutrición leve	85 – 89%
Normal	90 – 110 %
Sobrepeso 1	110 – 115%
Sobrepeso 2	115 – 120%
Obesidad 1	121 – 129%
Obesidad 2	130 – 139%
Obesidad 3	140 – 150%
Obesidad mórbida	>150%

4. PORCENTAJE DE GRASA EN MUJERES

Edad	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
17	<15.4%	15.4 – 34.7%	34.8 –37.3%	≥37.4%
18 - 39	<21%	21 – 32.9%	33 –38.9%	≥39%
40 - 59	<23%	23 – 33.9%	34 –39.9%	≥40%
60 - 80	<24%	24 – 35.9%	36 –41.9%	≥42%

5. IMME EN HOMBRES

IMME	Valor de referencia
Bajo	<5.86
Normal	≥5.86