



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Xochimilco

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
LICENCIATURA EN NUTRICIÓN HUMANA

Estimación de grasa corporal y masa muscular a través de fórmulas de predicción

Presentan:

Mauricio Coronel León (matr. 2183027029)

Daniel Flores Flores (matr. 2183069572)

Axel Omar Mejía Garrido (matr. 2183071367)

Fecha de inicio: Diciembre, 2022.

Fecha de terminación: Agosto, 2023.

Asesor(a) interno(a): Luis Ortiz Hernández

Lugar donde se realizará el proyecto:

Laboratorio de Nutrición y Actividad Física, Departamento de Atención a la Salud

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	4
Composición corporal	4
Grasa corporal	4
Masa muscular	5
Absorciometría de rayos X de energía dual (DXA)	5
3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
4. METODOLOGÍA UTILIZADA	7
Composición corporal	7
Antropometría	8
Análisis estadístico	9
5. ACTIVIDADES REALIZADAS	11
Pacientes atendidos por Axel Omar Mejía Garrido	11
Pacientes atendidos por Daniel Flores Flores	13
Pacientes atendidos por Mauricio Coronel León	16
6. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS	20
7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	21
8. RECOMENDACIONES	46
9. BIBLIOGRAFÍA	47

1. INTRODUCCIÓN

La prevalencia de obesidad ha ido en un constante crecimiento durante las últimas tres décadas a nivel mundial (Castillo, 2013). En México para 2018 la prevalencia de obesidad en escolares fue de 35.5%, mientras que para adolescentes la prevalencia fue de 38.4% (ENSANUT, 2018). En cambio, para 2021 la prevalencia de sobrepeso y obesidad en escolares de 5 a 11 años en México se reportó de un 37.5%, mientras que en adolescentes fue de 42.8% (ENSANUT, 2021).

El sobrepeso y la obesidad se definen por la acumulación excesiva de tejido adiposo, lo que incrementa el riesgo a la salud (López-González, 2022). La obesidad en niños y adultos trae consigo otras afecciones a la salud como dislipidemias, hipertensión y mayor resistencia a la insulina las cuales podrían repercutir en la etapa adulta (Navas, 2016).

Por lo anterior se necesitan herramientas para identificar a niños con exceso de grasa corporal (GC). Aunque hay métodos de laboratorio para medir la GC como el DXA, no están disponibles en el campo o en la práctica clínica. Lo que es más accesible es contar mediciones antropométricas ya que los equipos para medirlas tienen menor costo y no requieren operadores especializados. Entonces, se necesitan ecuaciones que a partir de mediciones se puedan estimar valores de composición corporal. Por lo que en este proyecto se validaron ecuaciones que a partir de mediciones antropométricas se estimara GC y masa muscular.

2. ANTECEDENTES

Composición corporal

El interés por la medición de la composición corporal surgió en el siglo XIX mediante la disección de cadáveres. Este procedimiento es el único método directo para la evaluación de la composición corporal. Además de este método directo existen métodos indirectos y doblemente indirectos (Moreira, 2015).

Los métodos indirectos permiten estimar los tejidos corporales sin realizar manipulación de los tejidos. Ejemplo de estos son la tomografía axial computarizada (TAC), resonancia magnética nuclear (RMN) y absorciometría de rayos X de energía dual (DXA). Como ventaja tiene su alta fiabilidad, sin embargo, son costosos y poco accesibles.

Los métodos doblemente indirectos son validados a partir de métodos indirectos, por lo tanto, presentan mayor margen de error. Sin embargo, los métodos indirectos son más sencillos, seguros, menos costosos y de fácil interpretación. Un ejemplo de estos métodos es la antropometría.

En 1921 Jindrich Matiegka informó sobre un método antropométrico para cuantificar la masa muscular esquelética, el cual consiste en dividir el peso corporal en cuatro partes: esqueleto, músculo esquelético, piel más tejido adiposo subcutáneo y el resto (Heymsfield, 2015).

Grasa corporal

El estudio de la grasa corporal es de mayor interés debido a que la obesidad abdominal conlleva mayor riesgo de desarrollar diabetes y eventos cardiovasculares en comparación con la obesidad periférica o gluteofemoral (Ibrahim, 2009). Debido a que la grasa visceral contiene mayor número de células inflamatorias, es más resistente al efecto de la insulina y tiene mayor capacidad para generar ácidos grasos libres y captar glucosa.

Masa muscular

La importancia de identificar un déficit en la masa muscular esquelética radica en la identificación temprana de estados patológicos como la sarcopenia, obesidad sarcopénica, desnutrición y caquexia que afectan negativamente en la salud (Heymsfield, 2015). Una detección oportuna es clave ya que algunos resultados perjudiciales para la salud pueden ser prevenidos.

Absorciometría de rayos X de energía dual (DXA)

Los sistemas DXA suponen una baja exposición a radiación, corto tiempo de escaneo o barrido y la amplia información proporcionada por la imagen obtenida (Heymsfield, 2015). Estas ventajas convierten al DXA en un método utilizado en la investigación y la práctica clínica. El DXA da estimaciones de tres compartimentos del cuerpo: el tejido blando magro, el contenido mineral óseo y la grasa para todo el cuerpo, y al menos de cuatro regiones del cuerpo: cabeza, tronco, brazos y piernas. El análisis por DXA también provee información esquelética adicional de valor en el manejo de la osteoporosis y otras afecciones clínicas.

3. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo General

Desarrollar y validar ecuaciones para predecir masa muscular, grasa total y grasa visceral a partir de antropometría en escolares y adolescentes de la Ciudad de México.

Objetivos Específicos

- Reanalizar las imágenes de DXA de una base preexistente para estimar grasa visceral.
- Identificar a partir de diferentes mediciones antropométricas las ecuaciones con mayor capacidad predictiva y menor error.
- Validar las ecuaciones desarrolladas.

4. METODOLOGÍA UTILIZADA

Se realizó un estudio transversal con una muestra por conveniencia de escolares y adolescentes de 5 a 19 años de la Ciudad de México. Los participantes fueron reclutados desde primaria (n=7), secundaria (n=8), y escuelas secundarias (n=4) en la Ciudad de México y un centro comunitario en el Estado de México. El equipo de investigación presentó el proyecto al director de cada escuela y todos los estudiantes fueron invitados a participar. Además, en el estudio participaron hijos de empleados de la Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco (UAM-X). Se excluyeron del estudio los niños con yeso o discapacidades motoras. El estudio fue aprobado por la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la UAM-X. Los participantes y sus padres o tutores fueron informados sobre los procedimientos de la investigación y estos últimos dieron su consentimiento informado.

Composición corporal

La composición corporal se estimó por medio de la absorciometría de rayos X de energía dual (DXA). El DXA mide la densidad mineral ósea, grasa corporal (grasa visceral y grasa subcutánea) y músculo esquelético apendicular.

El porcentaje de grasa corporal (%GC) se evaluó con DXA utilizando el equipo Modelo Discovery Wi (Hologic®, MA, USA). La calibración, el escaneo y el análisis de imágenes se completaron siguiendo los procedimientos del fabricante y los descritos por la Sociedad Internacional de Densitometría Clínica (ISCD) (Hangartner, 2013). Las imágenes se analizaron utilizando el software Hologic Apex versión 13.5.3.2 (Hologic®, MA, EE.UU.). Se seleccionó la opción de cuerpo entero para poblaciones hispanas. Los coeficientes de variación del técnico fueron 1,27% para la grasa corporal total (GCT) en kilogramos, 0,66% para la masa corporal magra y 1,04% para el %GC, los cuales son aceptables según el ISCD.

La estimación de grasa visceral (GV) se estimó a través de DXA ya que según el estudio de Micklesfield realizado en 2012, donde se validó el DXA contra tomografía computarizada, se encontró que es una alternativa útil para la estimación de GV tanto en entornos clínicos como de investigación.

La masa músculo esquelética apendicular (MMEA) se calculó a partir de restar el tejido blando magro apendicular (brazo izquierdo + brazo derecho + pierna izquierda + pierna derecha) menos el contenido mineral óseo por la constante 1.82 (Heymsfield, 2015).

Antropometría

La mayoría de las mediciones antropométricas se realizaron siguiendo las técnicas descritas por Lohman (Lohman, 1998). Los observadores fueron estandarizados siguiendo el protocolo Habicht (Habicht, 1974). La circunferencia en el punto medio de cintura entre cresta ilíaca y costilla (CC) fue medido de acuerdo con lo descrito por Lohman. Los participantes fueron medidos con ropa ligera y sin zapatos. La estatura se midió con un estadiómetro portátil (modelo 214 SECA®, SP, Brasil) y el peso corporal con una báscula digital (modelo 813 SECA®, SP, Brasil). Las circunferencias de cintura y de brazo (CB) se obtuvieron con cinta metálica (Lufkin®, MD, EE. UU.). Los pliegues cutáneos tricípital (PCT), bicípital (PCB), subescapular (PCSE), suprailíaco (PCSI) y de pantorrilla (PCP) se midieron con un plicómetro (Harpenden®, Mediflex Produtos Cirúrgicos, Nueva York, EE. UU.). Cada pliegue cutáneo se midió tres veces y se analizó el valor promedio. El diámetro bitrocantéreo (DB) y la estatura sentada (ES) se midieron con un antropómetro (Harpenden®, Mediflex Produtos Cirúrgicos, Nueva York, EE. UU.). La anchura de codo (AC) se midió con un antropómetro (Futrex, MD, USA).

A partir del peso y la estatura se estimó el índice de masa corporal ($IMC = \text{peso} / \text{estatura}^2$). Se calcularon las puntuaciones Z del IMC y estatura de acuerdo con la edad y el sexo utilizando la referencia de la Organización Mundial de la Salud. (De Onis, 2007). La madurez se estimó utilizando las ecuaciones de Mirwald (Mirwald, 2002). Con la CB y el PCT se calculó el área muscular del brazo ($AMB = CB - \pi * PCT^2 / 4\pi$). (Heymsfield, 2015).

Se obtuvo la sumatoria de los cinco pliegues medidos ($\sum \text{Pliegues} = PCT + PCB + PCSE + PCSI + PCP$). Se sumó el grosor de los pliegues de extremidades ($PEXT = PCT + PCB + PCP$) y del tronco ($PTR = PCSE + PCSI$). Todas las variables de los pliegues fueron

transformadas utilizando el logaritmo natural (Log PCT, Log PCB, Log PCSE, Log PCSI, Log PCP y Log Σ Pliegues).

Análisis estadístico

Siguiendo los procedimientos utilizados en otros estudios, (Dezenberg, 1999; Huang, 2003; Stevens, 2014), la muestra total (n=583) se dividió aleatoriamente en dos grupos. Se utilizaron datos de dos tercios de los participantes para desarrollar ecuaciones (n=401), y los datos del tercio restante de los niños se utilizaron para validar ecuaciones nuevas y publicadas previamente (n=182). Para generar las muestras y analizar los datos se utilizó el paquete de software STATA versión 16.1 (STATA Corporation).

Se realizó una distribución sociodemográfica de las dos muestras (desarrollo y validación). Se estimaron medias de las variables antropométricas y de composición corporal, respectivamente. Se probó si existían diferencias significativas por sexo entre las muestras (desarrollo y validación) con la prueba de t de student. Se estimó la correlación entre grasa total, músculo y grasa visceral contra las variables antropométricas en la muestra de desarrollo. Se estimó la correlación entre todas las variables antropométricas.

En la **muestra de desarrollo** se estimaron modelos de regresión en los que las variables dependientes fueron las estimaciones de composición corporal y las independientes las variables antropométricas. Estos modelos fueron estimados en 4 etapas:

1) En un primer conjunto de modelos, las variables independientes fueron sexo, edad, edad², interacción sexo con edad, interacción sexo con edad². Con estos modelos se trató de considerar los cambios en la masa corporal asociados con el crecimiento durante la etapa escolar y adolescente. El sexo fue codificado como: 0 para ser varón y 1 para ser mujer. También se evaluó la contribución del peso y el IMC para predecir GC y MMEA; mientras que para predecir las variables de grasa visceral se evaluó la contribución de peso, IMC y CC. Estos modelos fueron creados porque estas tres variables (peso, IMC y CC) fueron los principales predictores de las variables de composición corporal.

2) En un segundo paso, se evaluó la contribución del resto de las mediciones antropométricas incluyendo en modelos separados a cada una de ellas. En este tercer conjunto de modelos se incluyeron las variables que fueron seleccionadas en las dos etapas previas.

3) Con las variables antropométricas que en el paso segundo paso se relacionaron significativamente con las variables de composición corporal se probaron diferentes combinaciones. Se seleccionaron las combinaciones de variables que resultaron con significancia y explicaban el mayor porcentaje de varianza de las variables de composición corporal.

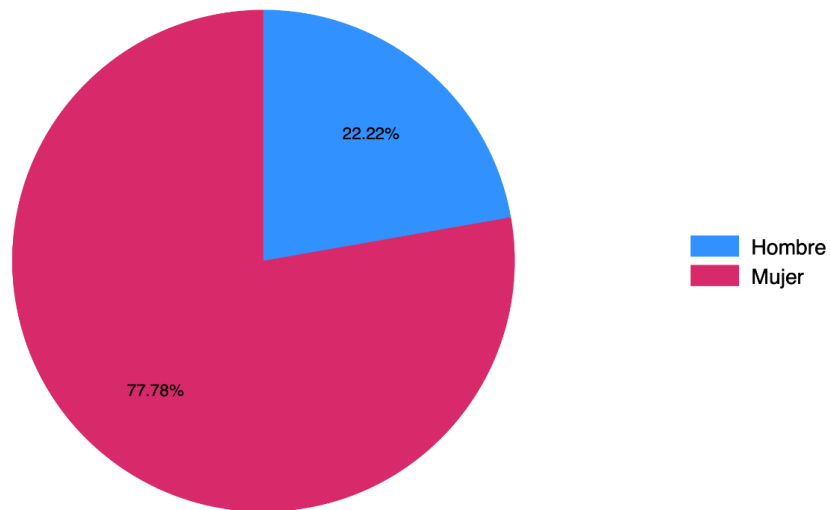
Con la base de datos de la **muestra de validación** se evaluó la exactitud de las ecuaciones desarrolladas. Para determinar dicha exactitud se estimaron modelos de regresión lineal en los que las variables dependientes fueron las mediciones de composición corporal obtenidos por DXA y las variables independientes las estimaciones de composición corporal derivadas a partir de mediciones antropométricas utilizando las ecuaciones desarrolladas. Si una ecuación es válida, en los modelos el intercepto no debería diferir del origen, el coeficiente de regresión debería diferir de 1.0 y el coeficiente de determinación debería ser alto (>90%) o adecuado (>80%). Para evaluar la concordancia entre las mediciones y las estimaciones de composición corporal se estimó el coeficiente de correlación intraclase (ICC). También se estimó el error total y error absoluto de las nuevas ecuaciones. Finalmente, para evaluar la distribución de los errores de las nuevas ecuaciones, se elaboraron gráficos de Bland-Altman.

5. ACTIVIDADES REALIZADAS

Pacientes atendidos por Axel Omar Mejía Garrido

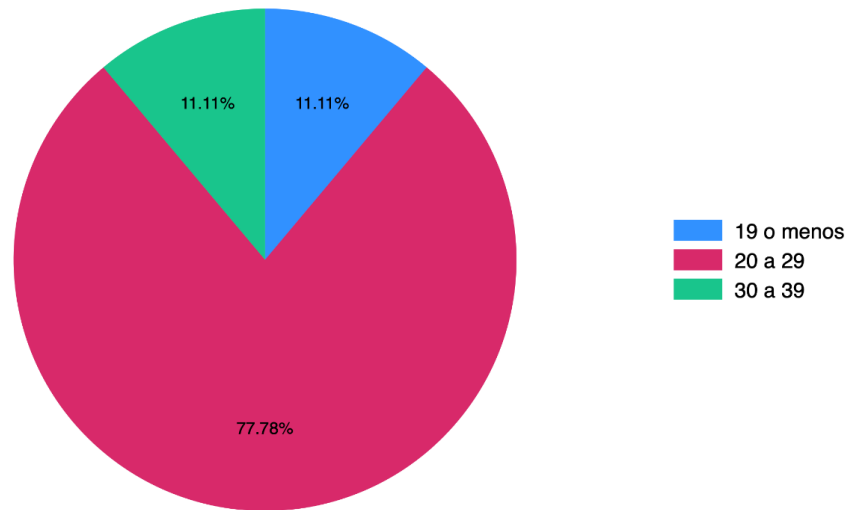
Se atendieron un total de nueve pacientes de los cuales la mayoría fueron hombres (ver gráfica A.1). Gran parte de los pacientes atendidos tenía entre 20 a 29 años (ver gráfica A.2). La mayoría de los pacientes dijo tener una actividad física ocupacional “Moderada” (ver gráfica A.3). La gran mayoría de los pacientes refirió tener una actividad física recreativa que iba de “Moderada” a “Muy activa”, pocos decían tener actividad física recreativa “Ligera” (ver gráfica A.4). Los pacientes presentaron comúnmente un IMC que se encontraba entre el rango normal y obesidad, mientras que pocos pacientes presentaron bajo peso (ver gráfica A.5).

Gráfico A.1. Distribución de pacientes por sexo



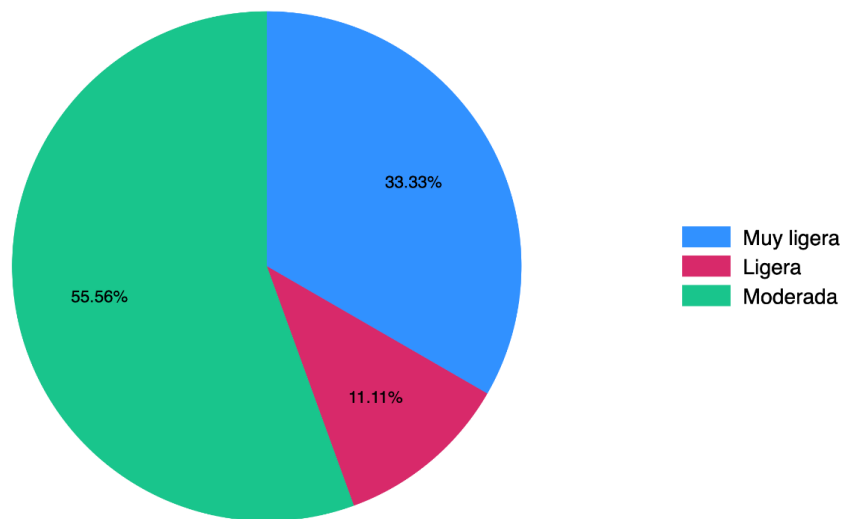
N=9

Gráfico A.2. Distribución de pacientes por edad



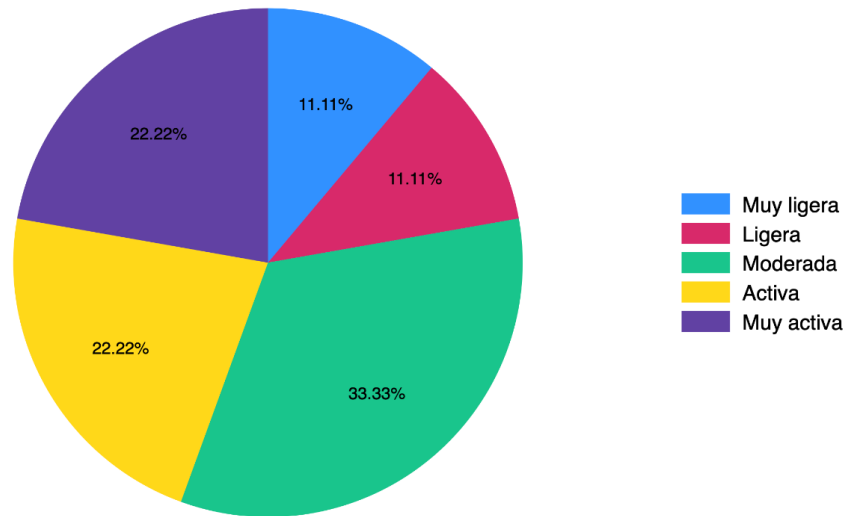
N=9

Gráfico A.3. Distribución de pacientes por actividad física ocupacional



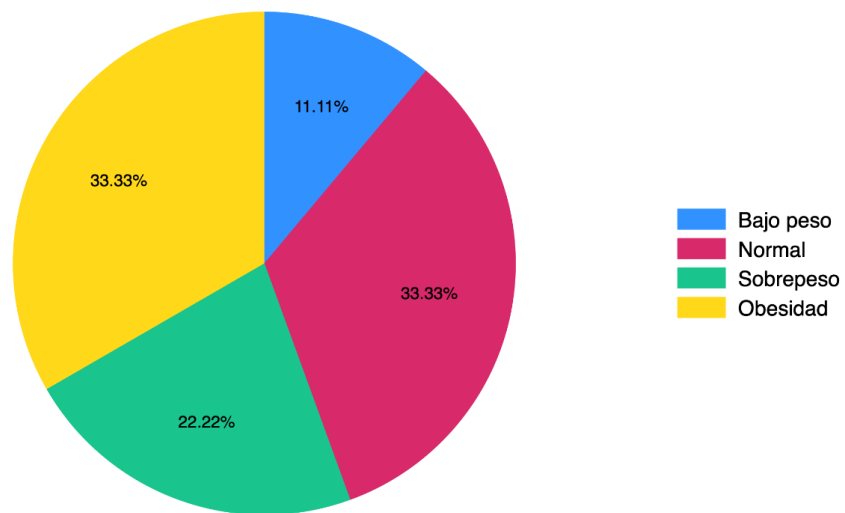
N=9

Gráfico A.4. Distribución de pacientes por actividad física recreativa



N=9

Gráfico A.5. Distribución de pacientes por IMC



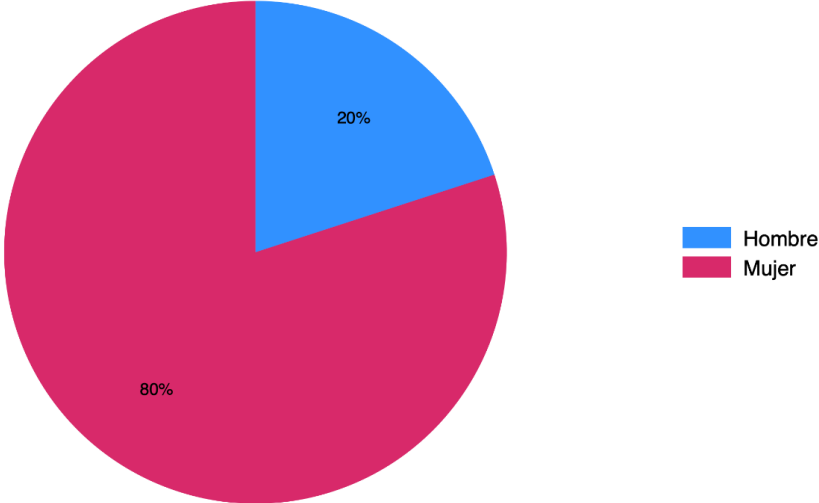
N=9

Pacientes atendidos por Daniel Flores Flores

Se atendieron un total de cinco pacientes, la mayoría mujeres (ver gráfico B.1) de entre 20 a 29 años (ver gráfico B.2). Gran parte de los pacientes reportaron tener una actividad física ocupacional “Muy ligera” (ver gráfico B.3). La mayor parte de los pacientes refirieron

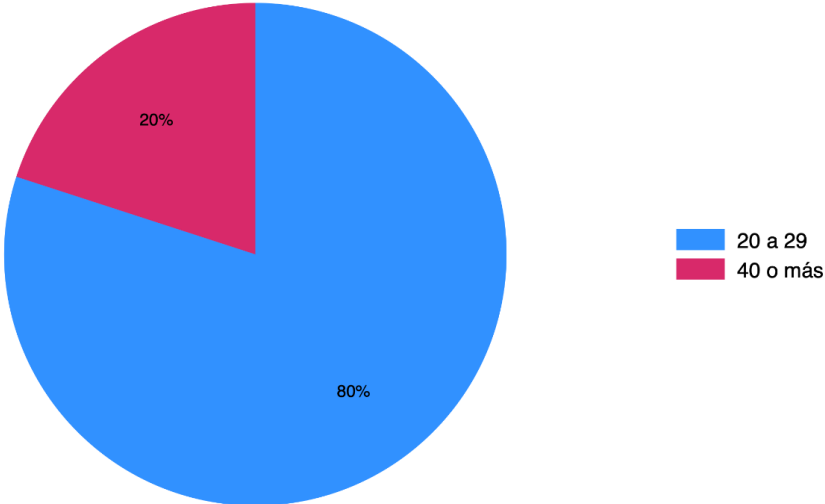
tener una actividad física recreativa que iba de “Moderada” a “Activa” (ver gráfico B.4). Menos de la mitad de los pacientes presentaron sobrepeso u obesidad (ver gráfico B.5).

Gráfico B.1. Distribución de pacientes por sexo



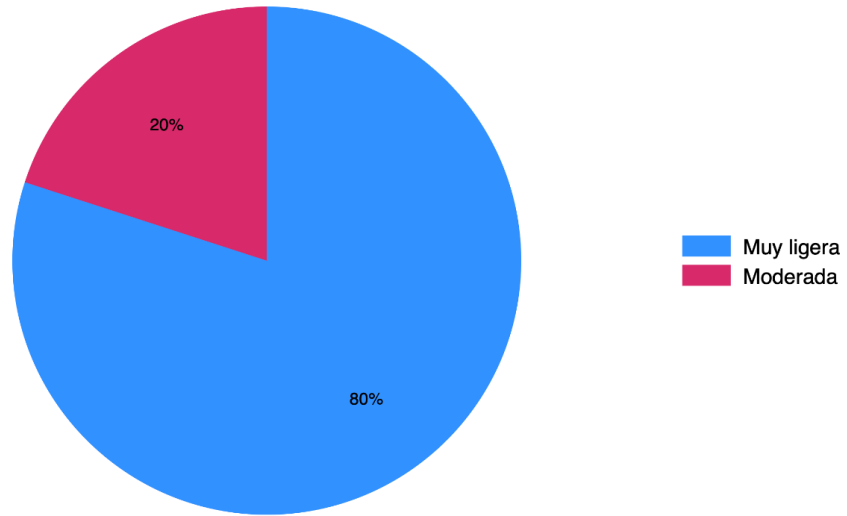
N=5

Gráfico B.2. Distribución de pacientes por edad



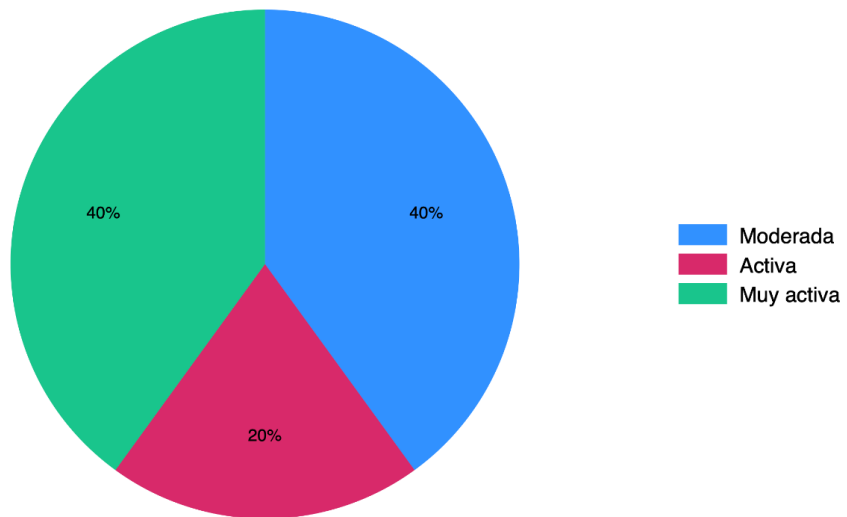
N=5

Gráfico B.3. Distribución de pacientes por actividad física ocupacional



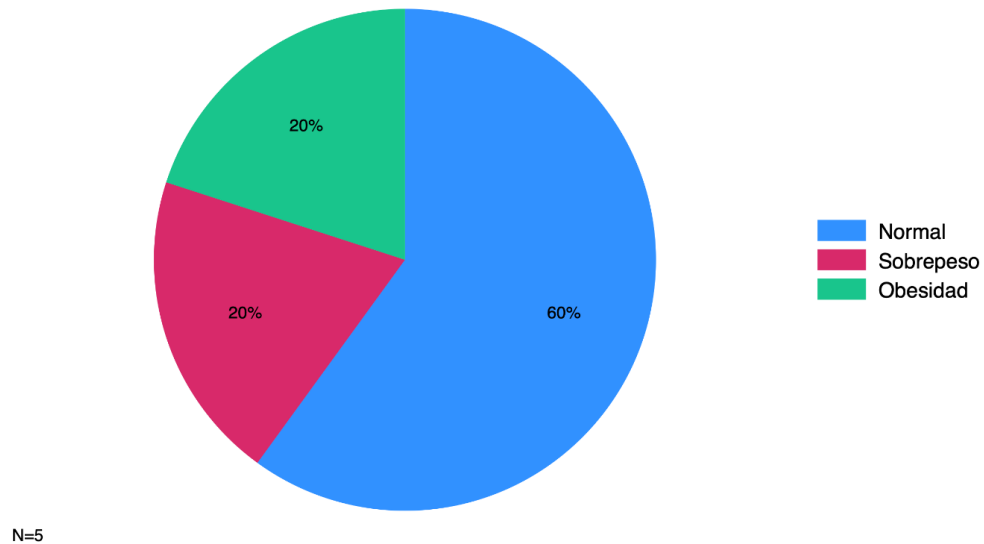
N=5

Gráfico B.4. Distribución de pacientes por actividad física recreativa



N=5

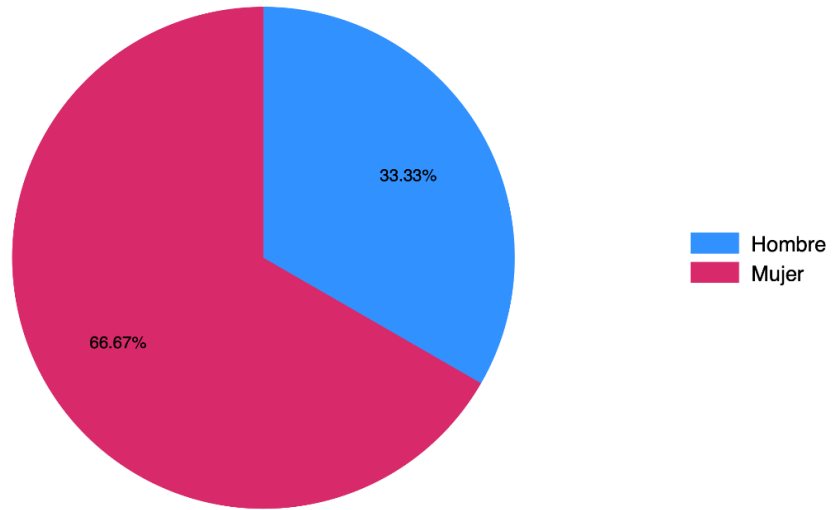
Gráfico B.5. Distribución de pacientes por IMC



Pacientes atendidos por Mauricio Coronel León

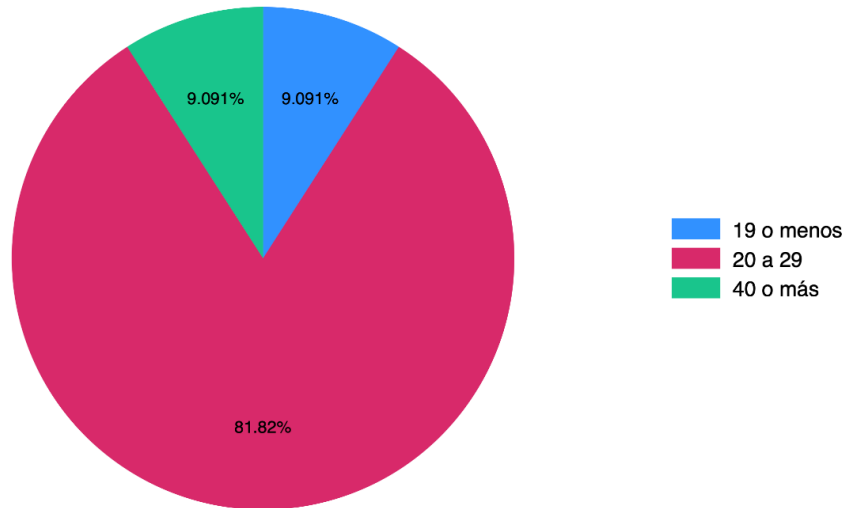
Se atendieron un total de 14 pacientes, de los cuales en algunos casos no se respondió correctamente el cuestionario por lo que sus respuestas no pudieron tomarse en cuenta para graficarse. De pacientes los atendidos hubo una mayor proporción de mujeres (ver gráfico C.1). El rango de edad con mayor frecuencia fue de 20 a 29 años (ver gráfico C.2). Más de la mitad de los pacientes que reportaba una actividad física “Muy ligera” (ver gráfico C.3.) La mayoría reportó tener una actividad física recreativa “activa” y “muy activa” (ver gráfico C.4). De los pacientes atendidos poco más de la mitad presento sobrepeso y obesidad (ver gráfico C.5).

Gráfico C.1. Distribución de pacientes por sexo



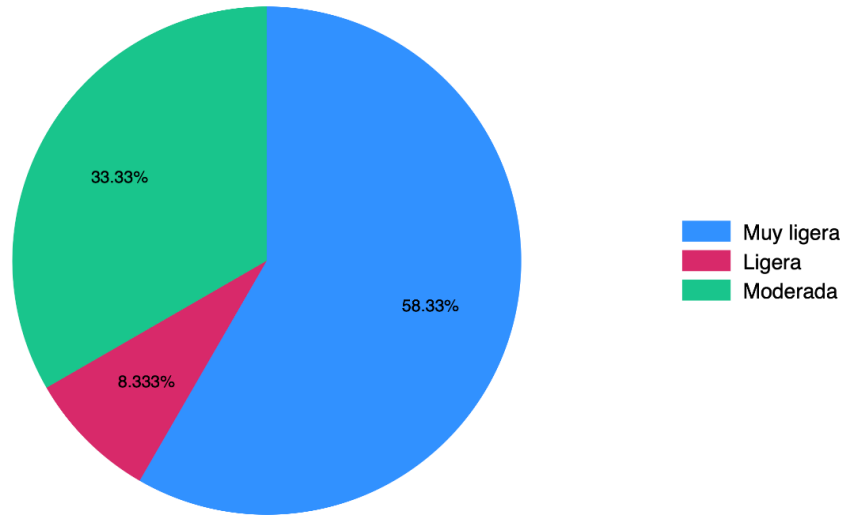
N=12

Gráfico C.2. Distribución de pacientes por edad



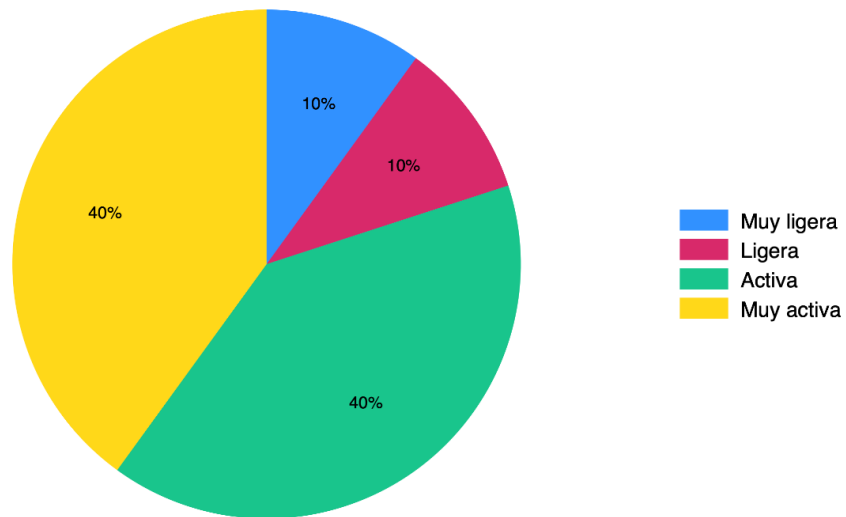
N=11

Gráfico C.3. Distribución de pacientes por actividad física ocupacional



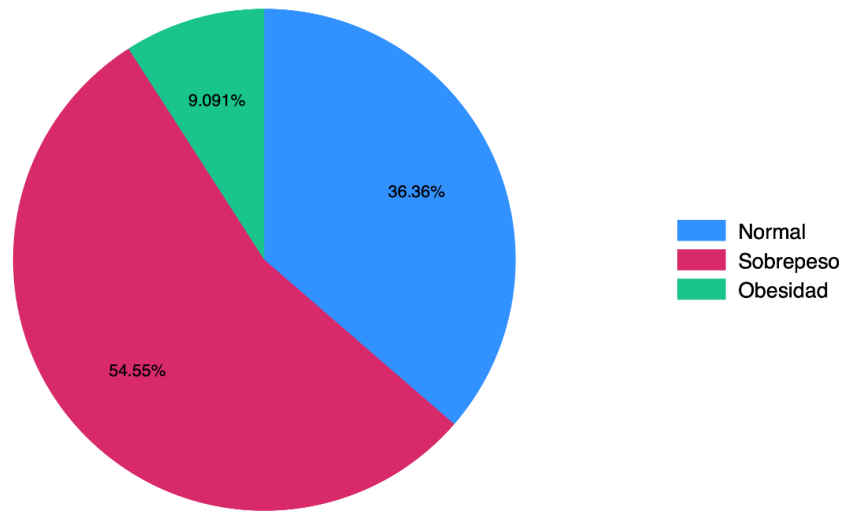
N=12

Gráfico C.4. Distribución de pacientes por actividad física recreativa



N=10

Gráfico C.5. Distribución de pacientes por IMC



N=11

6. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS

Se desarrollaron ecuaciones para predecir la masa muscular esquelética apendicular, grasa corporal y grasa visceral. Estas ecuaciones se pueden encontrar en las tablas 8 y 9 del siguiente capítulo.

7. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la tabla 1 se presentan las características sociodemográficas y estado de nutrición de escolares y adolescentes. La mayoría de los participantes tuvieron de 11 a 13 años y presentaban peso y estatura normales. No existió diferencia entre la muestra de validación y la de desarrollo respecto a la distribución por sexo, grupos de edad, categorías de IMC y de estatura.

En la tabla 2 se presentan las características antropométricas de escolares y adolescentes. Tanto en el grupo de desarrollo como en el de validación los hombres tuvieron promedios más altos en AMB y anchura de codo, mientras que las mujeres tanto en la muestra de desarrollo y validación tuvieron promedios más altos en PCT, PCSI y PCP. En ambos grupos no se encontró diferencia significativa en estatura, estatura sentada, peso, IMC, CB, CC, C.Crest, . En la muestra de desarrollo los hombres tuvieron promedios más altos en puntaje Z de estatura, mientras que las mujeres tuvieron promedios más altos en PCB y PCSE. En la misma muestra no existió diferencia significativa entre sexos respecto a medias de puntaje Z de IMC. En la muestra de validación los hombres tuvieron promedios más altos en puntaje Z de IMC. No existió diferencia significativa entre sexos respecto a medias de PCB y PCSE. No se encontraron diferencias significativas entre los hombres de la muestra de desarrollo y los de la muestra de validación. Tampoco existieron diferencias entre las mujeres de una muestra y las de la otra.

En la tabla 3 se muestra la composición corporal de una muestra de escolares y adolescentes de la Ciudad de México. Tanto en la muestra de desarrollo como de validación las mujeres tuvieron promedios más altos en grasa total tanto en kg como en porcentaje, mientras los hombres tuvieron promedios más altos en MEA. En la misma muestra no hubo diferencias significativas entre sexos respecto a distribución por GV ma, GV, vol y GV ar. En la muestra de validación los hombres tuvieron promedios más altos en GV ma, GV, vol, GV ar y MEA. En la misma muestra no existieron diferencias significativas entre sexos respecto a distribución por grasa total. No se encontraron diferencias significativas entre los hombres de la muestra de desarrollo y los de la muestra

de validación. Tampoco existieron diferencias entre las mujeres de una muestra y las de la otra.

En la tabla 4 se presenta la correlación de mediciones antropométricas con variables de composición corporal en la muestra de desarrollo. La grasa corporal total se relacionó positiva y fuertemente con peso, IMC, puntuación Z de IMC, CB, PCT, PCB, PCSE, PCSI, PCP, CC y C.Crest. La relación fue positiva y moderada con estatura y estatura sentada, positiva y débil con sexo, edad, puntuación Z de estatura, AMB y AC. No existió relación entre grasa corporal y DB.

Tanto masa, área como volumen de GV se relacionaron de manera positiva y moderado a fuerte con peso, IMC, puntuación Z de IMC, CB, PCT, PCB, PCSE, PCSI y PCP, CC y C.Crest, positiva y débilmente con edad, estatura, puntuación Z de estatura, estatura sentada, AMB y AC. Las tres mediciones de GV se relacionaron negativa y débilmente con sexo. No existió relación con DB.

La MEA se relacionó positiva y fuertemente con edad, estatura, estatura sentada, peso y AC, positiva y moderadamente con IMC, CB y CC, positiva y débilmente con puntuación Z de estatura, puntuación Z de IMC, PCT, PCSE, PCSI, PCP, C.Crest. y AMB, negativa y débilmente con sexo y DB. No existió relación con PCB.

En la tabla 5 se muestra la correlación entre características antropométricas de una muestra de escolares y adolescentes de la Ciudad de México. La edad, estatura, puntuación z de estatura y estatura sentada se relacionaron positiva y débilmente con IMC, PCT, PCSE, PCP Y AMB. Estatura y estatura sentada se relacionaron positiva y moderadamente con circunferencia de brazo, CC y anchura de codo. Estatura sentada se relacionó positiva y moderadamente con IMC. Se relacionaron positiva y fuertemente la edad con estatura, estatura sentada y peso; estatura con estatura sentada y peso, y estatura sentada con peso.

El peso, IMC, puntuación z de IMC y circunferencia de brazo se relacionaron positivamente de moderada a fuertemente con IMC, puntuación z de IMC, circunferencia de brazo, las mediciones de pliegues, CC, C.Crest. Las mediciones de pliegues y cintura se relacionaron entre ellas positivamente de moderada a fuertemente.

La AMB se relacionó positiva y fuertemente con circunferencia de brazo. Se relaciono positiva y moderadamente con C.Crest. Se relaciono positiva y débilmente con edad, estatura, puntuación z de estatura, estatura sentada, peso, IMC, puntuación z de IMC, PCT, PCB, PCSE, PCSI, PCP y CC.

El diámetro bitrocantérico se relacionó positiva y moderadamente con C.Crest. Hubo relación positiva y débil con sexo, estatura y puntuación z de estatura. Tuvo relación negativa y débil con edad, estatura, estatura sentada, peso, PCSI y PCP.

La anchura de codo se relacionó positiva y moderadamente con estatura, estatura sentada, peso y CC. Hubo relación positiva y débil con edad, puntuación z de estatura, IMC, puntuación z de IMC, circunferencia de brazo, PCB, PCT, PCSE, PCSI, PCP, C.Crest., AMB y DB. Tuvo relación negativa y débil con sexo.

En la tabla 6 se muestran modelos de regresión con la edad, el sexo, el peso, el IMC y la CC como predictores. En el modelo de GC las variables que tuvieron mayor contribución ($r^2= .86$) fueron sexo, edad, edad², la interacción de ser mujer con edad², peso e IMC. Para los modelos de GV las variables que agregaron más información ($r^2= \geq .65.7$) fueron sexo, edad, edad², la interacción de ser mujer con edad, la interacción de ser mujer con edad², IMC y CC. En el modelo para MEA las variables que contribuyeron más ($r^2= .90.0$) fueron sexo, edad, edad², la interacción de ser mujer con edad, la interacción de ser mujer con edad² y peso.

En la tabla 7 se muestran modelos de regresión en los que se evaluó la contribución de información del resto de variables antropométricas. El modelo de GC que incluye peso se relacionó negativamente con estatura, estatura pZ, estatura sentada y AC; pero positivamente con CB, PCT, log PCT, PCB, Log PCB, PCSE, Log PCSE, PCSI, Log PCSI, PCP, Log PCP, \sum Pliegues, Log \sum Pliegues, PTR, Log PTR, PEXT, Log PEXT y CC.

El modelo de GC que incluye IMC no se relacionó negativamente con ninguna variable, mientras que se relacionó positivamente con todas las variables excepto AMB, DB y AC.

Los tres modelos de GV en los que se incluye CC se relacionaron negativamente con la estatura, la estatura sentada, DB y AC, pero positivamente con PCT, PCB, Log PCB, PCSE, Log PCSE, PCSI, Log PCSI, PCP, Log PCP, \sum Pliegues, Log \sum Pliegues, PTR, Log PTR, PEXT y Log PEXT.

El modelo de GV (g) que incluye IMC se relacionó negativamente con ninguna variable, pero positivamente con todas las variables excepto la estatura, estatura pZ, estatura sentada, CB, Log PCT, Log PCB, PCP, Log PCP, Log PEXT, AMB y DB.

Los dos modelos de GV (cm² y cm³) en los que se incluye IMC se relacionaron negativamente con AC, pero positivamente PCT, PCB, PCSE, Log PCSE, PCSI, Log PCSI, Σ Pliegues, Log Σ Pliegues, PTR, Log PTR, PEXT y CC.

El modelo de MEA que incluye peso se relacionó negativamente con PCT, Log PCT, PCB, Log PCB, PCSE, Log PCSE, PCSI, Log PCSI, PCP, Log PCP, Σ Pliegues, Log Σ Pliegues, PTR, Log PTR, PEXT, Log PEXT y CC; pero positivamente con estatura, estatura pZ, estatura sentada, CB, y AC.

En la tabla 8 se muestran los modelos para predecir la MMEA y el porcentaje de grasa corporal. Los modelos de MMEA explicaron una proporción adecuada de la varianza de MMEA ($r^2 = \geq 93\%$). En los primeros dos modelos la masa muscular esquelética apendicular se relacionó negativamente con la edad, el ser mujer, la interacción del ser mujer con la edad², PCT y PEXT; pero positivamente con la edad², la interacción del ser mujer con la edad, el peso, la estatura y AC.

Las cuatro ecuaciones explicaron una proporción adecuada de la varianza del porcentaje de grasa corporal ($r^2 = \geq 90\%$). En los cuatro modelos el porcentaje de grasa se relacionó positivamente con la edad, el ser mujer, la interacción del ser mujer con la edad², pero negativamente edad² y la interacción del ser mujer con la edad. El porcentaje de grasa corporal se relacionó positivamente con el IMC y el peso. En los dos modelos con peso la estatura se relacionó negativamente con el porcentaje de grasa; mientras que esta relación fue positiva en los modelos con IMC. El PCT y PEXT se relacionaron positivamente con el porcentaje de grasa.

En algunos modelos predictores se incluyeron PCT y PEXT como variables las cuales explican que los niños que tienen pliegues más gruesos tienen mayor porcentaje de grasa corporal. Además, hay una interacción entre las variables PCT y PEXT con el ser mujer, la cual nos dice que el valor del porcentaje de grasa ligado tiende a ser menor en mujeres en comparación con los hombres.

En la tabla 9 se muestran los modelos predictores de grasa visceral los cuales explicaron una proporción adecuada de la varianza en la masa, área y volumen de la grasa visceral ($r^2 = \geq 70$). En los primeros cuatro modelos predictivos la GV (g) se relacionó negativamente con el ser mujer. Los modelos que incluyen CC la GV (g) se relacionó negativamente con estatura y DB.; pero positivamente con Log \sum Pliegues, PEXT, la CC y la interacción del ser mujer con la CC. Los modelos en los que se incluye IMC la GV (g) se relacionó positivamente con IMC, Log \sum Pliegues, la interacción del ser mujer con Log \sum Pliegues, la interacción del ser mujer con CC; pero negativamente con AC.

Los siguientes cuatro modelos predictivos la GV (cm^2) se relacionó negativamente con edad y el ser mujer. Los modelos en los que se incluyó CC la GV (cm^2) se relacionó positivamente con PEXT, CC y la interacción del ser mujer con CC; pero negativamente con AC y DB. Los modelos en los que se incluye IMC la GV (cm^2) se relacionó positivamente con IMC, Log PTR, la interacción del ser mujer con Log PTR, CC y la interacción del ser mujer con CC; pero negativamente con AC y DB.

Los últimos cuatro modelos predictivos la GV (cm^3) se relacionó negativamente con el ser mujer. En los modelos en los que se incluye CC la GV (cm^3) se relacionó negativamente con estatura y DB.; pero positivamente con Log \sum Pliegues, PEXT, CC y la interacción del ser mujer con CC. Los modelos en los que se incluyó IMC la GV (cm^3) se relacionó negativamente con edad, AC y DB.; pero positivamente con IMC, PEXT, el CC y la interacción del ser mujer con CC.

En la tabla 10 se muestra la validación de las ecuaciones desarrolladas para la predicción de composición corporal. Las dos ecuaciones de MMEA tuvieron coeficientes de determinación excelentes (94.5% y 94.6%). Los interceptos no difirieron al origen (0.17 y 0.23), mientras que el coeficiente de regresión y CCI tuvieron valores cercanos a 1.

Las cuatro ecuaciones de GC tuvieron coeficientes de determinación adecuados ($r^2 = \geq 86.1$). Los valores de α no difirieron del origen, mientras que los valores de β tuvieron valores cercanos a 1 (≥ 0.94) y CCI con valores cercanos a 1 (0.93). La segunda ecuación desarrollada con peso y PEXT fue la que tuvo mejor desempeño, ya que presenta menor error absoluto (1.47) y error total (2.63).

Las primeras dos ecuaciones de GV (g, cm², cm³) que incluían CC fueron las que tuvieron mejor desempeño. Los valores de r² para las 6 ecuaciones GV fueron ≥72.2%, Los valores de α difirieron del origen (≥1.73), mientras que los valores de β tuvieron valores cercanos a 1 (≥0.95). Los valores de CCI que presentaron fueron ≥0.87. La segunda ecuación de las tres variables de GV fue la que menor error tuvo.

Tabla 1. Características sociodemográficas y estado de nutrición de una muestra de escolares y adolescentes de la Ciudad de México.

	Muestra de desarrollo (n=401)	Muestra de validación (n=182)	p
	%	%	
Sexo			
Hombre	45.9	53.9	0.075
Mujer	54.1	46.1	
Edad			
5 a 10	36.2	31.9	0.395
11 a 13	45.1	45.1	
14 a 19	18.7	23.0	
IMC			
Bajo peso	1.7	3.9	0.241
Peso normal	54.4	55.5	
Sobrepeso	25.2	19.8	
Obesidad	18.7	20.8	
Estatura			
Estatura baja	2.5	3.9	0.368
Estatura normal	97.5	96.1	

Tabla 2. Características antropométricas de una muestra de escolares y adolescentes de la Ciudad de México.

	Muestra de desarrollo					Muestra de validación						
	Hombres		Mujeres		p	Hombres		Mujeres		p	p ^a	p ^b
	M	DE	M	DE		M	DE	M	DE			
Estatura, cm	147.7	16.2	145.3	13.6	0.114	147.0	17.0	146.7	12.7	0.893	0.754	0.415
Estatura, pZ	0.1	1.1	-0.2	1.0	0.022	-0.1	1.1	-0.3	0.9	0.161	0.235	0.262
Est. sentada, cm	76.0	7.7	76.0	7.5	0.894	75.9	8.7	76.7	75.1	0.500	0.884	0.423
Peso, Kg	45.2	15.5	44.4	14.0	0.594	46.0	15.8	44.6	14.3	0.544	0.674	0.895
IMC	20.1	4.1	20.5	4.0	0.412	20.7	4.2	20.2	4.4	0.466	0.290	0.633
IMC, pZ	0.8	1.4	0.7	1.2	0.496	1.0	1.6	0.5	1.3	0.022	0.403	0.099
CB, cm	24.0	5.6	23.8	3.7	0.714	24.1	4.2	24.1	4.0	0.906	0.809	0.598
PCT, mm	14.4	6.2	16.7	5.5	0.000	15.1	7.0	17.6	5.8	0.009	0.431	0.204
PCB, mm	8.0	4.2	9.5	4.4	0.000	8.3	4.2	8.7	3.5	0.489	0.492	0.135
PCSE, mm	13.5	7.9	16.1	8.3	0.001	14.0	7.3	15.0	6.9	0.345	0.635	0.257
PCSI, mm	19.0	19.6	22.3	12.2	0.042	17.8	10.8	21.6	11.7	0.022	0.562	0.674
PCP, mm	13.3	6.3	16.0	6.4	0.000	13.9	6.8	15.8	6.8	0.054	0.486	0.847
CC, cm	72.2	12.3	72.2	11.0	0.948	72.9	12.8	71.6	11.0	0.484	0.652	0.659
C.Crest, cm	74.6	12.3	78.0	8.4	0.159	75.8	12.4	75.4	6.5	0.892	0.737	0.252
AMB, cm ²	31.9	28.2	28.0	8.2	0.053	30.8	10.2	27.9	7.8	0.031	0.711	0.886
DB. cm	208.8	131.7	209.6	129.0	0.955	219.1	129.7	199.0	133.5	0.306	0.531	0.532
AC, mm	5.5	0.6	5.1	0.5	0.000	5.5	0.7	5.1	0.4	0.000	0.702	0.553

Abreviaturas: pZ, puntaje Z; Est, estatura; IMC, índice de masa corporal; CB, circunferencia media de brazo; PCT, pliegue cutáneo tricipital; PCB, pliegue cutáneo bicipital; PCSE, pliegue cutáneo subescapular; PCSI, pliegue cutáneo supraíliaco; PCP, pliegue cutáneo de pantorrilla; CC, circunferencia en el punto medio de cintura entre cresta iliaca y costilla, C.Crest, circunferencia de cintura a nivel de crestas iliacas; AMB, área muscular del brazo; DB., diámetro bitrocantérico; AC, anchura de codo; ^a, comparación de hombres en la muestra de desarrollo y hombres de la muestra de validación. ^b, comparación de mujeres en la muestra de desarrollo y mujeres de la muestra de validación.

Tabla 3. Composición corporal de una muestra de escolares y adolescentes de la Ciudad de México.

	Muestra de desarrollo					Muestra de validación					p a	p b
	Hombres		Mujeres			Hombres		Mujeres				
	M	DE	M	DE	p	M	DE	M	DE	p		
Grasa total, kg	14.0	7.1	16.7	7.2	0.000	14.4	7.5	16.4	7.1	0.065	0.643	0.762
Grasa total, %	30.3	8.2	37.0	7.2	0.000	31.0	12.1	35.8	6.4	0.001	0.536	0.378
GV ma, g	275.5	131.4	257.9	170.7	0.256	288.2	146.3	233.9	143.0	0.012	0.457	0.253
GV ar, cm ²	58.1	29.5	52.9	34.4	0.113	59.8	30.3	48.5	29.7	0.012	0.649	0.299
GV vol, cm ³	297.7	142.1	275.9	179.5	0.183	311.6	158.1	252.9	154.6	0.012	0.453	0.301
MEA, Kg	11.6	4.4	9.7	3.0	0.000	11.9	4.6	10.0	2.9	0.001	0.617	0.530

Abreviaturas: GV, grasa visceral; ma, masa; vol, volumen; ar, área; MEA, masa musculo esquelética apendicular. ^a, comparación de hombres en la muestra de desarrollo y hombres de la muestra de validación. ^b, comparación de mujeres en la muestra de desarrollo y mujeres de la muestra de validación.

Tabla 4. Correlación de mediciones antropométricas con variables de composición corporal en la muestra de desarrollo.

	Masa muscular, kg		Grasa corporal, kg		Grasa visceral, g		Grasa visceral, cm ²		Grasa visceral, cm ³	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
Sexo	-0.15	0.000	0.17	0.000	-0.08	0.028	-0.09	0.018	-0.09	0.024
Edad, años	0.76	0.000	0.41	0.000	0.26	0.000	0.22	0.000	0.26	0.000
Estatura, cm	0.90	0.000	0.51	0.000	0.35	0.000	0.32	0.000	0.35	0.000
Estatura, pZ	0.23	0.000	0.24	0.000	0.20	0.000	0.23	0.000	0.22	0.000
Est. sentada, cm	0.84	0.000	0.53	0.000	0.36	0.000	0.33	0.000	0.36	0.000
Peso, Kg	0.87	0.000	0.84	0.000	0.69	0.000	0.66	0.000	0.70	0.000
IMC, Kg/m ²	0.58	0.000	0.90	0.000	0.82	0.000	0.79	0.000	0.83	0.000
IMC, pZ	0.25	0.000	0.69	0.000	0.68	0.000	0.67	0.000	0.69	0.000
CB, cm	0.61	0.000	0.73	0.000	0.63	0.000	0.61	0.000	0.64	0.000
PCT, mm	0.23	0.000	0.79	0.000	0.65	0.000	0.64	0.000	0.67	0.000
PCB, mm	0.08	0.078	0.66	0.000	0.58	0.000	0.58	0.000	0.60	0.000
PCSE, mm	0.32	0.000	0.77	0.000	0.67	0.000	0.66	0.000	0.69	0.000
PCSI, mm	0.30	0.000	0.66	0.000	0.58	0.000	0.56	0.000	0.59	0.000
PCP, mm	0.24	0.000	0.75	0.000	0.61	0.000	0.60	0.000	0.62	0.000
CC, cm	0.64	0.000	0.90	0.000	0.81	0.000	0.79	0.000	0.83	0.000
C.Crest., cm	0.44	0.000	0.90	0.000	0.80	0.000	0.89	0.000	0.89	0.000
AMB, cm ²	0.37	0.000	0.30	0.000	0.29	0.000	0.28	0.000	0.29	0.000
DB. cm	-0.13	0.005	-0.04	0.333	-0.05	0.245	-0.04	0.357	-0.04	0.351
AC, mm	0.71	0.000	0.37	0.000	0.31	0.000	0.31	0.000	0.33	0.000

Todas las correlaciones son de Pearson excepto las de sexo para las cuales se calculó la de Kendall. El sexo fue codificado como: 0 para ser varón y 1 para ser mujer. Abreviaturas: pZ, puntaje Z; Est, estatura; IMC, índice de masa corporal; CB, circunferencia media de brazo; PCT, pliegue cutáneo tricipital; PCB, pliegue cutáneo bicipital; PCSE, pliegue cutáneo subescapular; PCSI, pliegue cutáneo suprailíaco; PCP, pliegue cutáneo de pantorrilla; CC, circunferencia en el punto medio de cintura entre cresta iliaca y costilla, C.Crest, cintura a nivel de crestas iliacas; AMB, área muscular del brazo; DB., diámetro bitrocantérico; AC, anchura de codo; GV, grasa visceral; ma, masa; vol, volumen; ar, área; MEA, masa musculo esquelética apendicular.

Tabla 5: Correlación de características antropométricas de una muestra de escolares y adolescentes de la Ciudad de México.

	Sexo	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r
2. Edad, años	0.21 ^a																	
3. Est., cm	-0.10	0.86 ^c																
4. Estatura, pZ	-0.26 ^b	-0.25 ^c	0.24 ^c															
5. Est. sentada, cm	0.02	0.82 ^c	0.92 ^c	0.19 ^c														
6. Peso, Kg	0.04	0.70 ^c	0.83 ^c	0.26 ^c	0.82 ^c													
7. IMC	0.15	0.37 ^c	0.46 ^c	0.19 ^c	0.50 ^c	0.86 ^c												
8. IMC, pZ	0.04	0.09	0.06	0.33 ^c	0.14 ^b	0.53 ^c	0.84 ^c											
9. CB, cm	0.11	0.45 ^c	0.54 ^c	0.21 ^c	0.56 ^c	0.77 ^c	0.78 ^c	0.60 ^c										
10. PCT, mm	0.28 ^b	0.13 ^b	0.22 ^c	0.20 ^c	0.25 ^c	0.56 ^c	0.74 ^c	0.70 ^c	0.60 ^c									
11. PCB, mm	0.26 ^b	-0.05	0.04	0.23 ^c	0.10 ^a	0.41 ^c	0.65 ^c	0.67 ^c	0.53 ^c	0.71 ^c								
12. PCSE, mm	0.30 ^c	0.21 ^c	0.26 ^c	0.15 ^b	0.30 ^c	0.61 ^c	0.77 ^c	0.68 ^c	0.59 ^c	0.76 ^c	0.63 ^c							
13. PCSI, mm	0.30 ^c	0.23 ^c	0.27 ^c	0.10	0.31 ^c	0.55 ^c	0.65 ^c	0.54 ^c	0.52 ^c	0.63 ^c	0.52 ^c	0.62 ^c						
14. PCP, mm	0.26 ^b	0.17 ^c	0.25 ^c	0.19 ^c	0.26 ^c	0.55 ^c	0.70 ^c	0.63 ^c	0.57 ^c	0.82 ^c	0.66 ^c	0.67 ^c	0.65 ^c					
15. CC, cm	0.17	0.45 ^c	0.57 ^c	0.26 ^c	0.58 ^c	0.88 ^c	0.92 ^c	0.72 ^c	0.77 ^c	0.72 ^c	0.60 ^c	0.76 ^c	0.64 ^c	0.65 ^c				
16. C.Crest., cm	0.18 ^a	0.14	0.31 ^b	0.33 ^b	0.40 ^c	0.83 ^c	0.91 ^c	0.86 ^c	0.89 ^c	0.77 ^c	0.53 ^c	0.64 ^c	0.90 ^c	0.77 ^c	0.99 ^c			
17. AMB, cm ²	-0.07	0.27 ^c	0.31 ^c	0.10 ^a	0.33 ^c	0.39 ^c	0.36 ^c	0.25 ^c	0.83 ^c	0.17 ^c	0.23 ^c	0.21 ^c	0.21 ^c	0.19 ^c	0.36 ^c	0.53 ^c		
18. DB. cm	0.16	-0.24 ^c	-0.162 ^c	0.23 ^c	-0.12 ^a	-0.11 ^a	-0.04	0.08	-0.01	-0.05	0.07	-0.09	-0.26 ^c	-0.12 ^b	0.04	0.70 ^c	0.03	
19. AC, mm	-0.42 ^c	0.48 ^c	0.556 ^c	0.33 ^c	0.61 ^c	0.62 ^c	0.43 ^c	0.25 ^c	0.46 ^c	0.17 ^c	0.12 ^a	0.20 ^c	0.14 ^b	0.12 ^b	0.53 ^c	0.26 ^b	0.28 ^c	0.27 ^c

Todas las correlaciones son de Pearson excepto las de sexo para las cuales se calculó la de Kendall. El sexo fue codificado como: 0 para ser varón y 1 para ser mujer. Abreviaturas: pZ, puntaje Z; Est, estatura; IMC, índice de masa corporal; CB, circunferencia media de brazo; PCT, pliegue cutáneo tricipital; PCB, pliegue cutáneo bicipital; PCSE, pliegue cutáneo subescapular; PCSI, pliegue cutáneo suprailíaco; PCP, pliegue cutáneo de pantorrilla; CC, circunferencia en el punto medio de cintura entre cresta iliaca y costilla, C.Crest, cintura a nivel de crestas iliacas; AMB, área muscular del brazo; DB., diámetro bitrocantérico; AC, anchura de codo. ^a, p < 0.050; ^b, p < 0.010; ^c, p < 0.001.

Tabla 6: Ecuaciones de regresión para evaluar la contribución del sexo y edad a la predicción de las variables de composición corporal

	Masa muscular, kg	Grasa corporal, kg	Grasa visceral, g	Grasa visceral, cm ²	Grasa visceral, cm ³
	β	β	β	β	β
Sexo	-1.827 ^c	2.714 ^c	-17.373	-5.097	-21.686
Edad, años	1.067 ^c	1.111 ^c	15.233 ^c	2.691 ^c	15.878 ^c
r ²	63.3	20.1	7.1	5.3	6.9
Sexo	-1.698 ^c	3.126 ^c	-9.477	-3.441	-13.086
Edad, años	0.413 ^c	-0.977 ^c	-24.810 ^c	-5.710 ^c	-27.728 ^c
Peso	0.172 ^c	0.550 ^c	10.538 ^c	2.211 ^c	11.476 ^c
r ²	85.7	82.4	58.4	56.6	60.9
Sexo	-1.943 ^c	2.182 ^c	-28.270 ^c	-7.355 ^c	-33.484 ^c
Edad, años	0.875 ^c	0.233 ^c	-2.768	-1.039 ^b	-3.613 ^a
IMC	0.343 ^c	1.574 ^c	32.275 ^c	6.687 ^c	34.947 ^c
r ²	74.7	85.5	68.7	65.3	71.0
Sexo	-10.301 ^c	-1.515	-93.957 ^a	-41.154 ^b	-98.886 ^a
Edad, años	-0.318	3.242 ^c	63.742 ^c	7.971 ^a	68.850 ^c
Edad ²	0.082 ^c	-0.119	-2.625 ^b	-0.337	-2.837 ^b
Ser mujer x edad	2.403 ^c			3.288 ^b	
Ser mujer x edad ²	-0.139 ^c	0.033	0.613 ^a		0.621 ^a
r ²	69.7	22.5	9.2	7.2	9.1
Sexo	-6.538 ^c	-3.076 ^c	-123.820 ^c	-50.908 ^c	-131.377 ^c
Edad, años	-0.787 ^c	0.066	3.024	-5.453 ^a	2.790
Edad ²	0.072 ^c	-0.079 ^c	-1.852 ^c	-0.136	-1.996 ^c
Ser mujer x edad	1.581 ^c			4.281 ^c	
Sexo x edad ²	-0.098 ^c	0.048 ^c	0.889 ^c		0.921 ^c
Peso	0.165 ^c	0.557 ^c	10.643 ^c	2.237 ^c	11.579 ^c
r ²	90.0	86.0	61.3	59.5	63.7
Sexo	-9.100 ^c	0.057	-61.729 ^b	-26.106 ^b	-63.969 ^b
Edad, años	-0.706 ^a	1.170 ^c	21.249	0.054	22.812 ^a
Edad ²	0.093 ^c	-0.053 ^c	-1.270 ^b	-0.097	-1.369 ^b

	Masa muscular, kg	Grasa corporal, kg	Grasa visceral, g	Grasa visceral, cm ²	Grasa visceral, cm ³
	β	β	β	β	β
Ser mujer x edad	2.240 ^c			1.699 ^a	
Ser mujer x edad ²	-0.136 ^c	0.017 ^c	0.271		0.249
IMC	0.362 ^c	1.557 ^c	31.931 ^c	6.625 ^c	34.595 ^c
r ²	82.2	86.0	69.1	65.7	71.4
Sexo			-78.583 ^c	-34.272 ^c	-82.058 ^c
Edad, años			-1.965	-5.409 ^a	-2.882
Edad ²			-0.510	0.088	-0.527
Ser mujer x edad				2.578 ^c	
Ser mujer x edad ²			0.459 ^b		0.452 ^b
CC			11.552 ^c	2.422 ^c	12.608 ^c
r ²			68.8	66.6	71.9

El sexo fue codificado como: 0 para ser varón y 1 para ser mujer. Abreviaturas: ^a, p < 0.050; ^b, p < 0.010; ^c, p < 0.001.

Tabla 7. Modelos de regresión para predecir las variables de composición corporal en los que cada variable antropométrica se incorporó en modelos separados.

	Masa muscular, kg	Grasa corporal, kg		Grasa visceral, g		Grasa visceral, cm ²		Grasa visceral, cm ³	
	Peso	Peso	IMC	CC	IMC	CC	IMC	CC	IMC
Estatura, cm									
β	0.116 ^c	-0.233 ^c	0.152 ^c	-1.571 ^a	0.294	-0.166	0.219	-1.568 ^a	0.501
r^2	92.5	88.9	87.9	69.1	69.1	66.6	65.8	72.2	71.5
Estatura, pZ									
β	0.633 ^c	-1.073 ^c	1.137 ^c	-10.182 ^a	6.000	-1.197	2.171 ^a	9.845 ^a	8.003
r^2	91.6	87.3	88.1	69.0	69.2	66.6	66.0	72.1	71.5
Est. sentada, cm									
B	0.119 ^c	-0.296 ^c	0.106 ^b	-2.764 ^a	-1.773	-0.329	-0.106	-2.742 ^a	-1.580
r^2	91.1	87.9	86.3	69.2	69.3	66.6	65.6	72.3	71.5
CB, cm									
β	0.046 ^a	0.173 ^c	0.120 ^a	2.005	0.293	0.424	0.168	2.048	0.529
r^2	90.1	86.5	86.2	68.8	69.1	66.6	65.6	72.0	71.4
PCT, mm									
β	-0.123 ^c	0.377 ^c	0.316 ^c	3.12	3.070 ^b	0.638 ^a	0.707 ^b	3.333 ^b	3.561 ^b
r^2	91.6	90.4	88.6	69.2	69.6	67.0	66.3	72.4	72.0
Log PCT, mm									
β	-1.623 ^c	5.167 ^c	4.060 ^c	32.702	32.784	6.820	8.023 ^a	33.003	37.339 ^a
r^2	91.3	89.7	87.9	69.0	69.3	66.7	66.0	72.1	71.6
PCB, mm									
β	-0.161 ^c	0.375 ^c	0.257 ^c	4.566 ^c	3.450 ^a	0.995 ^c	0.856 ^b	5.281 ^c	4.417 ^b

	Masa muscular, kg	Grasa corporal, kg		Grasa visceral, g		Grasa visceral, cm ²		Grasa visceral, cm ³	
	Peso	Peso	IMC	CC	IMC	CC	IMC	CC	IMC
r ²	91.8	88.7	87.1	69.5	69.5	67.3	66.2	72.8	72.0
Log PCB									
β	-1.665 ^c	4.184 ^c	2.958 ^c	36.036 ^a	27.656	8.380 ^b	7.734 ^a	43.546 ^b	38.526 ^a
r ²	91.8	89.4	87.4	69.1	69.3	67.0	66.1	72.4	71.8
PCSE, mm									
β	-0.070 ^c	0.207 ^c	0.131 ^c	2.277 ^b	2.254 ^b	0.514 ^b	0.570 ^b	2.714 ^b	2.909 ^c
r ²	91.0	88.6	86.8	69.2	69.6	67.1	66.4	72.5	72.1
Log PCSE									
β	-1.297 ^c	4.015 ^c	2.612 ^c	33.627 ^a	31.844 ^a	8.387 ^a	9.427 ^b	41.794 ^b	44.876 ^b
r ²	91.2	89.2	87.0	69.0	69.4	67.0	66.2	72.3	71.9
PCSI, mm									
β	-0.025 ^c	0.067 ^c	0.046 ^c	0.990 ^b	0.910 ^b	0.190 ^a	0.190 ^a	1.006 ^b	0.978 ^b
r ²	90.6	87.3	86.6	69.3	69.6	67.0	66.1	72.4	71.8
Log PCSI									
β	-0.994 ^c	3.075 ^c	2.312 ^c	35.83 ^b	35.973 ^b	7.265 ^b	8.280 ^b	33.607 ^b	37.296 ^b
r ²	91.0	88.8	87.3	69.4	69.8	67.1	66.4	72.4	72.0
PCP, mm									
β	-0.096 ^c	0.274 ^c	0.223 ^c	2.964 ^b	1.664	0.686 ^c	0.481 ^a	3.320 ^c	2.125 ^a
r ²	91.3	89.0	87.8	69.5	69.3	67.4	66.0	72.7	71.6
Log PCP									
β	-1.317 ^c	4.033 ^c	3.276 ^c	34.618 ^a	17.614	8.522 ^b	6.048	33.790 ^b	22.687
r ²	91.0	88.8	87.7	69.1	69.2	67.1	65.9	72.3	71.5

	Masa muscular, kg	Grasa corporal, kg		Grasa visceral, g		Grasa visceral, cm ²		Grasa visceral, cm ³	
	Peso	Peso	IMC	CC	IMC	CC	IMC	CC	IMC
Σ Pliegues									
β	-0.025 ^c	0.069 ^c	0.056 ^c	0.893 ^c	0.792 ^c	0.186 ^c	0.184 ^c	0.969 ^c	0.927 ^c
r^2	92.0	90.3	88.2	70.0	70.1	67.8	66.8	73.2	72.5
Log Σ Pliegues									
β	-1.884 ^c	5.545 ^c	4.517 ^c	56.217 ^b	47.774 ^b	12.240 ^b	12.248 ^b	59.271 ^c	56.167 ^b
r^2	91.8	90.4	88.1	69.5	69.6	67.3	66.4	72.6	72.0
PTR									
β	-0.026 ^c	0.073 ^c	0.051 ^c	1.020 ^c	0.962 ^b	0.205 ^b	0.214 ^c	1.086 ^c	1.097 ^c
r^2	91.1	88.4	87.0	69.6	69.8	67.3	66.5	72.7	72.2
Log PTR									
β	-1.261 ^c	3.856 ^c	2.805 ^c	42.701 ^b	40.917 ^b	8.974 ^b	9.935 ^b	43.185 ^b	45.945 ^b
r^2	91.2	89.3	87.3	69.4	69.7	67.2	66.4	72.5	72.0
PEXT									
β	-0.061 ^c	0.167 ^c	0.144 ^c	1.779 ^c	1.379 ^b	0.390 ^c	0.348 ^c	1.983 ^c	1.696 ^c
r^2	92.3	91.0	89.0	69.8	69.7	67.7	66.5	73.1	72.1
Log PEXT									
β	-2.144 ^c	6.153 ^c	5.102 ^c	52.197 ^b	37.584	11.913 ^b	10.506 ^a	57.376 ^b	47.095 ^a
r^2	91.9	90.5	88.5	69.3	69.4	67.2	66.1	72.5	71.7
CC, cm									
β	-0.093 ^c	0.299 ^c	0.294 ^c		5.845 ^c		1.360 ^c		6.862 ^c
r^2	91.3	89.2	89.0		71.7		68.9		74.6
AMB, cm ²									

	Masa muscular, kg	Grasa corporal, kg		Grasa visceral, g		Grasa visceral, cm ²		Grasa visceral, cm ³	
	Peso	Peso	IMC	CC	IMC	CC	IMC	CC	IMC
β	0.000	-0.002	-0.003	0.100	-0.013	0.021	0.002	0.099	-0.007
r^2	90.0	86.0	86.0	68.7	69.1	66.5	65.6	71.8	71.3
DB. cm									
β	0.000	-0.000	0.000	-0.165 ^c	-0.038	-0.031 ^c	-0.005	-0.166 ^c	-0.027
r^2	89.7	85.9	85.9	70.4	69.1	73.3	71.2	73.4	71.3
AC, mm									
β	0.943 ^c	-1.237 ^c	0.481	-49.202 ^c	24.524 ^a	-8.692 ^c	-3.444	-45.713 ^c	-18.513
r^2	90.9	86.4	86.1	70.3	69.5	67.60.	65.8	73.1	71.5

El sexo fue codificado como: 0 para ser varón y 1 para ser mujer. Abreviaturas: pZ, puntaje Z; Est, estatura; IMC, índice de masa corporal; CB, circunferencia media de brazo; PCT, pliegue cutáneo tricipital; PCB, pliegue cutáneo bicipital; PCSE, pliegue cutáneo subescapular; PCSI, pliegue cutáneo suprailíaco; PCP, pliegue cutáneo de pantorrilla; PTR, Pliegues del tronco; PEXT, Pliegues de extremidades; CC, circunferencia en el punto medio de cintura entre cresta iliaca y costilla; AMB, área muscular del brazo; DB., diámetro bitrocantérico; AC, anchura de codo. ^a, $p < 0.050$; ^b, $p < 0.010$; ^c, $p < 0.001$.

Tabla 8. Modelos de regresión lineal para predecir MMEA y GC

	Masa muscular, kg		Grasa corporal, kg			
	Peso		Peso		IMC	
Intercepto	-5.514 ^c	-4.760	2.175	0.691	-34.908	-33.938
Sexo	-4.379 ^c	-4.134 ^b	7.602 ^b	7.207 ^b	7.963 ^b	7.587 ^a
Edad	-1.067 ^c	-1.003 ^c	1.871 ^c	1.802 ^c	0.438	0.467
Edad ²	0.062 ^c	0.057 ^c	-0.112 ^c	-0.105 ^c	-0.048 ^a	-0.046 ^a
Ser mujer X edad	1.010 ^c	0.958 ^c	-1.702 ^b	-1.632 ^b	-1.443 ^a	-1.398 ^a
Ser mujer X edad ²	-0.061 ^c	-0.058 ^c	0.103 ^c	0.099 ^c	0.088 ^b	0.085 ^b
Peso	0.150 ^c	0.168 ^c	0.507 ^c	0.473 ^c		
IMC					1.118 ^c	1.041 ^c
Estatura, cm	0.086 ^c	0.078 ^c	-0.147 ^c	-0.131 ^c	0.155 ^c	0.151 ^c
PCT	-0.081 ^c		0.303 ^c		0.343 ^c	
Ser mujer X PCT					-0.091 ^a	
Log Σ Pliegues						
Ser mujer X Log Σ Pliegues						
Log PTR						
Ser mujer X Log PTR						
PEXT		-0.042 ^c		0.136 ^c		0.152 ^c
Ser mujer X PEXT						-0.033 ^a
CC						
Ser mujer X CC						
AC, mm	0.477 ^c	0.432 ^c				
DB						
r ²	93.4	93.7	91.7	92.0	90.6	90.8
n	401	401	401	401	401	401

El sexo fue codificado como: 0 para ser varón y 1 para ser mujer. Abreviaturas: IMC, índice de masa corporal; PCT, pliegue cutáneo tricóptico; PTR, pliegues del tronco; PEXT, pliegues de extremidades; CC, circunferencia en el punto medio de cintura entre cresta iliaca y costilla; AC, anchura de codo; DB., diámetro bitrocantérico. ^a, p < 0.050; ^b, p < 0.010; ^c, p < 0.001.

Tabla 9. Modelos de regresión lineal para predecir grasa visceral

	Grasa visceral, g				Grasa visceral, cm2				Grasa visceral, cm3			
	CC		IMC		CC		IMC		CC		IMC	
Intercepto	-287.420	-174.350	-323.048	-	-51.358	-47.611	-56.602	-49.822	-311.508	-186.493	-341.408	-258.475
Sexo	-252.695 ^c	-245.597 ^c	-	205.1402	-56.111 ^c	-56.662 ^c	-45.023 ^c	-49.350 ^c	-282.694 ^c	-275-402 ^c	-44.284 ^c	-258.529 ^c
Edad			208.886 ^b		-1.915 ^c	-1.456 ^c	-1.301 ^c	-1.563 ^c				-8.142 ^c
Edad ²												
Ser mujer X edad												
Ser mujer X edad ²												
Peso												
IMC			27.266 ^c	15.506 ^c			5.292 ^c	2.582 ^c			28.177 ^c	13.449 ^c
Estatura, cm	-1.860 ^c	-1.704 ^c							-2.049 ^c	-1.846 ^c		
PCT												
Ser mujer X PCT												
Log Σ Pliegues	46.915 ^a		39.030 ^a						51.935 ^b			
Ser mujer X Log Σ Pliegues						38.547 ^a						
Log PTR							6.907 ^a					
Ser mujer X Log PTR										10.357 ^b		
PEXT		1.427 ^b				0.294 ^c				1.667 ^c	2.013 ^c	
Ser mujer X PEXT												
CC	9.317 ^c	9.393 ^c			2.283 ^c	1.938 ^c		1.472 ^c	10.045 ^c	10.024 ^c		7.670 ^c
Ser mujer X CC	3.057 ^c	2.981 ^c		2.149 ^b		0.676 ^c		0.584 ^c	3.390 ^c	3.307 ^c		3.064 ^c
AC, mm			-19.963 ^a	-49.821 ^c	-5.419 ^b	-4.574 ^a		-5.545 ^b				-29.082 ^b
DB	-0.127 ^c	-0.132 ^c			-0.024 ^c	-0.019 ^b		-0.015 ^a	-0.122 ^c	-0.125 ^c		-0.080 ^a
r ²	72.1	72.3	70.0	73.2	75.0	75.7	67.0	76.5	75.2	75.6	72.0	76.6
	390	390	401	401	390	390	401	390	390	390	401	390

El sexo fue codificado como: 0 para ser varón y 1 para ser mujer. Abreviaturas: IMC, índice de masa corporal; PCT, pliegue cutáneo tricipital; PTR, pliegues del tronco; PEXT, pliegues de extremidades; CC, circunferencia en el punto medio de cintura entre cresta iliaca y costillas; AC, anchura de codo; DB, diámetro bitrocantérico. ^a, p < 0.050; ^b, p < 0.010; ^c, p < 0.001.

Tabla 10. Validación de ecuaciones de predicción de composición corporal de escolares mexicanos

	n	Min	Max	Media	r ²	α	ρ	β	ρ	CCI	EA, Kg	ET, Kg
MEA		3.3	24.1	11.0								
Ecuación 1	182	3.2	26.1	10.9	94.5	0.17	0.403	0.99	0.000	0.97	0.69	0.94
Ecuación 2	182	3.3	26.2	10.8	94.6	0.23	0.264	1.00	0.000	0.97	0.68	0.95
GC		3.7	39.2	15.3								
Ecuación 1	182	3.4	38.9	15.5	86.6	0.65	0.168	0.95	0.000	0.93	1.58	2.71
Ecuación 2	182	3.5	40.2	15.4	87.3	0.66	0.152	0.95	0.000	0.93	1.47	2.63
Ecuación 3	182	1.5	36.7	15.7	86.1	0.54	0.269	0.94	0.000	0.93	1.71	2.77
Ecuación 4	182	1.5	37.8	15.5	86.6	0.66	0.167	0.95	0.000	0.93	1.61	2.70
GV g		6.6	910.0	263.1								
Ecuación 1	180	-36.6	635.5	268.8	78.5	2.51	0.827	0.97	0.000	0.88	47.65	68.03
Ecuación 2	180	-29.6	665.8	269.5	79.0	4.54	0.685	0.96	0.000	0.89	47.41	67.43
Ecuación 3	182	-22.0	685.2	272.5	65.4	22.36	0.125	0.88	0.000	0.81	53.58	87.85
Ecuación 4	182	-27.0	670.3	271.5	75.3	5.22	0.670	0.67	0.000	0.86	47.68	73.41
GV cm ²		1.4	189	54.6								
Ecuación 1	180	-7.3	131.8	55.1	77.2	1.73	0.474	0.96	0.000	0.87	10.24	14.54
Ecuación 2	180	-8.2	137.5	55.6	78.4	1.74	0.458	0.95	0.000	0.88	9.94	14.18
Ecuación 3	182	-5.5	138.8	56.0	65.0	4.51	0.140	0.89	0.000	0.80	11.45	18.21
Ecuación 4	180	-6.8	140.4	55.8	76.0	2.17	0.382	0.94	0.000	0.87	10.01	14.98
GV cm ³		7.2	984	284.5								
Ecuación 1	180	-43.8	683.5	289.1	78.8	4.79	0.695	0.97	0.000	0.89	50.81	73.01
Ecuación 2	180	-36.3	718.9	290.1	79.3	7.23	0.545	0.96	0.000	0.89	50.71	72.41
Ecuación 3	182	0.4	749.1	294.2	67.6	24.04	0.110	0.89	0.000	0.82	57.86	92.05
Ecuación 4	180	-35.7	732.2	290.2	76.0	11.64	0.368	0.94	0.000	0.87	52.18	78.09

El sexo fue codificado como: 0 para ser varón y 1 para ser mujer. Abreviaturas: Min, valor mínimo; Max, valor máximo; CCI, coeficiente de correlación intraclase; EA, error absoluto; ET, error total.

En la **figura 1 y 2** se puede observar la dispersión de los errores de la ecuación 1 y 2 para estimar MMEA. En los dos gráficos se muestra una distribución homogénea de error. Sin embargo, a partir de valores altos de MMEA tiende a haber una subestimación.

Figura 1. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la dispersión de los errores de la ecuación 1 para estimar MMEA.

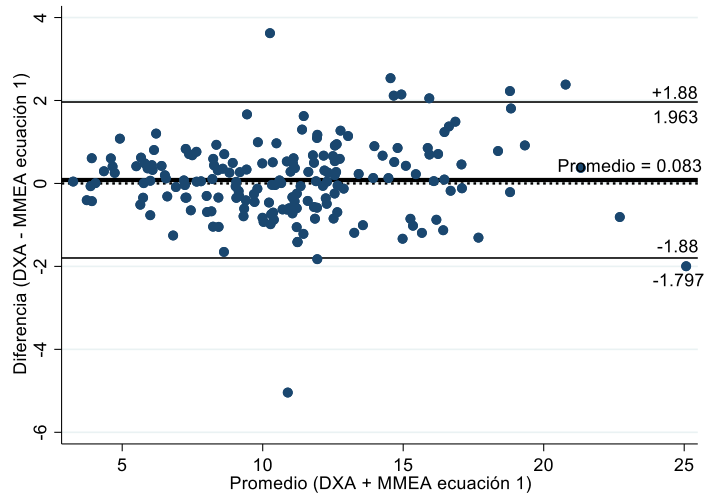
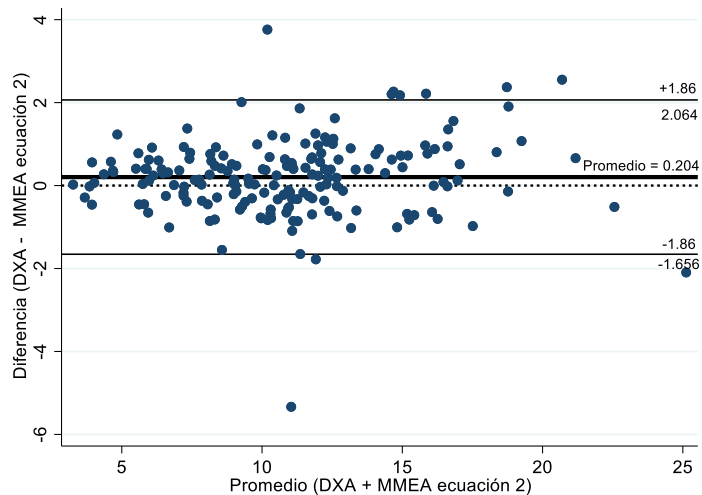


Figura 2. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la dispersión de los errores de la ecuación 2 para estimar MMEA.



En la **figura 4, 5 y 6** se puede observar la dispersión de los errores de las ecuaciones para estimar GC. En las cuatro ecuaciones para GC se puede observar una dispersión de los errores homogénea. Sin embargo, a valores mayores a 20 la dispersión de los valores aumenta. En la ecuación 2 se puede ver una menor dispersión por lo que se considera la que mejor desempeño tuvo.

Figura 3. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la dispersión de los errores de la ecuación 1 para estimar GC

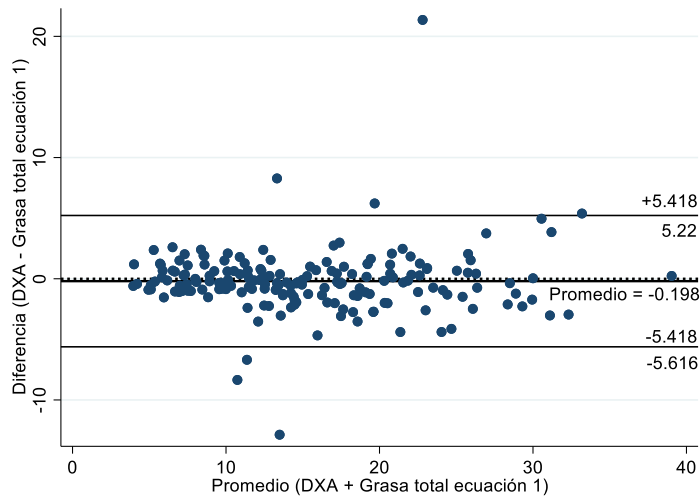


Figura 4. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la dispersión de los errores de la ecuación 2 para estimar GC

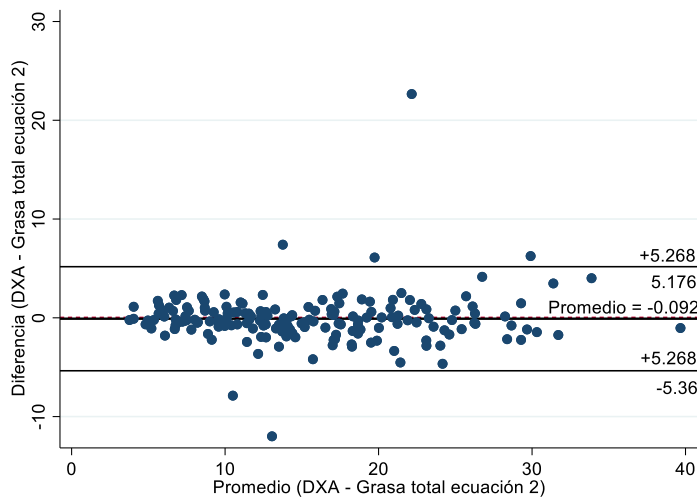


Figura 5. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la dispersión de los errores de la ecuación 3 para estimar GC.

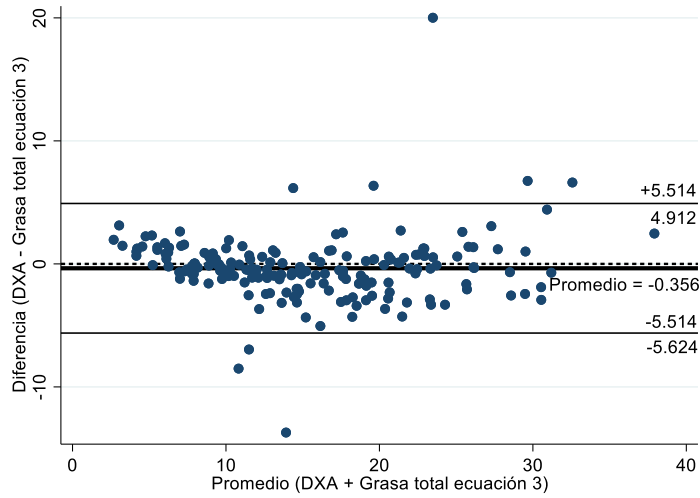
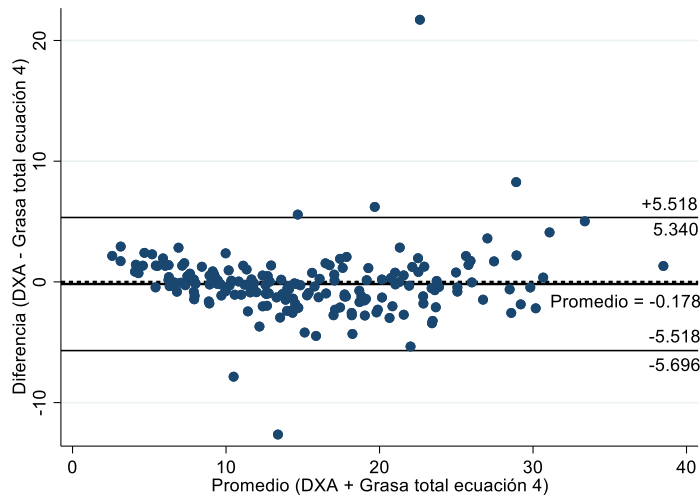


Figura 6. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la dispersión de los errores de la ecuación 4 para estimar GC.



En la **figura 7 y 8** se muestra la dispersión de los errores de las ecuaciones 1 y 2 para estimar GV (g). En ambas ecuaciones se observa una dispersión cercana al promedio. Sin embargo, a valores mayores a 400 la dispersión de los valores aumenta y tiende a subestimarse.

Figura 7. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la dispersión de los errores de la ecuación 1 para estimar GV (g).

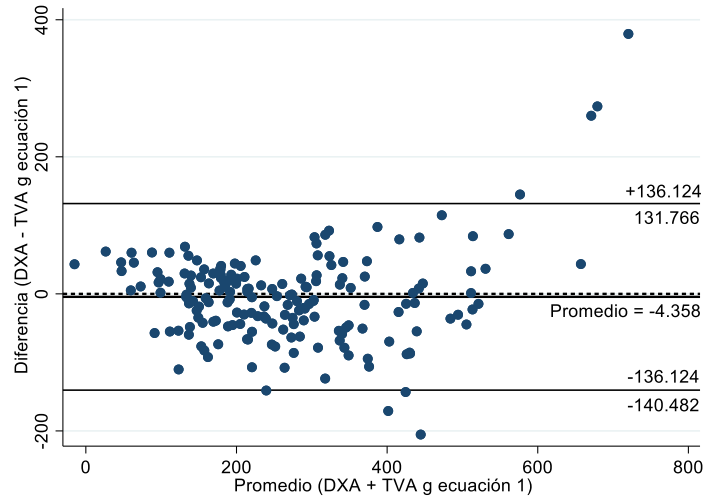
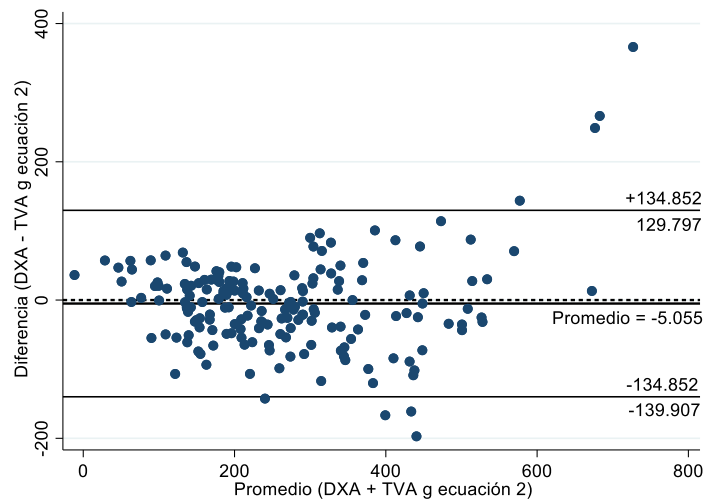


Figura 8. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la dispersión de los errores de la ecuación 2 para estimar GV (g).



En la **figura 9 y 10** se puede ver la dispersión de los errores de las ecuaciones 1 y 2 para estimar GV (cm²). En ambas ecuaciones se observa una dispersión de los errores homogénea. Sin embargo, a valores mayores a 90 tiende a haber una mayor subestimación.

Figura 9. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la dispersión de los errores de la ecuación 2 para estimar GV (cm²).

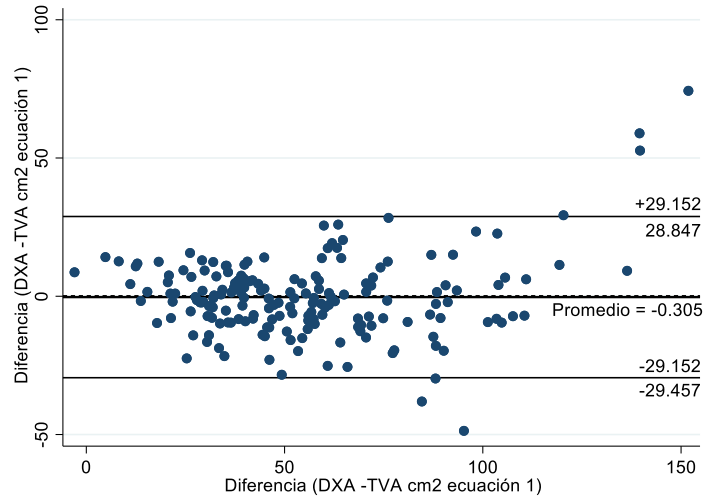
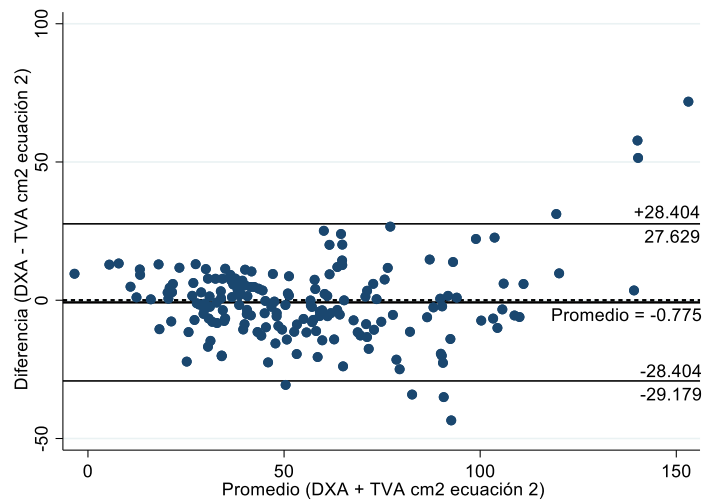


Figura 10. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la dispersión de los errores de la ecuación 2 para estimar GV (cm²).



En la **figura 11 y 12** se puede observar la dispersión de los errores de las ecuaciones 1 y 2 para estimar GV (cm³). En ambas ecuaciones se muestra una dispersión cercana al promedio. Sin embargo, a valores mayores a 400 tiende a haber una mayor subestimación.

Figura 11. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la dispersión de los errores de la ecuación 2 para estimar GV, cm³

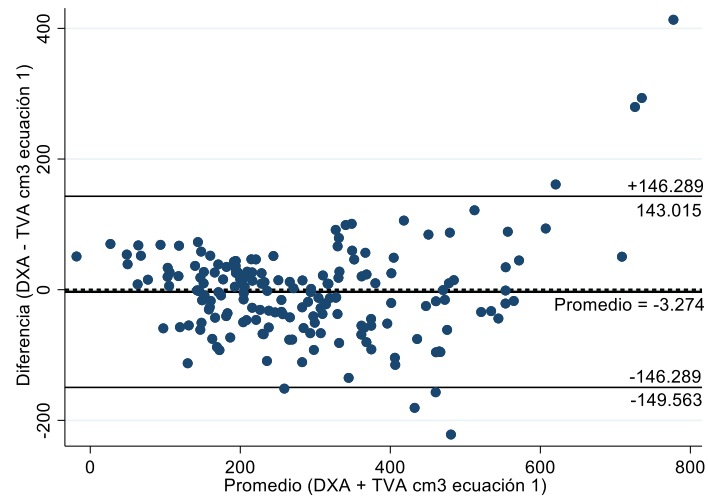
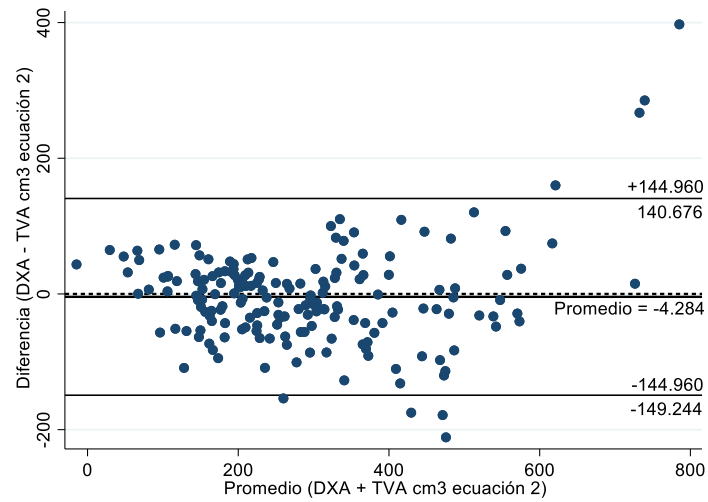


Figura 12. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la dispersión de los errores de la ecuación 2 para estimar GV, cm²



8. RECOMENDACIONES

Las dos ecuaciones para predecir MMEA pueden ser utilizadas por su excelente capacidad predictiva.

En el caso de las ecuaciones para predecir GC, recomendamos el uso de la ecuación que incluye peso y PEXT ya que presenta un mejor desempeño al resto. Sin embargo, las otras tres ecuaciones se pueden utilizar.

Las ecuaciones para la estimación del GV son satisfactorias para su utilización, pero no son muy precisas. Conviene la utilización de las ecuaciones que tienen CC pues tienen mejor desempeño que las de IMC.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Castillo Ruiz, O., Téllez Luis, S. J., & Rodríguez Castillejos, G. C. (2013). Factores que influyen en la prevención y tratamiento efectivo de la obesidad infantil. **Investigación y Ciencia, 21*(59), 57-63*. [fecha de Consulta 1 de noviembre de 2023]. ISSN: 1665-4412. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67430113007>
- De Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. (2007). Elaboración de una referencia de crecimiento de la OMS para niños y adolescentes en edad escolar. **Toro Órgano Mundial de la Salud**, 85, 660-667.
- Dezenberg CV, Nagy TR, Gower BA, Johnson R, Goran MI. (1999). Predecir la composición corporal a partir de la antropometría en niños preadolescentes. **International Journal of Obesity**, 23, 253-259.
- Habicht JP. (1974). Estandarización de métodos epidemiológicos cuantitativos en el campo. **Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana**, 76, 375-384.
- Hangartner TN, Warner S, Braillon P, Jankowski L, Shepherd J. (2013). Las posiciones oficiales de la Sociedad Internacional de Densitometría Clínica: adquisición de la composición corporal por absorciometría de rayos X de energía dual y consideraciones sobre el análisis y la repetibilidad de las medidas. **Journal of Clinical Densitometry**, 16, 520-536.
- Heymsfield SB, Gonzalez MC, Lu J, Jia G, Zheng J. (2015). Skeletal muscle mass and quality: evolution of modern measurement concepts in the context of sarcopenia. **Proceedings of the Nutrition Society**, 74(4), 355-366. <https://doi.org/10.1017/S0029665115000129>
- Huang TT, Watkins MP, Goran MI. (2003). Predicting total body fat from anthropometry in Latino children. **Obesity Research**, 11, 1192-1199.
- Ibrahim, M. M. (2009). Subcutaneous and visceral adipose tissue: structural and functional differences. **Obesity Reviews**, 11(1), 11-18. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789x.2009.00623.x>
- Lohman TG, Roche AF, Martorell R. (1988). Manual de referencia de estandarización antropométrica. Champaign: Libros de cinética humana.

- Lopez-Gonzalez, D., Wells, J. C., Parra-Carriedo, A., Bilbao, G., Mendez, M., & Clark, P. (2022). Body composition assessment in Mexican children and adolescents. Part 1: comparisons between skinfold-thickness, dual x-ray absorptiometry, air-displacement plethysmography, deuterium oxide dilution, and magnetic resonance imaging with the 4-C model. **Nutrients*, 14*(5), 1073.
- Micklesfield, L.K., Goedecke, J.H., Punyanitya, M., Wilson, K.E. and Kelly, T.L. (2012). Dual-Energy X-Ray Performs as Well as Clinical Computed Tomography for the Measurement of Visceral Fat. **Obesity**, 20, 1109-1114. <https://doi.org/10.1038/oby.2011.367>
- Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Bailey DA, Beunen GP. (2002). Una evaluación de la madurez a partir de medidas antropométricas. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 34, 689-694.
- Moreira, O. C. (2015). Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. **Dialnet**. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5317876>
- Navas Carretero, S. (2016, Diciembre). Obesidad infantil: causas, consecuencias y soluciones. **Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 39*(3), 345-346.
- Shamah-Levy T, Romero-Martínez M, Barrientos-Gutiérrez T, Cuevas-Nasu L, Bautista-Arredondo S, Colchero MA, Gaona-Pineda EB, Lazcano-Ponce E, Martínez-Barnetche J, Alpuche-Arana C, Rivera-Dommarco J. (2022). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2021 sobre Covid-19. Resultados nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública.
- Shamah-Levy T., Vielma-Orozco E., Heredia-Hernández O., Romero-Martínez M., Mojica-Cuevas J., Cuevas-Nasu L., Santaella-Castell J.A., Rivera-Dommarco J. (2020). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018–19: Resultados Nacionales. Instituto Nacional de Salud Pública; Cuernavaca, México.
- Stevens J, Cai J, Truesdale KP, Cuttler L, Robinson TN, Roberts AL. (2014). Percent body fat prediction equations for 8- to 17-year-old American children. **Pediatric Obesity**, 9, 260-271.