

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE SALUD PÚBLICA Y NUTRICIÓN**



**ECUACIONES ANTROPOMÉTRICAS PARA ESTIMAR LA
MASA GRASA EN ADULTOS DE 19 A 30 AÑOS DE EDAD**

POR

LIC. NUT. DEBBIE SAMANTHA PUENTE HERNÁNDEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NUTRICIÓN**

NOVIEMBRE, 2013

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE SALUD PÚBLICA Y NUTRICIÓN
SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y POSGRADO**



**ECUACIONES ANTROPOMÉTRICAS PARA ESTIMAR LA
MASA GRASA EN ADULTOS DE 19 A 30 AÑOS DE EDAD**

POR

LIC. NUT. DEBBIE SAMANTHA PUENTE HERNÁNDEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN NUTRICIÓN**

NOVIEMBRE, 2013

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi principal agradecimiento a Dios por el don de la vida, por poner a mi alcance los medios y recursos necesarios para el inicio y terminación de este proyecto.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Facultad de Salud Pública y Nutrición por los recursos físicos y económicos proporcionados que facilitaron el desarrollo exitoso de este proyecto.

A mis padres, hermanos y amigos quienes me dieron siempre su apoyo incondicional y me alentaron para no desistir en los momentos más difíciles de este camino.

A la ME. Guillermina Juárez Villalobos que con su orientación y consejos ayudo a llevar a cabo mi decisión de realizar un posgrado.

Al Dr. Erik Ramírez López por compartirme su experiencia en investigación, por su paciencia, confianza, enseñanzas y por el tiempo dedicado a la dirección de esta Tesis.

A la Dra. Blanca E. Gonzalez Martínez por la tutoría proporcionada durante mi estancia en este programa educativo, a mis profesores de la Maestría en Ciencias en Nutrición y a la maestra Alpha B. Medellín Guerrero por facilitarme sus conocimientos y generar en mí nuevas expectativas y metas por cumplir.

A mis amigas de generación Joselina, Ninfa, Nancy y Martha les agradezco el conocimiento brindado, consejo, compañía y todas las experiencias compartidas.

A mis compañeros-amigos de laboratorio Magaly, Michelle, Martha, Angélica, Marcela, Mayra, Victoria, Mónica, Silvia, Montse, Fernanda y Abraham que me aligeraron la carga en la parte más pesada de este proyecto y que gracias a su compañía disfruté el desarrollo y terminación de esta Tesis.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. RESUMEN Y ABSTRACT.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. HIPÓTESIS.....	6
4. OBJETIVOS.....	7
4.1. Objetivo general.....	7
4.2. Objetivos específicos.....	7
5. ANTECEDENTES.....	8
5.1. Generalidades de la composición corporal.....	8
5.2. Modelos de referencia para evaluar la composición corporal...	9
5.2.1. Modelo de dos compartimentos en composición corporal (2C)	9
5.2.2. Modelo de tres compartimentos en composición corporal (3C)	10
5.2.3. Modelo de cuatro compartimentos en composición corporal (4C)	12
5.3. Métodos de campo para evaluar la composición corporal	12
5.3.1. Ecuaciones antropométricas.....	13
6. MÉTODOS.....	16
6.1. Diseño.....	16
6.2. Definición del universo.....	16
6.3. Definición de las unidades de observación.....	16
6.4. Definición de grupo control.....	16
6.5. Criterios de inclusión.....	16
6.6. Criterios de exclusión.....	17
6.7. Criterios de eliminación.....	17
6.8. Selección de las fuentes, métodos, técnicas y procedimientos de recolección de la información.....	17
6.8.1. Tamaño de la muestra.....	17
6.8.2. Prueba piloto.....	18
6.8.3. Protocolo.....	21
6.8.3.1. Antropometría.....	22
6.8.3.2. Contenido mineral óseo por absorciometría dual de rayos X, DXA.....	25
6.8.3.3. Volumen corporal por pletismografía por desplazamiento de aire, BOD POD.....	26

6.8.3.4.	Porcentaje de grasa obtenido a través del modelo de tres compartimentos (M3C)	27
6.8.3.5.	Análisis bioquímicos.....	27
6.8.4.	Plan de análisis estadístico.....	28
6.8.4.1.	Procesamiento de los datos.....	28
6.8.4.2.	Detección de valores fuera de rango (outliers).....	28
6.8.4.3.	Verificación de los supuestos de la regresión para cada variable independiente (VI) vs. la variable dependiente (VD)	29
6.8.4.3.1.	Linealidad.....	29
6.8.4.3.2.	Homogeneidad de la varianza.....	29
6.8.4.3.3.	Normalidad.....	30
6.8.4.4.	Obtención de los grupos para el desarrollo de la ecuación y para la validación.....	31
6.8.4.5.	Comparación del grupo ecuación y validación.....	31
6.8.4.6.	Selección de los mejores modelos o ecuaciones.....	31
6.8.4.7.	Diagnóstico del modelo de regresión de la ecuación...	32
6.8.4.7.1.	Colinealidad.....	32
6.8.4.7.2.	Homogeneidad de la varianza de los residuales y normalidad de los residuales del modelo final...	32
6.8.4.8.	Validación de la ecuación.....	33
6.8.4.8.1.	Exactitud grupal de la ecuación.....	33
6.8.4.8.2.	Evaluación de la exactitud grupal (sesgo) y precisión individual (límites de concordancia).....	33
6.8.4.8.3.	Validación cruzada.....	34
6.8.5.	Aspectos éticos de la investigación.....	34
6.8.6.	Organización de la investigación.....	35
7.	RESULTADOS	36
7.1.	Detección de outliers.....	36
7.2.	Características de la población.....	37
7.3.	Selección de la circunferencia de cintura como predictor del porcentaje de grasa.....	38
7.4.	Verificación de los supuestos de la regresión para cada variables independiente.....	39
7.5.	Diseño de la ecuación de regresión.....	39

7.6.	Obtención de los modelos de regresión.....	40
7.7.	Ecuaciones finales.....	42
7.8.	Diagnóstico de las ecuaciones finales.....	43
7.9.	Comprobación de los supuestos de la regresión de las ecuaciones finales.....	73
7.10.	Validación de las ecuaciones finales.....	44
7.11.	Validación cruzada.....	46
8.	DISCUSIÓN.....	50
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
10.	LITERATURA CITADA	56
11.	ANEXOS.....	63
	ANEXO A Verificación de los supuestos de la regresión.....	63
	ANEXO B Comprobación de los supuestos de la regresión de las ecuaciones finales.....	73
	ANEXO C Carta de consentimiento informado.....	77
	ANEXO D Historia clínica.....	78
	ANEXO E Descripción de mediciones antropométricas.....	80
	ANEXO F Hoja de vaciado.....	84
	ANEXO G Formato de resultados.....	85

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Ecuaciones para la estimación del porcentaje de grasa	15
2. Análisis de regresión para el cálculo de muestra	18
3. Definición de variables y unidades de medida	19
4. Cronograma de actividades	35
5. Detección de valores fuera de rango (outliers)	36
6. Características físicas y de composición corporal de los sujetos de estudio	37
7. Matriz de regresión lineal de las cuatro cinturas vs. modelo de 3C	38
8. Verificación de los supuestos de la regresión para cada variable independiente	63
9. Comparación de las características de los grupos ecuación y validación	40
10. Regresión múltiple para el desarrollo del modelo 1; Peso + Sexo	40
11. Regresión múltiple para el desarrollo del modelo 2; Peso + Sexo + Pliegue tricipital	41
12. Regresión múltiple para el desarrollo del modelo 3; Peso + Sexo + Pliegue tricipital+ cintura umbilical	41
13. Regresión múltiple para el desarrollo del modelo 4; Peso + Sexo + Σ de pliegues+ cintura umbilical	41
14. Ecuaciones propuestas para estimar el porcentaje de grasa en adultos Jóvenes de 19 a 30 años de edad	42
15. Evaluación de colinealidad entre variables independientes	43
16. Comprobación de los supuestos de la regresión de las ecuaciones finales	73
17. Exactitud grupal de las ecuaciones	44
18. Evaluación de la exactitud grupal y la precisión individual de las ecuaciones	45
19. Regresión lineal modelo 1; Peso + Sexo	46
20. Regresión lineal modelo 2; Peso + Sexo + Pliegue tricipital	47
21. Regresión lineal modelo 3; Peso + Sexo + Pliegue tricipital + Cintura umbilical	48
22. Regresión lineal modelo 4; Peso + Sexo + Cintura umbilical + Σ de Pliegues	49

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Estatura	23
2. Peso	23
3. Tríceps	23
4. Suprailíaco	23
5. Pantorrilla	23
6. Omblogo	24
7. OMS	24
8. NHANES	24
9. Estrecha	24
10. Hoja de Resultados DXA	25
11. Equipo DXA	25
12. Sistema de pletismografía por desplazamiento de aire BOD POD	26
13. Verificación de los supuestos de la regresión para cada variable independiente	63
14. Comprobación de los supuestos de la regresión de las ecuaciones finales	73
15. Gráfica regresión lineal grupo ecuación modelo 1	46
16. Gráfica regresión lineal grupo validación modelo 1	46
17. Gráfica regresión lineal grupo ecuación modelo 2	47
18. Gráfica regresión lineal grupo validación modelo 2	47
19. Gráfica regresión lineal grupo ecuación modelo 3	48
20. Gráfica regresión lineal grupo validación modelo 3	48
21. Gráfica regresión lineal grupo ecuación modelo 4	49
22. Gráfica regresión lineal grupo validación modelo 4	49

NOMENCLATURA

DXA: Densitometría dual de rayos X

BOD POD: Pletismografía de desplazamiento de aire

M2C: Modelo de dos compartimentos

M3C: Modelo de tres compartimentos

M4C: Modelo de cuatro compartimentos

IMC: Índice de masa corporal

Σ P: sumatoria de pliegues

EEE: Error estándar del estimador

R²: raíz cuadrada

VIF: Factor de inflación de la varianza

NA: Número de acondicionamiento

DE: Desviación estándar

MG: Masa grasa

MLG: Masa libre de grasa

HD: Hidrodensitometría

PT: Pliegue tricipital

DC: Densidad corporal

CMO: Contenido mineral óseo

DMO: Densidad mineral óseo

CO: Cenizas óseas

ACT: Agua corporal total

HDL: Lipoproteína de alta densidad

LDL: Lipoproteína de baja densidad

VI: Variable independiente

VD: Variable dependiente

VIP: Variables independientes probadas

VIC: Variables independientes controladas

%G: Porcentaje de grasa

OMS: Organización Mundial de la Salud

NHANES: National Health and Nutrition Examination Survey

ETM: Error técnico de la medición

cm: centímetro

mm: milímetro

kg: kilogramo

D₂O: Dilución con óxido de deuterio

GLOSARIO

Exactitud: es la eficacia de una ecuación de predicción cuando se aplica a una muestra independiente.

Precisión: es la eficacia de la ecuación dentro de la muestra de la cual se deriva.

Variable de respuesta: variable pronosticada por una ecuación.

Variable de factor pronóstico: variables utilizadas en la ecuación.

Análisis de regresión: es el método analítico estándar que se usa para el desarrollo de una ecuación de predicción, y está disponible en numerosos paquetes computarizados de estadística.

Homogeneidad: supone una varianza constante de la variable de respuesta para todos los valores de cada variable de factor pronóstico.

Cuadrados mínimos: estima los parámetros de regresión mediante la reducción al mínimo de la suma de los cuadrados de las desviaciones de los valores pronosticados a partir de los valores observados.

Multicolinealidad: las variables de factor pronóstico están interrelacionadas.

Coefficiente de determinación o R^2 : representa la porción de la varianza total en la variable de respuesta que se explica mediante las variables de factor pronóstico en una ecuación.

Error cuadrático de la media (root mean square error, RMSE): es una medida de la precisión de una ecuación de predicción.

Coeficiente de variación (CV): sirve para comparar las ecuaciones de predicción con las diferentes variables de respuesta y, presumiblemente, unidades diferentes.

Validación cruzada: es la aplicación de una ecuación de predicción a una muestra independiente distinta de la utilizada para formular la ecuación.

Error puro: se usa para medir la eficacia de la validación cruzada de una ecuación de predicción. Se calcula como la raíz cuadrada de la suma de las diferencias cuadradas entre los valores observados y los pronosticados dividido entre el número de sujetos en la muestra de validación cruzada.

1. RESUMEN

Ecuaciones antropométricas para estimar la masa grasa en adultos de 19 a 30 años de edad

Antecedentes: Las técnicas avanzadas para evaluar la composición corporal como la densitometría dual de rayos X (DXA) y la pletismografía de desplazamiento de aire con el BOD POD son costosas y no son prácticas para emplearse en la consulta o en estudios de campo. Una alternativa es el uso de ecuaciones antropométricas, que básicamente requieren entrenamiento por parte de un técnico; sin embargo, es importante mencionar que la mayoría de las ecuaciones de antropometría disponibles hasta el momento derivan de poblaciones caucásicas o anglosajonas. Las ecuaciones para predecir la composición corporal deben ser específicas para un grupo o población. Además, no es suficiente con proveer un solo algoritmo sino alternativas que permitan a un investigador o profesional adaptarse a las circunstancias para evaluar a un grupo especial de población como lo es en la consulta y en un estudio de campo.

Objetivo: Desarrollar y validar en una muestra independiente cuatro ecuaciones antropométricas de predicción del porcentaje de masa grasa basadas en el modelo de tres compartimentos (3C) en adultos de 19 a 30 años.

Materiales y métodos: Estudio transversal. Se reclutaron 177 pacientes distribuidos en distintos intervalos de IMC. Se realizaron mediciones antropométricas, de densidad mineral ósea (DXA) y densidad corporal (BOD POD) para desarrollar un modelo de 3C (grasa corporal, masa ósea, masa libre de grasa). Las variables predictoras para las ecuaciones fueron 25 mediciones antropométricas con las cuales se probaron los modelos de regresión múltiple por el método de pasos hacia adelante y hacia atrás (stepwise) y se seleccionaron las que mejor explicaban la variabilidad en el porcentaje de grasa (peso, pliegue tricipital, cintura umbilical y $\sum P$; sumatoria de pliegues: tricipital,

pantorrilla y suprailíaco). La validación de las ecuaciones se realizó en un tercio de la muestra y emplearon métodos estadísticos apropiados.

Resultados: Se desarrollaron cuatro ecuaciones tomando como referencia el modelo de 3C. Primer modelo: peso + sexo ($R^2= 0.49$ y EEE (error estándar del estimador) = 6.6); segundo modelo: peso + sexo + pliegue tricípital ($R^2= 0.64$ y EEE= 5.6); tercer modelo: peso + sexo + pliegue tricípital + cintura umbilical ($R^2= 0.74$ y EEE= 4.7); cuarto modelo: peso + sexo + cintura umbilical + ΣP ($R^2= 0.76$ y EEE= 4.5). Fueron pensadas para ser utilizadas en las distintas condiciones de trabajo como en los estudios de campo donde se requiere optimizar tiempo y recursos.

Conclusiones: Todas las ecuaciones desarrolladas fueron precisas y exactas y cumplieron con los criterios de validación satisfactoriamente. Las cuatro ecuaciones diseñadas tienen precisión grupal y las ecuaciones tres y cuatro se recomiendan para grupos e individuos.

2. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la composición corporal incluye la medición de la masa grasa (MG) y la masa libre de grasa (MLG). La MLG puede ser subdividida en agua y tejido blando que incluye masa ósea y proteína (Going, 2005). El exceso o reducción en la MG y MLG respectivamente se asocia con un mayor riesgo de padecer enfermedades como la obesidad y la sarcopenia que están relacionadas a un desfavorable pronóstico en pacientes hospitalizados (Sun, Chumlea, Heymsfield, Lukaski, Schoeller y Friedl, 2003).

Desde la aparición de la ecuación antropométrica de Durnin y Womersley (1974) para estimar la masa grasa se han publicado otros algoritmos utilizando el mismo método de referencia de ellos y otros con técnicas más avanzadas (Aristizábal, Restrepo, y Estrada, 2007). Las ecuaciones más recientes son más exactas no sólo por emplear técnicas más modernas, sino por aplicar métodos estadísticos más rigurosos. No obstante, la ecuación de Durnin y Womersley sigue siendo empleada en docencia y en la atención de pacientes; algunas veces por desconocimiento de que existen otras, y otras veces sólo por empatía.

Muchas de las ecuaciones para antropometría se desarrollaron empleando como método de referencia la hidrodensitometría (HD) o peso bajo el agua (Van Marken Lichtenbelt, Fogelholm, Ottenheijm, y Westerterp, 1995). A partir de la década del noventa comenzaron a emplearse como referencia técnicas como la densitometría dual de rayos X (DXA) y la pletismografía de desplazamiento de aire con el BOD POD (Roubenoff, Kehayias, Dawson-Hughes y Heymsfield, 1993). Estas técnicas, aunque más precisas que la HD son costosas y no son prácticas para emplearse en la consulta o en estudios de campo; razón por la que las ecuaciones antropométricas siguen siendo una herramienta útil para estudios de grupos y epidemiológicos.

El estándar para desarrollar una ecuación para antropometría es el modelo de cuatro compartimentos (4C) (Lohman, 1986). Este modelo incluye las determinaciones independientes de la masa grasa, la densidad corporal, la masa mineral ósea y el agua corporal total, lo que permite una evaluación más confiable de la composición corporal (Peterson, Czerwinski, y Siervogel, 2003). No obstante, este modelo tiene mayor importancia en niños y adultos mayores, donde hay variaciones importantes en el agua corporal y la densidad ósea por efecto del crecimiento o la edad.

En adultos, tanto el agua corporal como la densidad ósea se mantienen constantes (Brodie, 1988). Por lo tanto, es posible aplicar un modelo de tres compartimentos (3C). Este modelo incluye las mediciones de masa grasa, densidad corporal (BOD POD) y densidad mineral ósea por DXA. Esto permite obtener un método de referencia más exacto que empleando el BOD POD o DXA por separado y casi igual de preciso que el modelo de cuatro compartimentos (Withers, LaForgia, Pillans, Shipp, Chatterton, Schultz y Leaney, 1998). Otro de los modelos de referencia como el de dos compartimentos (2C) se obtiene empleando los mismos equipos DXA y BOD POD de forma individual. La variable de referencia obtenida puede ser la MG o MLG.

Como se menciona anteriormente, la antropometría es una herramienta con la que se puede evaluar la masa grasa y la masa libre de grasa. A diferencia de los métodos más costosos, la antropometría es de fácil aplicación y de bajo costo (Kushner, 1992). Sin embargo, la principal limitación de la antropometría es que su exactitud depende de que la ecuación que se elija sea adecuada para el tipo de población (Dehghan y Merchant, 2008).

Cuando se elije una ecuación de predicción esta debe ser lo más específica posible para el grupo de estudio en términos de edad, sexo, origen étnico, nivel de grasa corporal y estado de salud (Baumgartner, 1996). Aunque

se dispone de ecuaciones publicadas de cuatro compartimentos y de dos compartimentos para adultos, estas ecuaciones pertenecen a otros grupos étnicos y no han resultado validas al aplicarse a otras poblaciones (Huerta, Esparza-Romero, Urquidez, Pacheco, Valencia y Alemán-Mateo, 2007). Es posible por lo tanto desarrollar ecuaciones para antropometría precisas y específicas para evaluar el porcentaje de grasa en adultos mexicanos jóvenes. Esto permitiría satisfacer la necesidad de los profesionales de la salud, docentes e investigadores de disponer de herramientas más confiables y prácticas para evaluar la composición corporal en este grupo edad.

3. HIPÓTESIS

3.1. Definición del problema

En este estudio se propuso determinar si el diseño de cuatro ecuaciones para antropometría propuestas durante el desarrollo de este proyecto de investigación resultarían validadas satisfactoriamente para estimar la masa grasa en adultos jóvenes de 19 a 30 años respecto al modelo de tres compartimentos. Para contestar esta pregunta, en 200 adultos se tomaron mediciones antropométricas: pliegues cutáneos, perímetros y longitudes. La medición de la masa grasa se realizó por el modelo de tres compartimentos que incluyo la valoración del contenido mineral óseo y la densidad corporal por pletismografía y absorciometría. La ecuación se validó en una muestra independiente con las mismas características.

3.2. Hipótesis principal

La predicción de la masa grasa por distintas ecuaciones de dos hasta cuatro variables independientes de fácil medición será validada satisfactoriamente respecto al modelo de tres compartimentos en adultos de 19 a 30 años.

4. OBJETIVOS

4.1. General

Desarrollar y validar en una muestra independiente cuatro ecuaciones antropométricas de predicción del porcentaje de masa grasa basadas en el modelo de tres compartimentos en adultos de 19 a 30 años.

4.2. Específicos

- Obtener los mejores modelos de predicción por el método de selección regresión escalonada (stepwise).
- Validar en una muestra independiente las ecuaciones antropométricas empleando como referencia el modelo de tres compartimentos.

5. ANTECEDENTES

5.1. Generalidades de la composición corporal

La composición corporal se ha definido como el área de la biología humana que se encarga de la cuantificación in vivo de los componentes corporales, la expresión de factores genéticos y ambientales (Wang, Pierson, y Heymsfield, 1992).

La valoración de la composición corporal es importante para la determinación del estado nutricional; permite seguir los cambios en el estado nutricional y diferenciar los cambios en las reservas corporales de grasa, proteína, agua o masa ósea. Estos componentes pueden estar afectados en su proporción por enfermedades, exceso en la ingesta de energía, la dedicación a una disciplina deportiva, un estudio de intervención o desordenes alimenticios como la anorexia nerviosa (García, Muños, Martínez, Barrios, Hawkins, y Argente, 2006).

Los diferentes métodos para evaluar la composición corporal que hasta el momento se han desarrollados se pueden definir como directos, indirectos y doblemente indirectos (Schifferli, Carrasco, y Inostroza, 2011). Entre los métodos doblemente indirectos se encuentran: la impedancia bioeléctrica (IB) y la antropometría. Y entre los métodos indirectos tenemos: la densitometría dual de rayos X (DXA), el sistema de pletismografía por desplazamiento de aire (BOD POD), la densitometría hidrostática (DH) y el método de dilución con óxido de deuterio (D_2O). El único método directo es el análisis de los componentes corporales de cadáveres. Por sus propiedades, los métodos de composición corporal permiten dividir al organismo en dos, tres ó cuatro compartimentos, en lo que se conoce como modelos de referencia para evaluar la composición corporal.

5.2. Modelos de referencia para evaluar la composición corporal

Existen modelos de composición corporal que diferencian componentes a diferentes niveles según la complejidad en su estructura y la composición: El primero es el nivel atómico o elemental, que se compone de oxígeno (60%), carbono (20%), hidrógeno (15%), calcio y nitrógeno (1%), entre otros. Un segundo nivel, también conocido como nivel molecular o químico, compuesto por agua (60%), lípidos (15%), proteínas (18%), glucógeno (1%) y minerales (6%). El tercer nivel celular, se refiere a la masa celular, líquidos extracelulares, sólidos extracelulares y grasa. El cuarto nivel conocido como histológico o tisular contempla elementos como músculo esquelético, músculo no esquelético, tejidos blandos, el tejido adiposo y el hueso. Finalmente, el quinto, nivel corporal total conformado por extremidades, tronco y cabeza. El nivel de estructura o composición de interés en este estudio es el molecular (Serra, Ribas, Aranceta, Pérez, Saavedra y Peña, 2003). El principal modelo de composición corporal empleado en investigación es el segundo; el nivel molecular (González, 2012).

5.2.1. Modelo de dos compartimentos en composición corporal (2C)

Un modelo de 2C divide al cuerpo en dos componentes: masa grasa y masa libre de grasa. Con el empleo de la ecuación de Siri, el modelo basado en densitometría se describe como:

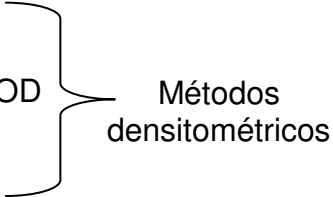
$$\% \text{ Grasa} = [(4.95/DC) - 4.5] \times 100$$

Donde DC es la densidad corporal en g/cc.

Según este modelo, las características químicas y densidad de ambos compartimentos permanecen constantes, siendo la densidad para la masa grasa total de 0,9007g/ml a 36°C de temperatura. La masa libre de grasa

presenta una densidad de 1,1000g/ml a la temperatura de 36°C y con un contenido de agua del 73%. La concentración de potasio se asumen es de 150 mEq/l (Parm, Saar, Pärna, Jürimäe, Maasalu, Neissaar y Jürimäe, 2011). El uso del modelo de 2C requiere del supuesto de que la hidratación de la MLG y el contenido mineral óseo son constantes. No obstante, estos componentes varían por efecto de la edad, sexo y etnicidad (Withers, Laforgia, y Heymsfield, 1999).

El modelo de 2C es posible desarrollarlo tomando como estándar cualquiera de las siguientes técnicas:

- a) la hidrodensitometría o pesado bajo el agua
 - b) la pletismografía por desplazamiento de aire, con el BOD POD
 - c) la densitometría dual de rayos X, con la DXA
 - d) el método de dilución con óxido de deuterio (D₂O)
- 

5.2.2. Modelo de tres compartimentos en composición corporal (3C)

El modelo de 3C divide el cuerpo en grasa, contenido mineral óseo, y un remanente de la masa libre de grasa (agua, proteína, y glucógeno). Existe un modelo alternativo de tres compartimentos que no requiere la medición de la masa mineral ósea, sino la medición de agua corporal por el método de dilución con óxido de deuterio. En este caso el remanente es un componente anhidro compuesto de masa mineral ósea y proteína. Los modelos de 3C son los siguientes:

Ecuación 1: Masa grasa kg = $6.386 / DC - (3.96 \times M) - 6.090$ (Lohman, 1986)

Ecuación 2: Masa grasa kg = $2.118 / DC - (0.78 \times A) - 1.354$ (Siri, 1961)

Donde DC, es la densidad corporal calculada con el BOD POD; M, es el contenido mineral (óseo más no óseo) calculado con la DXA y A, es el agua

corporal total, que puede determinarse con la técnica de dilución con oxido de deuterio. En el modelo de tres compartimentos basado en la masa mineral ósea (ecuación 1) la hidratación de la MLG se asume constante (72%) y como lo señala Whitters, el modelo en adultos es capaz de producir valores similares al modelo de cuatro compartimentos. Esto es porque en adultos, la hidratación de la MLG y la densidad del contenido mineral óseo (CMO) se mantienen más constantes que en cualquier otro grupo de edad (Berral y Rodríguez, 2007). Como se mencionó, el modelo de tres compartimentos (ecuación 1) requiere para su desarrollo del método de la DXA y de pletismografía de desplazamiento de aire que a continuación se describen:

Absorciometría dual de rayos X (DXA)

La DXA es un método indirecto, que divide al cuerpo en tres compartimentos: masa grasa, masa libre de grasa no ósea y masa ósea. Este último componente conocido también como contenido mineral óseo (CMO) es el que se incorpora en la ecuación o modelo de 3C. La DXA utiliza dos haces de rayos X de diferente energía, los que al atravesar los tejidos del organismo, son atenuados de manera diferente por el tejido mineral, masa magra no ósea y masa grasa. Como modelo de evaluación de la composición corporal, la DXA proporciona múltiples ventajas, destacando su exactitud, con un error de estimación del 1% para masa ósea y entre 1 y 3% para la masa grasa (Bellido y Carreira, 2008).

Pletismografía de desplazamiento de aire (BOD POD®)

El sistema BOD POD se basa en el mismo principio que el de la hidrodensitometría (determinación del volumen corporal de acuerdo al principio de Arquímedes, que establece que el volumen de un objeto sumergido en agua es igual al volumen de agua desplazado por él) (Casanova, 2003). La diferencia del BOD POD en comparación con el método de pesado bajo el agua radica en

que emplea el desplazamiento de aire para medir el volumen corporal en lugar del agua desplazada. Por lo tanto, el BOD POD es un sistema más seguro y su ventaja principal es que no requiere el uso de una tina hidrostática; además, se puede emplear en todos los grupos de edad. El BOD POD utiliza la información de volumen y masa corporal para determinar la densidad corporal y calcular la masa grasa y la masa libre de grasa. El equipo además mide el volumen de aire residual pulmonar que permite corregir la densidad corporal total (Saverza y Haua, 2009) que es la que finalmente se incorpora en la ecuación de 3C (ecuación 1).

5.2.3. Modelo de cuatro compartimentos en composición corporal (4C)

El modelo de cuatro compartimentos permite controlar los supuestos de la hidratación y densidad ósea que los métodos de dos y tres compartimentos no realizan. Un modelo de 4C divide al cuerpo en grasa corporal, contenido mineral óseo, agua corporal y un componente residual, básicamente glucógeno y proteína (Fried, DeLuca, Marchitelli, y Vogel, 1992).

Para desarrollar un modelo de 4C se adicionan las mediciones de agua corporal total (ACT) por D2O; la densidad mineral ósea por la DXA y la densidad corporal (DC) con el BOD POD. La aplicación de un modelo de 4C es costosa, pues se requiere además del equipo personal calificado para su operación y procesamiento de los datos. El costo de un modelo de 4C en un sujetos es de aproximadamente \$ 2,000 por persona.

5.3. Métodos de campo para evaluar la composición corporal

Existen métodos alternativos (de campo o doblemente indirectos) para estimar la composición corporal que son más prácticos, accesibles en costo y confiables. No obstante, se han establecido algunos aspectos importantes que

deben cumplir las diferentes técnicas utilizadas en campo para una buena evaluación (Moreno, Gómez y Antoranz, 2001).

1. Aplicabilidad en la consulta diaria en razón de su accesibilidad, facilidad de manejo, reproducibilidad y aceptabilidad por parte del paciente como una técnica habitual de examen.
2. Económica en relación al costo del equipo necesario y el profesional entrenado para llevar la evaluación a cabo.

5.3.1. Ecuaciones antropométricas para estimar la composición corporal

Las ecuaciones antropométricas representan una estrategia práctica para la evaluación de la composición corporal. Son herramientas sencillas y de bajo costo que permite obtener estimaciones confiables del porcentaje de grasa a través de ecuaciones desarrolladas por modelos de regresión múltiple (Suárez y Herrera, 2010). Las variables independientes son mediciones antropométricas relacionadas biológicamente con la masa grasa (pliegues cutáneos) y la variable dependiente es la medición de la masa grasa obtenida con un modelo de tres o cuatro compartimentos.

La antropometría es una técnica no invasiva, de bajo costo, portátil y aplicable para evaluar el tamaño, las proporciones y la composición del cuerpo humano. Además, es un constituyente indispensable en la evaluación del estado de nutrición de los individuos en cualquiera de los extremos de la mala nutrición: desnutrición y obesidad (OMS, 2000).

Las mediciones antropométricas como el espesor de tejido subcutáneo adiposo, los diámetros y las circunferencias en lugares corporales bien definidos se utilizan habitualmente en la clínica o estudios de campo para evaluar el porcentaje de grasa corporal. Dos de las ecuaciones antropométricas más famosas para predecir el porcentaje de grasa son la ecuación de Durnin y

Womersley (1974) y la de Jackson y Pollock (1978, 1980) que se basan en mediciones de pliegues cutáneos de sencillo pero también de complicado acceso (bíceps, tríceps, subescapular y suprailíaco). Ambas ecuaciones fueron desarrolladas considerando como referencia un modelo de 2C basado en hidrodensitometría.

Los estudios de Durnin y Womersley y de Jackson y Pollock partieron de la premisa que mientras mayor sea el número de pliegues incluidos en la ecuación mejor sería la predicción de la masa grasa; sin embargo, las dificultades técnicas en la obtención de los valores de los pliegues cutáneos y la menor representatividad en el componente de grasa visceral, hacen que el error de estimación de la MG aumente (Durnin y Womersley, 1974).

En un estudio de validación de las ecuaciones de Durnin y Womersley y de Jackson y Pollock para estimar el porcentaje de grasa se observaron diferencias significativas entre el porcentaje de grasa obtenido por las ecuaciones de pliegues cutáneos respecto al obtenido por hidrodensitometría. El porcentaje de grasa promedio fue de 29.6 ± 5.8 por hidrodensitometría; 34.2 ± 4.5 por la ecuación de Durnin y Womersley; 25.7 ± 5.6 por la ecuación de Jackson y Pollock, y 32.0 ± 5.3 por la ecuación de Ramírez y Torun. Las ecuaciones de Durnin y Womersley y la de Ramírez y Torun sobreestimaron el porcentaje de grasa, mientras la de Jackson y Pollock la subestimaron en comparación con el modelo de referencia (Aristizábal, Restrepo y López, 2008).

Una de las limitaciones del estudio de Durnin y Womersley es el uso del modelo de 2C que requiere del supuesto de que el nivel de hidratación del cuerpo y el contenido mineral óseo permanecen constantes. Sin embargo, estos supuestos a menudo son violados debido a las variaciones significativas de la masa libre de grasa y masa grasa entre las edades, sexos y razas (Clark, Kuta, y Sullivan, 1993). Aunque la hidratación de la MLG en los adultos permanece

constante, el componente de importancia para la evaluación por un M3C es el contenido mineral óseo.

En particular, el componente étnico puede alterar la relación entre los pliegues cutáneos y el porcentaje de grasa ya que se ha observado una tendencia mayor de los depósitos de grasa en los hispanos, negros e indígenas americanos que en los caucásicos (Aristizábal et al., 2008). La relación diferente entre pliegues cutáneos y el porcentaje de grasa limita la aplicación de ecuaciones basadas en población caucásica y anglosajona en otros grupos étnicos.

Debido a que la mayor parte de las ecuaciones antropométricas publicadas derivan de caucásicos o anglosajones, las ecuaciones deben ser específicas para una población o validarse antes de ser aplicadas en poblaciones diferentes. La Tabla 1 muestra las diferentes ecuaciones para adultos más citadas. No se dispone de una ecuación antropométrica para estimar el porcentaje de grasa en población mexicana.

Tabla 1. Ecuaciones para la estimación del porcentaje de grasa

Ecuación	Autor
Hombres %G = (0.567 x cintura) + (0.101 x edad) - 31.8	
Mujeres %G = (0.439 x cintura) + (0.221 x edad) - 9.4	
Hombres %G = (0.353 x cintura) + (0.756 x tríceps) + (0.235 x edad) - 26.4	
Mujeres %G = (0.232 x cintura) + (0.657 x tríceps) + (0.215 x edad) - 5.5	
Hombres %G = (0.742 x IMC) + (0.950 x tríceps) + (0.335 x edad) - 20.0	Lean et al., 1996
Mujeres %G = (0.730 x IMC) + (0.548 x tríceps) + (0.270 x edad) - 5.9	
%G = [(4.95/DC) - 4.5] x 100	Siri, 1956
%G 3C = [2.118/DC - 0.780 (ACT/peso) - 1.354] x 100	Friedl et al., 1992
%G 4C = [2.559/DC - 0.734 (ACT/peso) + 0.983 (MMOT/peso) - 1.841] x100	
Hombres %G = 20.94878 + (edad x 0.1166) - (altura - 0.11666) + (suma4 x 0.42696) - (suma4 ² x 0.00159)	
Mujeres %G = 22.18945 + (edad x 0.06368) + (IMC x 0.60404) - (altura x 0.14520) + (suma4 x 0.30919) - (suma4 ² x 0.00099562)	Peterson et al., 2003
Mujeres %G = (4.95/DC) - 4.5 * 100	Jackson y Pollock, 1980
Hombres %G = (4.95/DC) - 4.5 * 100	

Abreviaturas: %G: porcentaje de grasa; IMC: índice de masa corporal; DC: densidad corporal; suma4: sumatoria de 4 pliegues (tríceps, subescapular, supraíliaco y muslo); MMOT: Masa mineral ósea total.

6. MÉTODOS

6.1. Diseño

Estudio transversal, descriptivo, que se realizó de agosto de 2012 a julio de 2013. Se reclutaron intencionalmente 177 pacientes.

6.2. Definición del universo

Fueron reclutados adultos jóvenes de 19 a 30 años de ambos sexos a través de medios de publicidad como carteles, trípticos y brindando información de manera personal en lugares indistintos.

6.3. Definición de las unidades de observación

Adultos jóvenes de ambos sexos con edades entre 19 y 30 años.

6.4. Definición de grupo control

No aplica

6.5. Criterios de inclusión

- Sujetos entre 19 a 30 años de edad.
- Hombres y mujeres sanos. Presión arterial <129/84 mmHg (NOM-030-SSA2-1999); glucosa sérica (< 99 mg/dL); colesterol (< 200 mg/dL); colesterol HDL (> 40 mg/dL); colesterol LDL (< 100 mg/dL); triglicéridos séricos (< 150 mg/dL); hemoglobina (hombres 14 a 17 mg/dL, mujeres 12 a 15 mg/dL); hematocrito (hombres 41 a 50 %, mujeres 36 a 44 %) y albúmina (35 a 50 g/L) (National Heart Lung and Blood Institute, 2012).
- IMC entre 16.7 y 34.4.

6.6. Criterios de exclusión

- Mujeres en embarazo o lactancia.
- Sujetos con diabetes, enfermedades cardiovasculares o que padecieran cualquier otra condición que pudiera causar un desequilibrio hidroelectrolítico.
- Pacientes que estuvieran en tratamiento con diuréticos u otros medicamentos (cortisona, estrógeno/progesterona, terapia hormonal, tratamiento para tiroides, tratamiento para diabetes, tratamiento para corazón, laxantes, insulina) que pudieran alterar la composición corporal.
- Sujetos a quienes se les evaluó con riesgo de desnutrición o con desordenes de imagen corporal a través de la historia clínica la cual incluyó preguntas de riesgo nutricio (Maloney, McGuire y Specker, 2003; Blackburn, Benotti, Bistran, Bothe, Maini, Schlamm y Smith, 1979).

6.7. Criterios de eliminación

Sujetos que no completaran todas las mediciones antropométricas y de composición corporal.

6.8. Selección de las fuentes, métodos, técnicas y procedimientos de recolección de la información

6.8.1. Tamaño de la muestra

El tamaño de muestra fue calculado con el software estadístico PASS 11 (Hintze, J 2011; PASS 11. NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA). Para el caso de las ecuaciones antropométricas, el pliegue tricípital es una de las variables que más aporta al modelo de predicción (0.80 a 0.90) (Arruda, Cossio-Bolaños, y Portella, 2009). Se realizó una simulación para calcular un tamaño de muestra necesario para probar si una vez que el pliegue tricípital produjera una R^2 de

0.90, la adición de tres variables (por ej, circunferencia de cintura o pliegue suprailíaco) produjeran un aumento en la R^2 al menos de 0.01. El tamaño de muestra necesario fue de 103 sujetos. Para el estudio se decidió reclutar al menos 3 sujetos de cada sexo por cada 1.0 intervalo de IMC de <18.0 hasta 34.0; esto con el fin de capturar la mayor variabilidad posible de peso corporal dentro del rango de IMC en ambos sexos. Una tercera parte de los sujetos reclutados fue empleada para el proceso de validación de la ecuación.

Tabla 2. Análisis de regresión para el cálculo de muestra

Poder	N	Alpha	Beta	Variables Independientes Probadas VIP	R^2	Variables Independientes Controladas VIC	R^2
0.80373	103	0.05000	0.19627	3	0.01	1	0.90

Definiciones

- Poder es la probabilidad de rechazar una hipótesis nula falsa.
- N es el número de observaciones sobre el cual se calcula la regresión múltiple.
- Alpha es la probabilidad de rechazar una hipótesis nula verdadera.
- Beta es la probabilidad de aceptar una hipótesis nula falsa.
- VIP se refiere al número de variables independientes en esa categoría. Son además las variables cuyos coeficientes de regresión se prueban contra cero.
- R^2 es la cantidad mínima que se añade al valor general de R^2 por las VIP.
- VIC son las variables independientes cuya influencia se retira del error experimental; en este caso el pliegue tricpital.

6.8.2. Prueba piloto

No aplica. Los procedimientos están estandarizados en el Laboratorio de Composición Corporal del CINSP de la FaSPyN.

Tabla 3. Definición de variables y unidades de medida

Variable (índice/Indicador)	Tipo	Definición operacional	Escala de medición	Unidad de medida	Calificación			Fuente (en forma genérica)
						Hombre	Mujer	
Porcentaje de grasa (%G)	Dependiente	Porcentaje de la masa corporal total que se compone de grasa.	Ordinal	%	En riesgo Exceso de grasa Moderadamente magro Magro Muy magro o delgado Riesgo	> 30% 21-30% 13-20% 9-12% 5-8% < 5%	> 40% 31-40% 23-30% 19-22% 15-18% < 15%	BOD POD y DXA
Densidad mineral ósea (DMO)	Independiente	Medida de la masa ósea en sitios de corte donde el tejido óseo está totalmente mineralizado.	Ordinal	g/cm ²	Adecuado Osteopenia Osteoporosis	Mayor 1 DE que el valor promedio de la población adulta joven. Entre-1 y - 2.5 DE que el valor promedio de la población adulta joven. <-2.5 DE que el valor promedio de la población adulta joven.		DXA
IMC Peso corporal Estatura	Independiente	Gramos de peso corporal total.	Ordinal	kg	Menor a 18.5 bajo peso 18.5 a 24.9 normal 25.0 a 29.9 sobrepeso 30.0 a 34.9 obesidad 1 35.0 a 39.9 obesidad 2 Mayor a 40 obesidad 3			Báscula digital.
		Centímetros desde los pies hasta el punto más alto de la cabeza.		cm			Estadiómetro digital.	
Circunferencia de abdomen 1 (cintura más estrecha)	Independiente	Centímetros medidos en la parte más estrecha a nivel de la última costilla.	Intervalo	cm	Mayor a 1DE del sujeto de referencia			Cinta antropométrica.
Circunferencia de abdomen 2 (ombligo)	Independiente	Centímetro medidos a nivel de la cresta ilíaca, y anteriormente al ombligo.	Intervalo	cm	Mayor a 1DE del sujeto de referencia			Cinta antropométrica.
Circunferencia de abdomen 3 (OMS)	Independiente	Centímetros medidos entre la última costilla y el borde superior de la cresta iliaca.	Intervalo	cm	Mayor a 1DE del sujeto de referencia			Cinta antropométrica.
Circunferencia de abdomen 4 (NHANES)	Independiente	Centímetros medidos a la altura de la cresta iliaca en relación a la línea media axilar, la línea horizontal no deberá estar por arriba del ombligo.	Intervalo	cm	Mayor a 1DE del sujeto de referencia			Cinta antropométrica.

Variable (índice/Indicador)	Tipo	Definición operacional	Escala de medición	Unidad de medida	Calificación	Fuente (en forma genérica)
Pliegue de tríceps	Independiente	Milímetros de espesor de piel tomados justo donde se marco el punto medio del brazo.	Intervalo	mm	Mayor a 1DE del sujeto de referencia	Plicómetro.
Pliegue supraíliaco	Independiente	Milímetros de espesor de piel tomados a la altura de la línea media axilar y perpendicular a la línea horizontal que pasa sobre el borde superior lateral de la cresta iliaca	Intervalo	mm	Mayor a 1DE del sujeto de referencia	Plicómetro.
Pliegue de pantorrilla	Independiente	Milímetros de espesor de piel tomados en la parte medial de la pantorrilla.	Intervalo	mm	Mayor a 1DE del sujeto de referencia	Plicómetro.
Sexo	Independiente	Características fenotípicas	Nominal	F 0 M 1	Femenino Masculino	Cuestionario
Edad	Independiente	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento de un individuo.	Intervalo	Años	19 a 30	Cuestionario

6.8.3. Protocolo

Para el arranque del estudio fue necesario visitar centros donde se reunieran los sujetos con las características deseadas. En una primera entrevista se abordaron a los posibles participantes para conocer su estado de salud y calcular su IMC. Al mismo tiempo, se les explicó detalladamente el protocolo de estudio. Después de que los sujetos refiriesen sentirse saludables y además con deseos de participar fueron citados en grupos de 2 a 5 por día porque es el número de pacientes que se puede evaluar en el Laboratorio de Composición Corporal por el equipo de técnicos. Posteriormente, se presentaron en el Laboratorio de Composición Corporal del Centro de Investigación en Nutrición y Salud Pública (CINSP) entre las 7:00 y 8:00 horas y se les pidió firmar el consentimiento informado.

Las mediciones antropométricas, de composición corporal y clínicas se realizaron en los laboratorios de Composición Corporal y Gasto Energético del CINSP de la Facultad de Salud Pública y Nutrición. A los pacientes se les indicó que era necesario traer ropa ajustada ligera (short de lycra y top en el caso de mujeres) y acudir con un ayuno de 12 horas.

Con el objetivo de aplicar los criterios de inclusión y exclusión y obtener un perfil adecuado de salud, los sujetos completaron una historia clínica con preguntas de evaluación de riesgo nutricional. La historia clínica se basó en varios cuestionarios de riesgo nutricional como el índice de riesgo nutricional y el cuestionario breve de evaluación nutricional (Ferguson, Capra, Bauer y Banks, 1999). Posteriormente, para evitar un sesgo sistemático en las mediciones antropométricas y de composición corporal, los sujetos fueron asignados aleatoriamente para iniciar con las diferentes mediciones. Las medidas antropométricas se realizaron en un cubículo específico; en seguida, se les extrajo por venopunción 4mL de sangre que fue centrifugada y almacenada en viales criogénicos a -20°C hasta su análisis. Después, los pacientes pasaron a

la evaluación de densitometría dual de rayos X por DXA y de densidad corporal con el BOD POD. Al término de las mediciones a los voluntarios se les ofreció un refrigerio ligero de cortesía por su participación en el estudio.

6.8.3.1. Antropometría

Todas las mediciones antropométricas se realizaron por una persona estandarizada con las técnicas descritas en el Manual de Referencia para la Estandarización Antropométrica (Lohman, Roche y Martorell, 1988). Además, se tomaron en cuenta técnicas específicas de otros manuales para las mediciones que a continuación se mencionan; del manual de NHANES (2007) se tomó la recomendación para la medición del pliegue suprailíaco, para la medición del pliegue supraespinal se tomaron las recomendaciones de Heath y Carter (Carter, 1982). Las técnicas de medición se ilustran en las Figuras de la 1 a la 9 y se detallan en el Anexo E.

La estatura, el peso y los perímetros corporales se midieron por duplicado y se tomó el promedio de las mediciones como el valor final a considerar. Las mediciones fueron realizadas del lado derecho del cuerpo. El error técnico de la medición (ETM) intraobservador se consideró dentro de los límites reportados por el Manual de Referencia para la Estandarización Antropométrica.

El peso corporal se midió con una báscula digital (0 - 200 kg \pm 0.01 kg, SECA 874, Hamburgo, Alemania). La estatura se midió con un estadiómetro (20 - 205 cm \pm 5 mm; SECA 274). Los pliegues cutáneos se midieron con un plicómetro Holtain (Holtain T/W Skinfold Caliper; 0-50 mm \pm 0.2 mm, Holtain Ltd. Dyfed, Reino Unido). Los perímetros o circunferencias corporales se midieron con una cinta métrica metálica (0 - 200 cm \pm 1 mm, Rosscraft, BC, Canadá).

Mediciones antropométricas



Figura 1. Estatura



Figura 2. Peso

Pliegues (panículos adiposos)



Figura 3. Tríceps



Figura 4. Suprailíaco



Figura 5. Pantorrilla

Circunferencias



Figura 6. Ombbligo

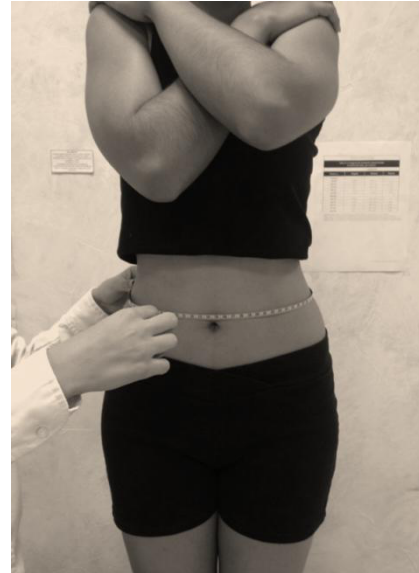


Figura 7. OMS



Figura 8. NHANES



Figura 9. Estrecha

6.8.3.2. Contenido mineral óseo por absorciometría dual de rayos X, DXA

El contenido mineral óseo fue medido con un equipo de Absorciometría Dual de Rayos X (GE Lunar Prodigy Advance DXA Modelo 301264; Software enCore ver. 11.30.062). El equipo fue calibrado diariamente antes de las mediciones utilizando un “bloque de calibración estándar” proporcionado por el fabricante. El equipo permitió evaluar la densidad mineral ósea total (DMO) utilizando el protocolo de medición de cuerpo completo. Los participantes se colocaron en posición supina sobre la mesa de exploración de la DXA. La medición de cada sujeto se realizó con el mínimo de ropa (camiseta y short ó bata de tela trilaminada SMS desechable) y sin portar accesorios de metal (aretes, anillos, medallas, etc.). El tiempo de medición en el escáner fue de aproximadamente 7 minutos. Es importante mencionar que la radiación que una persona recibe en el día por el sol y los equipos electrónicos es mucho mayor a la que se recibe por este equipo en una medición ($<1 \mu\text{Sv}$).

Sistema de absorciometría dual de rayos X (DXA)

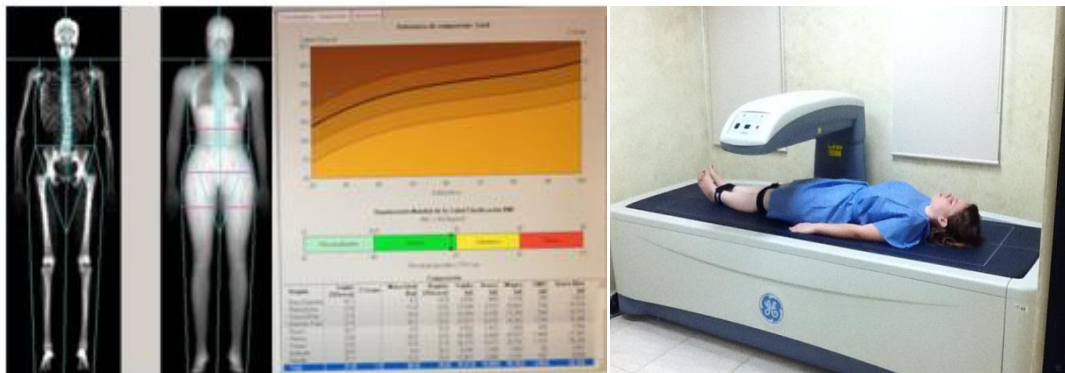


Figura 10. Hoja de Resultados DXA



Figura 11. Equipo DXA

6.8.3.3. Volumen corporal por pletismografía por desplazamiento de aire, BOD POD.

La densidad corporal se midió con el equipo BOD POD (Body Composition System, Life Measurement Instruments, Concord, CA). Se realizó la calibración del equipo con la cámara vacía y empleando un cilindro de 49.750 L. El sistema tiene un software que calcula una ecuación de regresión entre el volumen de la cámara posterior y las amplitudes de presión. La regresión debe ser lineal y la variación del volumen del cilindro no debe ser mayor o menor que 0.20 L. El protocolo de medición en el BOD POD inició cuando los pacientes se vistieron con un traje de baño ajustado y gorra de natación. Esto se justifica porque la ropa y el cabello tienden a mantener una temperatura y humedad diferente al resto del cuerpo, lo que repercute en cambios en la amplitud de la presión, que de no corregirse, podrían generar valores erróneos de densidad corporal.

A continuación, a los sujetos se les midió el peso corporal en una báscula incorporada al sistema. Posteriormente, los pacientes entraron a la cámara de fibra de vidrio y se sentaron. Después, la cámara del BOD POD se cerró y cada sujeto dentro respiró normalmente durante 20 segundos mientras la medición de volumen corporal se realizaba.



Figura 12. Sistema de pletismografía por desplazamiento de aire BOD POD

A continuación, se les pidió utilizar una pinza de natación para la nariz, y después sostener y colocar un tubo de plástico en su boca. Con el tubo conectado al sistema interno el paciente soplo aire dentro del mismo para medir el gas torácico, que se usó para corregir el volumen corporal total. Las mediciones se realizaron por duplicado y se tomó el valor promedio para el análisis de los resultados.

6.8.3.4. Porcentaje de grasa obtenido a través del modelo de tres compartimentos (M3C)

El modelo de tres compartimentos de Lohman se empleó como método de referencia. Lohman (1986) propuso la combinación de la densidad corporal (BOD POD) con la medición del contenido mineral óseo (DXA) para calcular la masa grasa corporal y desarrollar un M3C que controla biológicamente la variabilidad en la masa mineral total del cuerpo. Este modelo supone una constante relación entre la proteína y el agua corporal total de 0.26.

Ecuación 1: Masa grasa % = $6.386 / DC - (3.96 \times M) - 6.090$ (Lohman, 1986)

El software de la DXA estimó las cenizas óseas (CO) en cada región explorada del cuerpo y las sumó para proporcionar el valor total. Las cenizas óseas totales reportadas por el equipo se utilizaron para estimar el CMO de la siguiente forma (Withers et al., 1999):

$$CMO = CO \times (1.279)$$

El CMO finalmente fue incorporado a la ecuación del M3C para obtener el porcentaje de grasa total.

6.8.3.5. Análisis bioquímicos

La obtención de una muestra de sangre (4mL) la realizó una persona capacitada (Lic. Enfermería). Para cada sujeto, se emplearon 2 tubos amarillos (con gel separador y activador de coagulación) y 1 violeta (con EDTA como anticoagulante). Se utilizó también un holder (holder amarillo convencional vacutainer) y agujas de venopunción (Vacutainer negra 22 x 38 mm, BD®). Para su análisis, las muestras fueron centrifugadas a 3000 rpm a 24°C durante 10 minutos para separar el suero que fue conservado en viales criogénicos de 3 mL (Corning®). Los tubos se guardaron en un congelador a -20°C hasta su análisis. Las mediciones en suero fueron glucosa (glucosa oxidasa/peroxidasa);

triglicéridos (glicerol fosfato oxidasa/peroxidasa); colesterol total (colesterol oxidasa/peroxidasa); colesterol HDL (directo); colesterol LDL (directo) y albúmina (verde de bromocrestol) en el analizador A25 (BioSystems® S. A., Barcelona, España) con los kits comerciales BioSystems®. La hemoglobina se midió con el equipo hemocue (HemoCue, Inc. 40 Empire Drive, Lake Forest, CA 92630, USA) y el conteo de hematocrito fue realizado en una micro-centrifuga (AutocritUltra 3).

6.8.4. Plan de análisis estadístico

6.8.4.1. Procesamiento de los datos

El análisis estadístico se realizó con el software NCSS 8 (Hintze, NCSS 8. NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA) y MedCalc® versión 12.3.0.0 (MedCalc Software vBva 1993-2012). Se empleó estadística descriptiva para todas las variables y los datos fueron reportados como media y desviación estándar.

6.8.4.2. Detección de valores fuera de rango (outliers)

Como parte del control de calidad de los datos, se realizó la detección de outliers (detección de valores atípicos dentro de la muestra) utilizando el método Tukey para comprobar la existencia de valores extremos a cada lado de la muestra (Tukey, 1977). Un valor extremo es un valor que puede causar datos falsos o alteraciones en los resultados. También se aplicó una transformación logarítmica y nuevamente se busco por outliers ya que en algunas ocasiones para que los valores sigan una distribución aproximadamente normal los datos deben ser transformados logarítmicamente. Con los resultados obtenidos se revisó si los valores encontrados se debían a algún error de captura o si resultaban implausibles biológicamente.

6.8.4.3. Verificación de los supuestos de la regresión para cada variable independiente (VI) vs. la variable dependiente (VD).

Todas las variables independientes fueron evaluadas con el uso de la regresión simple para verificar su asociación significativa con la variable dependiente, la homogeneidad de la varianza de los residuales y su normalidad.

6.8.4.3.1. Linealidad¹

La prueba de linealidad entre la variable independiente y la variable dependiente se utiliza para detectar una desviación del ajuste lineal mediante una gráfica de regresión y la prueba de F ($p < 0.05$). Se expresa como la desviación máxima de cualquier punto de calibración a una línea recta determinada. Se puede identificar la linealidad si la pendiente no es significativamente diferente de uno y el intercepto no es significativamente diferente de cero. Es decir, que la línea de regresión no difiere de la línea de identidad.

6.8.4.3.2. Homogeneidad de la varianza²

La homogeneidad de la varianza de la variable dependiente vs. la variable independiente fue probada mediante una gráfica de residuales. Se observó que la distribución de los residuales fuera normal y sin tendencia, con un patrón aleatorio y una distribución rectangular o uniforme de los puntos. Por otro lado una gráfica con tendencia positiva (incremento) o negativa (decremento) de los residuales indica una varianza no constante y una necesidad importante de redefinir el modelo. La prueba de Levene se empleó para verificar la homogeneidad de la varianza ($p > 0.05$).

¹ Es la relación lineal (línea recta) entre Y y X.

² **Homogeneidad de la varianza:** supone una varianza constante de la variable de respuesta para todos los valores de cada variable de factor pronóstico.

6.8.4.3.3. Normalidad³

La normalidad de los residuales se probó mediante las pruebas de Shapiro y Wilk⁴ (1965) y de D'Agostino Omnibus⁵ (1990) ($p > 0.05$). Se observó también mediante una gráfica de probabilidad si los residuales estaban distribuidos de forma normal (puntos de cada dato que caen en la gráfica a lo largo de una línea recta). Los datos sesgados en cada extremo de la gráfica indican valores atípicos. La curvatura en ambos extremos de la gráfica indica una larga o corta distribución. Si la curvatura es convexa o cóncava indica una falta de simetría. Curvaturas en forma de lagunas, mesetas o segmentación indican aglomeración⁶ y podrían requerir un examen más detenido de los datos o incluso del modelo.

También se observó un histograma para verificar la normalidad de la distribución de los residuales. Si la mayoría de los datos se encuentran en los intervalos intermedios, es indicativo de que la variación de los residuales con respecto al promedio se encuentra bajo control. Si el histograma muestra una distribución hacia la izquierda, ello es sinónimo de decrecimiento de los datos. Si el histograma muestra elevaciones en los datos en ambos extremos, ello es indicación de que hay serias inconsistencias en los datos.

³ **Normalidad:** distribución (gaussiana) de probabilidad simétrica, en forma de campana, con media (μ) y desviación estándar (σ). Si las observaciones siguen una distribución normal, el intervalo ($\mu \pm 2\sigma$) incluye 95% de confiabilidad.

⁴ **Prueba de Shapiro y Wilk:** consiste en la relación de dos estimaciones de la varianza de una distribución normal sobre la base de una muestra aleatoria de N observaciones. El numerador es proporcional al cuadrado del mejor estimador lineal de la desviación estándar. El denominador es la suma de los cuadrados de las observaciones sobre la media de la muestra. W puede escribirse como el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson entre las observaciones ordenadas y un conjunto de pesos que se utilizan para calcular el numerador.

⁵ **Prueba de D' Agostino Omnibus:** combina las pruebas de asimetría y curtosis. La estadística, K^2 , se distribuye aproximadamente como una chi-cuadrada con dos grados de libertad. En ambas pruebas el valor de P al ser estadísticamente no significativo ($p > 0.05$) indicará normalidad.

⁶ **Cluster o aglomeración:** es la denominación de un grupo de técnicas multivariantes cuyo principal propósito es agrupar objetos basándose en las características que poseen.

6.8.4.4. Obtención de los grupos para el desarrollo de la ecuación y para la validación

El grupo total fue dividido aleatoriamente en dos partes. El primer grupo, (2/3 de la población) se utilizó para desarrollar la ecuación (grupo_{ecu} = 118). El segundo grupo, (1/3 de la población) se empleó para probar la validez de la ecuación (grupo_{val} = 59). En ecuaciones de regresión hasta un 25% de la población reclutada puede ser utilizada como muestra de validación, (Kleinbaum, Kupper, Muller y Nizam, 1998).

6.8.4.5. Comparación del grupo ecuación y validación

Las diferencias en las características como peso, talla, edad, entre otras del grupo_{ecu} y del grupo_{val} fueron evaluadas con una prueba de t para muestras independientes. Con esto se comprobó que los dos grupos tuvieron características similares.

6.8.4.6. Selección de los mejores modelos o ecuaciones

En el grupo_{ecu} se empleó el método de regresión escalonada (stepwise) para elegir el mejor modelo de predicción o ecuación. La regresión escalonada es una modificación del método de selección hacia delante, de manera que después de cada paso en el que se añade una variable, todas las variables candidatas en el modelo se comprueban para ver si su significancia se ha reducido por debajo del nivel de tolerancia especificado. Si se encuentra una variable no significativa, se elimina del modelo. Se emplearon la raíz cuadrada (R^2) y error estándar del estimador (EEE) como criterios para seleccionar los mejores modelos. El porcentaje de grasa (%G) fue la variable dependiente. Las variables independientes predictoras fueron el sexo (hombre = 1, mujer = 0); el peso corporal; los pliegues cutáneos de pantorrilla, tríceps y suprailíaco; la suma de los tres panículos adiposos (pantorrilla, tríceps y suprailíaco) y la circunferencia de cintura medida a la altura del ombligo.

Para la obtención de los nuevos modelos, las variables seleccionadas fueron sometidas a un análisis de regresión múltiple por el método de mínimos cuadrados⁷.

6.8.4.7. Diagnóstico del modelo de regresión de la ecuación

6.8.4.7.1. Colinealidad⁸

La correlación entre las variables independientes fue evaluada con el diagnóstico de la regresión para descartar la presencia de colinealidad (correlación entre variables independientes) utilizando los siguientes parámetros: un número de acondicionamiento⁹ < 30 y un factor de inflación de la varianza¹⁰ ($VIF < 10$).

6.8.4.7.2. Homogeneidad de la varianza de los residuales y normalidad de los residuales del modelo final

Se probó la homogeneidad de la varianza de la variable dependiente en el modelo final. Mediante la distribución de los residuales. Se analizó por la presencia de una nube de puntos o una banda horizontal. Un patrón de cuña (triángulo) o moño es un indicador de la varianza no constante, la violación de un supuesto de la regresión. La banda inclinada o curvada significa especificación inadecuada del modelo. La banda inclinada con el aumento o la disminución de la variabilidad sugiere varianza no constante y la especificación

⁷ **Método de mínimos cuadrados:** Que consiste en someter el sistema a diferentes condiciones, fijando para ello distintos valores de la variable independiente x y anotando en cada caso el correspondiente valor medido para la variable dependiente y . De este modo se dispone de una serie de puntos $(x_1, y_1), (x_n, y_n)$ que, representados gráficamente, deberían caer sobre una línea recta.

⁸ **Colinealidad:** Es la existencia de relaciones lineales cercanas entre el conjunto de variables independientes. La presencia de colinealidad provoca todo tipo de problemas con el análisis de regresión: puede crear estimaciones inexactas de los coeficientes de regresión, sobreestimar los errores estándar de los coeficientes de regresión, subestimar la prueba de t parcial de los coeficientes de regresión, dar falsos valores de p y degradar la previsibilidad del modelo.

⁹ **Número de acondicionamiento:** es valor propio más grande dividido entre cada valor propio correspondiente.

¹⁰ **Factor de inflación de la varianza:** es una medida de multicolinealidad. Es el recíproco de $1 - R^2_x$, donde R^2_x es obtenida cuando la variable retrocede del resto de las variables independientes.

inadecuada del modelo. También se probó la normalidad de los residuales mediante una gráfica de probabilidad de los residuales y un histograma para verificar la normalidad de los residuales. Además, la normalidad de los residuales se comprobó mediante la prueba de Shapiro y Wilks ($p > 0.05$) y de D'Agostino Omnibus ($p > 0.05$).

6.8.4.8. Validación de la ecuación

6.8.4.8.1. Exactitud grupal de la ecuación

La exactitud de las estimaciones en el porcentaje de grasa corporal de las nuevas ecuaciones respecto al porcentaje de grasa obtenido por el modelo de 3C fue probado en el grupo de validación con una prueba de t pareada.

6.8.4.8.2. Evaluación de la exactitud grupal (sesgo¹¹) y precisión individual (límites de concordancia)

El sesgo y la precisión de las cuatro ecuaciones fueron evaluadas con el método de Bland y Altman, 1986. Se trata de un método gráfico donde se observa la distribución de la media de las diferencias contra el promedio de las mediciones de ambos métodos. Permite comparar si dos métodos son equivalentes.

Una línea horizontal representa la media de las diferencias y los límites de concordancia, que se definen como la diferencia media ± 1.96 veces la desviación estándar de las diferencias. No debe haber relación entre las diferencias y el promedio ($p > 0.005$). Si las diferencias dentro de la media ± 1.96 DE no son clínicamente importante, los dos métodos se pueden usar indistintamente. El análisis de regresión entre el promedio de las diferencias

¹¹ Sesgo: valores que se desvían considerablemente de la mayoría de las mediciones; diferencia entre el valor real de un parámetro y el valor esperado.

contra el promedio de los dos métodos permite establecer si el sesgo entre las dos mediciones es homogéneo (regresión mayor de 0.05).

6.8.4.8.3. Validación cruzada

Se realizó la validación cruzada de la ecuación en una segunda muestra (grupo validación). La ecuación de predicción generada en el grupo ecuación se aplicó para generar los valores de estimación del porcentaje de grasa en el grupo validación. Así mismo, en el grupo ecuación se aplicó la misma ecuación para generar valores de estimación del porcentaje de grasa. A continuación, en cada grupo se generó un análisis de regresión lineal con los valores del porcentaje de grasa predecidos por la ecuación y los medidos por el método de referencia (M3C). El valor de R^2 de la regresión lineal obtenida en el grupo ecuación (R^2_{ecu}) y el valor de R^2 obtenido en el grupo validación (R^2_{val}) se compararon para obtener la validación que se determina restando el valor de R^2_{ecu} menos R^2_{val} . El valor se conoce como retracción de la validación cruzada. Kleinbaum et al. (1998) establece que valores de retracción menores a 0.10 indican un modelo validado.

6.8.5. Aspectos éticos de la investigación

Los procedimientos a seguir estuvieron de acuerdo con las normas éticas para proyectos de investigación en seres humanos que respetan la declaración de Helsinki de 1975. El presente estudio fue sometido para su aprobación por el Comité de la Maestría en Ciencias en Nutrición y el Comité de Investigación de la Facultad de Salud Pública y Nutrición. A cada uno de los participantes se les explicó de forma sintetizada y clara en qué consistió el estudio y firmaron un consentimiento informado (basado en el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud) aprobando participar en el estudio.

6.8.6. Organización de la investigación

Tabla 4. Cronograma de actividades

Actividad	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Presentación del Proyecto de Tesis																		
Revisión del Proyecto																		
Trabajo de campo																		
Captura de datos																		
Interpretación y Discusión de Resultados																		
Difusión																		
Escritura de Tesis																		
Defensa de Tesis																		
Escritura del artículo																		
Envío del artículo																		

7. RESULTADOS

7.1. Detección de outliers

La prueba de detección de outliers (valores extremos) se realizó para cada una de las variables independientes utilizando el método de Tukey y la transformación logarítmica. Los valores encontrados se revisaron y se tomó la decisión de excluir de la muestra a un paciente con IMC 36.5 kg/m² porque no cumplía con los criterios de inclusión de acuerdo al valor de IMC considerado (16.7 a 34.4) (Tabla 5).

Tabla 5. Detección de valores fuera de rango (outliers)

Variable	Método		
	Tukey	Tukey log *Valor Fuera	Tukey log **Valor Lejano
Edad, años	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Estatura, cm	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Peso, kg	106.5; 107.9; 109.1; 109.4; 109.6; 114.1	Ninguno	Ninguno
IMC, kg/m ²	36.5	Ninguno	Ninguno
Cintura más estrecha, cm	116.7; 109.5; 110.9	Ninguno	Ninguno
Cintura umbilical, cm	113.6; 116.1	Ninguno	Ninguno
Cintura OMS, cm	110.1; 112.3; 115.0	Ninguno	Ninguno
Cintura NHANES, cm	112.5; 113.7; 114.8; 115.1; 115.5; 116.8	116.8	Ninguno
Pliegue de pantorrilla, mm	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Pliegue tricípital, mm	38.4	7.1; 7.3; 7.5; 7.5	Ninguno
Pliegue suprailíaco, mm	Ninguno	5.9	Ninguno
Σ de pliegues, mm	Ninguno	19.7	Ninguno
Masa Grasa 3C, %	Ninguno	5.6; 8.2; 8.6; 8.8; 9.5;	4.0

Abreviaturas: IMC: índice de masa corporal; Σ de pliegues: sumatoria de pliegues (tricípital, pantorrilla y suprailíaco); Porcentaje de Grasa 3C: porcentaje de grasa por el M3C.

* Valor fuera: valor que es menor que el cuartil inferior -1.5 veces el rango intercuartil, o más grande +1.5 veces el rango intercuartil cuartil superior (las "cercas interiores").

**Valor lejano: valor que es menor que el cuartil inferior -3 veces el rango intercuartil, o más grande +3 veces el rango intercuartil cuartil superior (las "cercas exteriores").

7.2. Características de la población

Las características físicas y de composición corporal de los sujetos incluidos en el estudio después de la revisión de los valores extremos se muestran en la Tabla 6. Los participantes se encontraron en un rango de IMC de 16.7 – 34.4 kg/m² (delgadez a obesidad).

Tabla 6. Características físicas y de composición corporal de los sujetos de estudio

	Femenino	Masculino	Ambos
	n = 106	n = 71	n = 177
Edad, años	22.8 ± 2.6 (19.0 – 29.3)	24.2 ± 2.8 (19.4 – 30.3)	23.4 ± 2.8 (19.0 – 30.3)
Estatura, cm	161.3 ± 5.4 (151.3 – 173.0)	174.3 ± 7.1 (158.8 – 189.2)	166.5 ± 8.8 (151.3 – 189.2)
Peso, kg	57.8 ± 8.1 (41.0 – 81.5)	79.4 ± 14.3 (49.6 – 114.1)	66.4 ± 15.3 (41.0 – 114.1)
IMC, kg/m ²	22.2 ± 3.2 (16.7 – 32.1)	26.0 ± 3.7 (18.9 – 34.4)	23.8 ± 3.9 (16.7 – 34.4)
Cintura más estrecha, cm	72.6 ± 7.0 (57.8 – 92.3)	87.3 ± 10.1 (69.9 – 110.9)	78.5 ± 11.1 (57.8 – 110.9)
Cintura umbilical, cm	80.0 ± 8.6 (64.2 – 106.2)	91.0 ± 11.4 (71.5 – 116.1)	84.4 ± 11.2 (64.2 – 116.1)
Cintura OMS, cm	76.5 ± 8.0 (62.2 – 98.7)	89.3 ± 10.9 (71.9 – 115.0)	81.6 ± 11.2 (62.2 – 115.0)
Cintura NHANES, cm	82.8 ± 7.8 (68.9 – 104.3)	92.1 ± 11.2 (74.9 – 116.8)	86.5 ± 10.4 (68.9 – 116.8)
Pliegue de pantorrilla, mm	20.6 ± 6.7 (9.1 – 33.7)	16.2 ± 7.8 (5.7 – 37.7)	18.8 ± 7.5 (5.7 – 37.7)
Pliegue tricipital, mm	21.4 ± 6.0 (9.7 – 38.4)	17.0 ± 7.3 (7.1 – 34.8)	19.7 ± 6.9 (7.1 – 38.4)
Pliegue suprailíaco, mm	23.5 ± 7.5 (7.5 – 36.5)	22.3 ± 9.3 (5.9 – 39.8)	23.0 ± 8.2 (5.9 – 39.8)
∑ de pliegues, mm	65.5 ± 18.4 (30.3 – 105.0)	55.6 ± 22.6 (19.7 – 107.9)	61.5 ± 20.7 (19.7 – 107.9)
Porcentaje de Grasa 3C, %	29.4 ± 8.3 (5.6 – 53.1)	23.0 ± 9.4 (4.0 – 38.8)	26.8 ± 9.3 (4.0 – 53.1)

Abreviaturas: IMC: índice de masa corporal; ∑ de pliegues: sumatoria de pliegues (tricipital, pantorrilla y suprailíaco); Porcentaje de Grasa 3C: porcentaje de grasa por el modelo de 3 compartimentos.

Los resultados están expresados como media ± DE, el valor mínimo y máximo se indica entre paréntesis.

7.3. Selección de la circunferencia de cintura como predictor del porcentaje de grasa

Se midió la cintura en cuatro sitios diferentes¹² para observar la que mejor se relacionara con el porcentaje de grasa. Los resultados de la regresión lineal de las diferentes circunferencias de cintura se encuentran en la Tabla 7. La cintura “NHANES” fue la que mostró el coeficiente de determinación más alto ($R^2=0.26$) y el error estándar del estimador más bajo (EEE=8.00). Se decidió elegir la cintura umbilical ($R^2=0.24$ y EEE=8.14) como variable predictora por la practicidad de la toma de medición.

Tabla 7. Matriz de regresión lineal de las cuatro cinturas vs. modelo de 3C

Variable	R^2	EEE	P*
Cintura más estrecha, cm	0.11	8.82	0.25
Cintura umbilical, cm	0.24	8.14	0.12
Cintura OMS, cm	0.17	8.47	0.75
Cintura NHANES, cm	0.26	8.00	0.01

Abreviaturas: EEE, error estándar del estimador; P*, diferencias analizadas con una regresión lineal.

¹² Revisar sección de métodos, apartado de antropometría, página 29, para ver la imagen de cada medición de cintura y el Anexo E para la descripción del sitio.

7.4. Verificación de los supuestos de la regresión para cada variable independiente

La comprobación de los supuestos de la regresión de cada variable independiente con la variable dependiente se muestra en el Anexo A (Tablas de la 8 a 8.29; Figuras 13 a 13.40). En el anexo también se presentan pruebas numéricas de algunas de las suposiciones cuando se emplea regresión lineal. Los resultados de estas pruebas deben ser comparados con una gráfica adecuada para determinar si el supuesto es válido o no¹³. En cuanto a la linealidad es importante tomar en cuenta el valor de la prueba de F en el análisis de varianza. Todas las variables independientes analizadas cumplieron con los supuestos establecidos para la regresión lineal.

7.5. Diseño de la ecuación de regresión

Después de la aleatorización y formación de los grupos ecuación y validación para el desarrollo de la formula, se compararon las características físicas y de composición corporal de ambos grupos para verificar que los valores promedio de las variables independientes fueran estadísticamente similares (Tabla 9). Ninguna de las variables resultó diferente entre ambos grupos.

¹³ Una respuesta afirmativa en la prueba de normalidad de la distribución de los residuales significa que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis. Esta falta de rechazo puede deberse a que el tamaño de la muestra es demasiado pequeña o que los supuestos de la prueba no se cumplen. Esto no significa necesariamente que los datos cumplen la suposición. Asimismo, una respuesta negativa puede ocurrir debido a que el tamaño de la muestra es muy grande. Casi siempre es posible fallar o no aprobar un supuesto de la regresión si el tamaño de la muestra es muy grande. Siempre es preferible utilizar las gráficas para verificar los supuestos. Aunque la prueba de normalidad de los residuales no se cumpla, la homogeneidad de la varianza es el criterio más importante, aunque requiere también de una confirmación visual mediante una gráfica.

Tabla 9. Comparación de las características de los grupos ecuación y validación

Variable	Grupo Ecuación n= 118	Grupo Validación n= 59	Valor de P
Edad, años	23.4 ± 2.9	23.3 ± 2.7	0.68
Estatura, cm	167.0 ± 9.1	165.4 ± 8.2	0.25
Peso, kg	67.4 ± 14.7	64.5 ± 16.4	0.23
IMC, kg/m ²	24.0 ± 3.7	23.3 ± 4.1	0.30
Cintura umbilical, cm	84.9 ± 10.6	83.4 ± 12.3	0.39
Pliegue de pantorrilla, mm	18.1 ± 7.3	20.2 ± 7.7	0.07
Pliegue tricipital, mm	19.3 ± 7.1	20.4 ± 6.4	0.31
Pliegue suprailíaco, mm	22.7 ± 8.2	23.7 ± 8.2	0.42
∑ de pliegues, mm	60.1 ± 20.8	64.4 ± 20.4	0.19
Porcentaje de Grasa 3C, %	26.3 ± 9.1	27.9 ± 9.6	0.29

Abreviaturas: IMC: índice de masa corporal; ∑ de pliegues: sumatoria de pliegues (tricipital, pantorrilla y suprailíaco); Porcentaje de Grasa 3C: porcentaje de grasa por el modelo de 3 compartimentos. Los resultados están expresados como media ± DE; Valor de P: diferencia estadísticamente significativa <0.05.

7.6. Obtención de los modelos de regresión

Con la finalidad de poder utilizarlas en distintas condiciones de trabajo, se desarrollaron varias ecuaciones realizando combinaciones de las variables seleccionadas mediante el método de regresión escalonada (stepwise). El primer modelo incluyó peso y sexo; el segundo modelo incluyó peso, sexo y pliegue tricipital; el tercer modelo incluyó peso, sexo, pliegue tricipital y cintura; el cuarto modelo incluyó peso, sexo, cintura umbilical y la ∑ de pliegues (Tablas 10 a 13). Los modelos fueron sometidos al análisis de regresión múltiple para probar nuevamente la significancia estadística de cada variable dentro del modelo. Todas las variables aportaron a los modelos significativamente ($p < 0.007$).

Tabla 10. Regresión múltiple para el desarrollo del modelo 1; Peso + Sexo

Variable	Coefficiente de regresión	Valor de P	Decisión
Peso, kg	0.48	<0.001	Si
Sexo: F= 0; M= 1	-17.77	<0.001	Si

Abreviaturas: Si: significa que la variable se encuentra dentro del modelo.

Tabla 11. Regresión múltiple para el desarrollo del modelo 2; Peso + Sexo + Pliegue tricipital

Variable	Coefficiente de regresión	Valor de P	Decisión
Peso, kg	0.23	<0.001	Si
Sexo: F= 0; M= 1	-9.25	<0.001	Si
Pliegue tricipital, mm	0.66	<0.001	Si

Abreviaturas: Si: significa que la variable se encuentra dentro del modelo.

Tabla 12. Regresión múltiple para el desarrollo del modelo 3; Peso + Sexo + Pliegue tricipital + cintura umbilical

Variable	Coefficiente de regresión	Valor de P	Decisión
Peso, kg	-0.24	0.007	Si
Sexo: F= 0; M= 1	-7.52	<0.001	Si
Pliegue tricipital, mm	0.44	<0.001	Si
Cintura umbilical, cm	0.70	<0.001	Si

Abreviaturas: Si: significa que la variable se encuentra dentro del modelo.

Tabla 13. Regresión múltiple para el desarrollo del modelo 4; Peso + Sexo + Σ de pliegues + cintura umbilical

Variable	Coefficiente de regresión	Valor de P	Decisión
Peso, kg	-0.238	0.004	Si
Sexo: F= 0; M= 1	-6.682	<0.001	Si
Σ de pliegues, mm	0.186	<0.001	Si
Cintura umbilical, cm	0.615	<0.001	Si

Abreviaturas: Σ de pliegues: sumatoria de pliegues (tricipital, pantorrilla y suprailíaco); Si: significa que la variable se encuentra dentro del modelo.

7.7. Ecuaciones finales

Los modelos tres y cuatro tuvieron los valores de R^2 más altos y el EEE más bajo. Las ecuaciones finales se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Ecuaciones propuestas para estimar el porcentaje de grasa en adultos jóvenes de 19 a 30 años de edad

Modelos	R^2	EEE
Ecuación 1 2.296 + 0.477 x Peso - 17.770 x Sexo	0.49	6.59
Ecuación 2 2.464 + 0.227 x Peso + 0.661 x PT - 9.254 x Sexo	0.64	5.57
Ecuación 3 -21.857 + 0.696 x Cintura umbilical - 0.236 x Peso + 0.435 x PT - 7.524 x Sexo	0.74	4.71
Ecuación 4 -17.998 + 0.615 x Cintura umbilical - 0.238 x Peso - 6.682 x Sexo + 0.186 x ΣP	0.76	4.51

Abreviaturas: EEE: error estándar del estimador; Sexo: F= 0; M= 1; Peso: kg; PT: pliegue tricipital. mm; cintura umbilical, cm; ΣP : sumatoria de pliegues (tricipital, pantorrilla y suprailíaco, mm).

7.8. Diagnóstico de las ecuaciones finales

El diagnóstico de las ecuaciones finales se muestra en la Tabla 16. Se consideró la presencia de colinealidad mediante el factor de inflación de la varianza ($FIV = <10$) y el número de acondicionamiento ($NA = <100$). Ningún modelo presentó colinealidad (Tabla15).

Tabla 15. Evaluación de colinealidad entre variables independientes

Modelos	FIV	NA
Ecuación 1		
Peso + Sexo	1.97	5.71
Ecuación 2		
Peso + Sexo+ PT	3.43	11.77
Ecuación 3		
Peso + Sexo + PT + Cintura umbilical	8.29	33.05
Ecuación 4		
Peso + Sexo + Cintura umbilical + ΣP	8.29	33.94

Abreviaturas: FIV: Factor de inflación de la varianza; NA: número de acondicionamiento; Sexo: F= 0; M= 1; Peso: kg; PT: pliegue tricípital. mm; cintura umbilical, cm; ΣP : sumatoria de tres pliegues (tricípital, pantorrilla y suprailíaco, mm).

7.9. Comprobación de los supuestos de la regresión de las ecuaciones finales

Además de la colinealidad, se comprobaron los supuestos de la regresión de las cuatro ecuaciones finales. La varianza del estimador fue constante para todos los valores de las variables independientes y se confirmó la distribución normal de los residuales (Figuras 14 a 14.11) (Tablas 16 a 16.7) en el Anexo B.

7.10. Validación de las ecuaciones finales

La exactitud grupal de la estimación del porcentaje de grasa por las ecuaciones respecto a las obtenidas por el modelo de 3 compartimentos se comparó mediante una t simple. No se observaron diferencias significativas entre los resultados obtenidos del porcentaje de grasa por las ecuaciones propuestas y el método de referencia (Modelo de 3C; Tabla 17).

Tabla 17. Exactitud grupal de las ecuaciones

Modelos	Porcentaje de grasa Grupo validación	Porcentaje de grasa Modelo de 3C	Valor de P
Peso + Sexo	27.9 ± 6.3		0.948
Peso +Sexo + PT	27.9 ± 6.7	27.9 ± 9.6	0.948
Peso +Sexo + PT + Cintura umbilical	27.7 ± 7.4		0.715
Peso +Sexo + Cintura umbilical + Σ P	28.0 ± 7.6		0.878

Abreviaturas: FIV: Factor de inflación de la varianza; NA: número de acondicionamiento; Sexo: F= 0; M= 1; Peso: kg; PT: pliegue tricípital. mm; cintura umbilical, cm; Σ P: sumatoria de pliegues (tricípital, pantorrilla y suprailíaco, mm).

Los límites de concordancia indican la variación de las diferencias entre los valores medidos (M3C) y los predecidos (ecuaciones) en el porcentaje de grasa en el 95% de los casos. La exactitud grupal y la precisión individual fueron obtenidas a través del método de Bland y Altman. El valor de la exactitud grupal (sesgo) por todos los modelos propuestos en este estudio se encontró entre -0.2% y 0.1%; los límites de concordancia mayores se observaron en el modelo 1 (-14.6 a 14.7) y los menores en el modelo 4 (-8.8 a 9.0) (-14.6 a 14.7) (Tabla 18).

Tabla 18. Evaluación de la exactitud grupal y la precisión individual de las ecuaciones

Ecuación	Promedio de las diferencias (sesgo)	IC al 95% del sesgo*	Desviación estándar£	Límites de concordancia¥
Modelo 1 ^{Peso + Sexo}	0.1	-1.8816 a 2.0090	7.4646	-14.6 a 14.7
Modelo 2 ^{Peso + Sexo + PT}	0.0	-1.4595 a 1.5587	5.7909	-11.3 a 11.4
Modelo 3 ^{Peso + Sexo + PT + Cintura umbilical}	-0.2	-1.4692 a 1.0136	4.7637	-9.6 a 9.1
Modelo 4 ^{Peso + Sexo + Cintura umbilical + ΣP}	0.1	-1.0958 a 1.2783	4.5551	-8.8 a 9.0
Lean 1 ^{cintura + edad}	0.6	-1.0368 a 2.2858	6.3749	-11.9 a 13.1
Lean 2 ^{PT + edad}	1.5	0.08556 a 3.0086	5.6083	-9.4 a 12.5
Lean 3 ^{IMC + edad}	-3.4	-5.2518 a -1.5744	7.0557	-17.2 a 10.4
Lean 4 ^{cintura + PT + edad}	2.3	0.9650 a 3.6295	5.1123	-7.7 a 12.3
Lean 5 ^{IMC + PT + edad}	-0.6	-2.0942 a 0.8221	5.5953	-11.6 a 10.3

*Intervalo de confianza de (95%) de la media de las diferencias

£Desviación estándar de la media de las diferencias (precisión)

¥Límites al 95% de las observaciones o de la precisión. Método de Bland y Altman

Abreviaturas: PT: pliegue tricípital; ΣP: sumatoria de pliegues (tricípital, pantorrilla y suprailíaco, mm)

7.11. Validación cruzada

La validación de la ecuación se realizó con el cálculo de la retracción de cada modelo. Para el modelo 1 (Peso + Sexo) los valores de R^2 obtenidos en el grupo ecuación y en el grupo validación fueron $R^2 = 0.4879$ y $R^2 = 0.3968$ respectivamente. El valor de retracción del modelo fue de 0.09 (Figuras 15 y 16) (Tabla 19).

Figura 15. Gráfica regresión lineal grupo ecuación

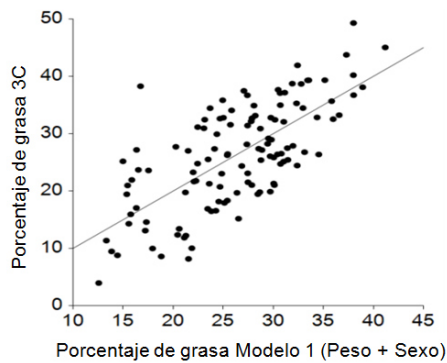
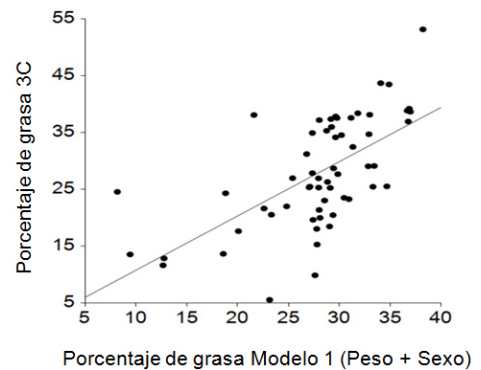


Figura 16. Gráfica regresión lineal grupo validación



Regresión de la ecuación sobre el M3C

$$R^2_{ecu} = 0.4879$$

Correlación de la validación cruzada

$$R^2_{val} = 0.3968$$

Tabla 19. Regresión lineal modelo 1; Peso + Sexo

Parámetro	Grupo ecuación	Grupo validación
Variable dependiente	Porcentaje de Grasa 3C	Porcentaje de Grasa 3C
Variable independiente	Porcentaje de Grasa Ecu1	Porcentaje de Grasa Ecu1
Variable frecuencia	Ninguno	Ninguno
Variable peso	Ninguno	Ninguno
Intercepto	-0.0155	1.2298
Pendiente	0.9999	0.9537
R^2	0.4879	0.3968
Correlación	0.6985	0.6299
Error cuadrado de la media	43.06878	56.61065
Filas procesadas	118	59
Filas de estimación usadas	118	59
Filas con X perdidas	0	0
Filas con Frecuencia perdidas	0	0
Filas solo de Predicción	0	0
Suma de Frecuencias	118	59
Suma de Pesos	118.0000	59.0000
Coefficiente de Variación	0.2495	0.2699
Raíz cuadrada del error cuadrado de la media	6.562681	7.524005

Retracción de la validación cruzada

$$R^2_{ecu} - R^2_{val} = R^2_{ecu} (0.4879) - R^2_{val} (0.3968) = 0.0911$$

Para el modelo 2 (Peso + Sexo + Pliegue tricipital) los valores de R^2 obtenidos en el grupo ecuación y en el grupo validación fueron $R^2 = 0.6374$ y $R^2 = 0.6470$ respectivamente. El valor de retracción del modelo fue de -0.01 (Figuras 17 y 18) (Tabla 20).

Figura 17. Gráfica regresión lineal grupo ecuación

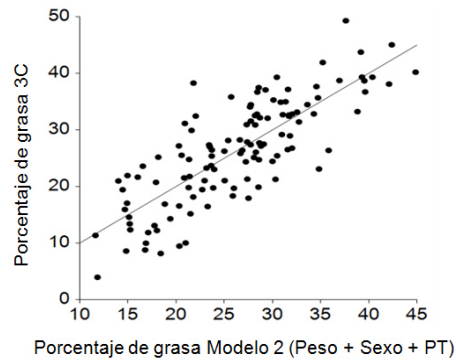
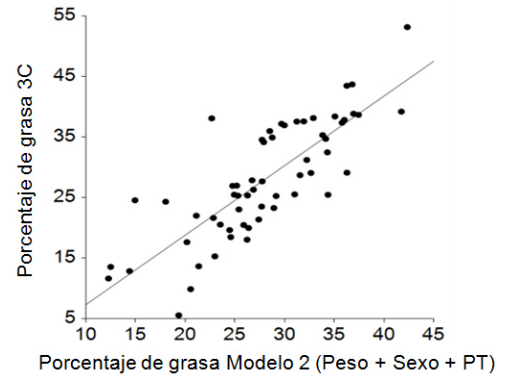


Figura 18. Gráfica regresión lineal grupo validación



Regresión de la ecuación sobre el M3C

$$R^2_{ecu} = 0.6374$$

Correlación de la validación cruzada

$$R^2_{val} = 0.6470$$

Tabla 20. Regresión lineal modelo 2; Peso + Sexo + Pliegue tricipital

Parámetro	Grupo ecuación	Grupo validación
Variable dependiente	Porcentaje de Grasa 3C	Porcentaje de Grasa 3C
Variable independiente	Porcentaje de Grasa Ecu 2	Porcentaje de Grasa Ecu2
Variable frecuencia	Ninguno	Ninguno
Variable peso	Ninguno	Ninguno
Intercepto	0.0276	-4.1406
Pendiente	0.9999	1.1465
R^2	0.6374	0.6470
Correlación	0.7984	0.8044
Error cuadrado de la media	30.49786	33.13207
Filas procesadas	118	59
Filas de estimación usadas	118	59
Filas con X perdidas	0	0
Filas con Frecuencia perdidas	0	0
Filas solo de Predicción	0	0
Suma de Frecuencias	118	59
Suma de Pesos	118.0000	59.0000
Coefficiente de Variación	0.2099	0.2065
Raíz cuadrada del error cuadrado de la media	5.522487	5.756046

Retracción de la validación cruzada

$$R^2_{ecu} - R^2_{val} = R^2_{ecu} (0.6374) - R^2_{val} (0.6470) = -0.0096$$

PT: pliegue tricipital, mm

Para el modelo 3 (Peso + Sexo + Pliegue tricípital + Cintura umbilical) los valores de R^2 obtenidos en el grupo ecuación y en el grupo validación fueron $R^2 = 0.7429$ y $R^2 = 0.7640$ respectivamente. El valor de retracción del modelo fue de -0.02 (Figuras 19 y 20) (Tabla 21).

Figura 19. Gráfica regresión lineal grupo ecuación

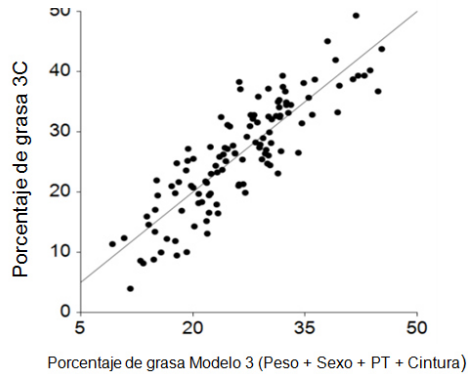
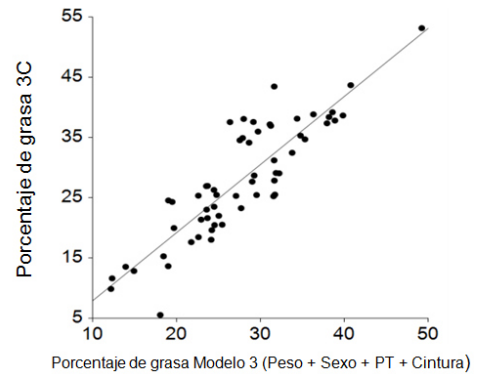


Figura 20. Gráfica regresión lineal grupo validación



Regresión de la ecuación sobre el M3C
 $R^2_{ecu} = 0.7429$

Correlación de la validación cruzada
 $R^2_{val} = 0.7640$

Tabla 21. Regresión lineal modelo 3; Peso + Sexo + Pliegue tricípital + Cintura umbilical

Parámetro	Grupo ecuación	Grupo validación
Variable dependiente	Porcentaje de Grasa 3C	Porcentaje de Grasa 3C
Variable independiente	Porcentaje de Grasa Ecu 3	Porcentaje de Grasa Ecu3
Variable frecuencia	Ninguno	Ninguno
Variable peso	Ninguno	Ninguno
Intercepto	0.0281	-3.3567
Pendiente	1.0002	1.1296
R^2	0.7429	0.7640
Correlación	0.8619	0.8741
Error cuadrado de la media	21.62223	22.14671
Filas procesadas	118	59
Filas de estimación usadas	118	59
Filas con X perdidas	0	0
Filas con Frecuencia perdidas	0	0
Filas solo de Predicción	0	0
Suma de Frecuencias	118	59
Suma de Pesos	118.0000	59.0000
Coefficiente de Variación	0.1768	0.1688
Raíz cuadrada del error cuadrado de la media	4.649971	4.706029

Retracción de la validación cruzada

$$R^2_{ecu} - R^2_{val} = R^2_{ecu} (0.7429) - R^2_{val} (0.7640) = -0.0211$$

PT: pliegue tricípital, mm

Para el modelo 4 (Peso + Sexo + Σ de pliegues + Cintura umbilical) los valores de R^2 obtenidos en el grupo ecuación y en el grupo validación fueron $R^2 = 0.7640$ y $R^2 = 0.7829$ respectivamente. El valor de retracción del modelo fue de -0.02 (Figuras 21 y 22) (Tabla 22).

Figura 21. Gráfica regresión lineal grupo ecuación

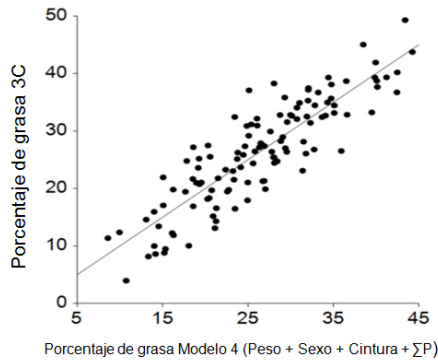
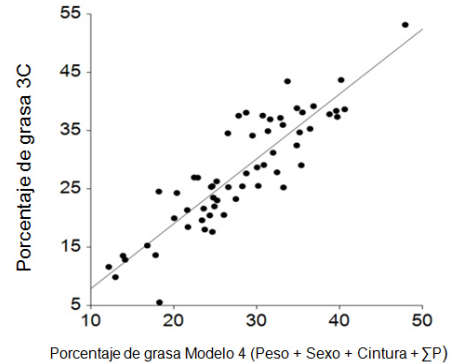


Figura 22. Gráfica regresión lineal grupo validación



Regresión de la ecuación sobre el M3C
 $R^2_{ecu} = 0.7640$

Correlación de la validación cruzada
 $R^2_{val} = 0.7829$

Tabla 22. Regresión lineal modelo 4; Peso + Sexo + Cintura umbilical + Σ de 3 Pliegues

Parámetro	Grupo ecuación	Grupo validación
Variable dependiente	Porcentaje de Grasa 3C	Porcentaje de Grasa 3C
Variable independiente	Porcentaje de Grasa Ecu 4	Porcentaje de Grasa Ecu4
Variable frecuencia	Ninguno	Ninguno
Variable peso	Ninguno	Ninguno
Intercepto	-0.0051	-3.1981
Pendiente	1.0009	1.1111
R^2	0.7640	0.7829
Correlación	0.8741	0.8848
Error cuadrado de la media	19.8541	20.379
Filas procesadas	118	59
Filas de estimación usadas	118	59
Filas con X perdidas	0	0
Filas con Frecuencia perdidas	0	0
Filas solo de Predicción	0	0
Suma de Frecuencias	118	59
Suma de Pesos	118.0000	59.0000
Coefficiente de Variación	0.1694	0.1619
Raíz cuadrada del error cuadrado de la media	4.455559	4.514311

Retracción de la validación cruzada

$$R^2_{ecu} - R^2_{val} = R^2_{ecu} (0.7640) - R^2_{val} (0.7829) = -0.0189$$

PT: pliegue tricípital, mm; Σ P: sumatoria de pliegues (tricípital, pantorrilla y suprailíaco, mm).

8. DISCUSIÓN

La evaluación de la composición corporal tanto en la práctica clínica como en estudios epidemiológicos requiere de herramientas rápidas, de bajo costo y fáciles de utilizar que brinden una estimación precisa del porcentaje de grasa; un ejemplo de ello son las ecuaciones que utilizan mediciones antropométricas (Lohman et al., 1988). En este estudio, se diseñaron y validaron cuatro ecuaciones basadas en diferentes mediciones antropométricas (peso, sexo, pliegue tricípital, cintura umbilical y la Σ de pliegues: tricípital, pantorrilla y suprailíaco) para estimar el porcentaje de grasa en adultos jóvenes mexicanos.

La muestra empleada para el estudio fue de 177 sujetos (106 mujeres); población suficiente para el diseño y validación de ecuaciones de acuerdo a las recomendaciones mínimas ($n=100$) para generar modelos de predicción (Katch, 1985) y corroborado con el cálculo de poder de la muestra. Las ecuaciones fueron diseñadas en una población de adultos jóvenes de entre 19 y 30 años con un IMC de 16.7 a 34.4 con la finalidad de capturar la mayor variabilidad posible de los rangos de IMC; estas características las hacen ser más específicas y precisas en este grupo de individuos.

Primer modelo: Peso + Sexo

El primer modelo desarrollado incluyó el peso y el sexo. El modelo explicó la variabilidad del porcentaje de grasa en un 49% con un error de 6.6%. Aunque el peso se asocia con el porcentaje de grasa ($R^2=0.03$) y el sexo explica las diferencias entre hombres y mujeres, el modelo podría tener poca capacidad predictiva individual con un error amplio en el porcentaje de grasa ($> 5\%$ de grasa). Una ecuación similar publicada es la de Lean, Han y Deurenberg (1996), que incluye solo el IMC y que explica en hombres y mujeres respectivamente 67% y 75% el porcentaje de grasa (EEE 5% y 4.4%). No

obstante, Lean et al. (1996) desarrollaron ecuaciones para hombres y mujeres por separado, incrementando el valor de predicción de sus ecuaciones. En nuestro estudio, el IMC no aportó significativamente al modelo ($R^2 = 0.18$), ni tampoco fue seleccionado por el método stepwise. En niños de 7 a 13 años, Huang, Watkins y Goran (2003) incluyó el peso, edad y sexo en su modelo, que explicó 92% del porcentaje de grasa.

La practicidad de las variables del segundo modelo que proponemos, permite su uso en áreas de trabajo como laboratorios o docencia. No se encontró diferencia significativa entre el promedio de grasa obtenido con éste modelo y el método de referencia (M3C) (segundo modelo= 27.9% vs. M3C= 27.9%; $P= 0.948$). Además, la R contraída se encontró dentro del límite de confiabilidad (0.09). La ecuación puede ser aplicada a grupos como lo evidenció el promedio de las diferencias (0.1%) de grasa corporal respecto al M3C y de acuerdo a los límites de concordancia (-14.6 a 14.7). Aunque la predicción del primer modelo no difiere respecto al M3C, la ecuación tiene un bajo poder de predicción y puede ser una alternativa para la evaluación grupal más que individualmente. La ecuación de Lean et al. (1996) que incluyó solo IMC produjo una subestimación de 3.4% de porcentaje de grasa comparado con el M3C y límites de concordancia menos homogéneos, por lo que nuestro modelo podría resultar más preciso y exacto al evaluar individuos.

Segundo modelo: Peso + Sexo + PT

La adición del pliegue tricipital (peso + sexo + pliegue tricipital) incrementó la R^2 de 49% a 64% en la predicción del porcentaje de grasa y disminuyó el error de 6.6% a 5.6%. Al revisar y asociar de forma individual cada una de las variables con el modelo de referencia (M3C), el pliegue tricipital resultó ser la mejor variable predictora del porcentaje de grasa ($R^2= 0.60$ y $EEE 5.9$). Esto coincide con lo reportado por Arruda et al. (2009) y Lean et al. (1996) como el mejor pliegue para explicar la variación en el porcentaje de grasa.

Lean et al. (1996) produjeron un modelo con el IMC y el pliegue tricípital, su modelo explicó el porcentaje de grasa en 84.5% con un EEE de 3.4%.

Al comparar el porcentaje de grasa del tercer modelo con el modelo de referencia (M3C) no hubo diferencias significativas y la exactitud grupal de la ecuación fue confirmada con el promedio de las diferencias que fue de 0.0% respecto al M3C. Los límites de concordancia obtenidos (-11.6 a 10.3) satisfacen una precisión más para grupos que para individuos. En términos generales, nuestro modelo fue igual de preciso y exacto que los de Lean et al. (1996) quienes generaron ecuaciones por separado para cada sexo.

Tercer modelo: Peso + Sexo + PT + cintura umbilical

En el cuarto modelo, al incluir la cintura umbilical, la capacidad explicativa del porcentaje de grasa se incrementó 74% con un error de 4.7% de grasa. Después del pliegue tricípital, en este modelo, la variable cintura medida al nivel del ombligo fue la que por sí sola explicó la mayor variabilidad en el porcentaje de grasa ($R^2= 0.24$). Aunque de los cuatro sitios en los que fue medida la cintura, la circunferencia de cintura “NHANES” mostró el coeficiente de determinación más alto ($R^2= 0.26$) y el error estándar del estimador más bajo (EEE= 8.00), se optó por elegir la circunferencia de cintura a nivel umbilical ($R^2= 0.24$ y EEE= 8.14) por su fácil ubicación anatómica; ya que para la medición de la circunferencia de cintura NHANES se requiere palpar el borde lateral superior de la cresta iliaca, que en sujetos con obesidad puede ser difícil e incomodo de ubicar, procedimiento que además haría más tardada y menos práctica la medición. La precisión de este último modelo se comprobó con el valor de la R contraída (-0.02) que estuvo dentro del nivel de confiabilidad. El promedio de las diferencias (-0.2%) respecto al M3C y los límites de concordancia de -9.6 a 9.1 permiten que la ecuación pueda ser aplicada de forma grupal e individual.

Lean et al. (1996), desarrollaron un modelo que incluyó las mediciones de cintura, pliegue tricipital y edad, el cual explica en 87% y 79% el porcentaje de grasa (EEE de 3% y 4%) en hombres y mujeres respectivamente. Al comparar el porcentaje de grasa obtenido con la ecuación de Lean et al. (1996) respecto al modelo de 3C, esta sobreestimó el porcentaje de grasa en 2.3% y tuvo una precisión al 95% de -7.7 a 12.3% de grasa. La exactitud grupal de nuestro cuarto modelo fue 2.1% más precisa en el porcentaje de grasa y con unos límites de concordancia más homogéneos (-9.6 a 9.1).

Cuarto modelo: Cintura umbilical + Peso + Sexo + Σ P

En el cuarto modelo de predicción seleccionado a través del método stepwise, las variables incluidas fueron sexo, peso, cintura umbilical y la Σ de pliegues. La Σ de pliegues explicó por sí sola la mayor variabilidad en el porcentaje de grasa ($R^2 = 0.66$) y el modelo total tuvo una precisión de $R^2 = 0.76$ y un EEE = 4.5. La exactitud grupal evaluada con el promedio del porcentaje de grasa no fue diferente del modelo de 3C (primer modelo = 28.0% vs. M3C = 27.9%; $P = 0.878$). La ecuación puede ser aplicada a grupos como lo evidenció el promedio de las diferencias (0.1%) respecto al M3C y por los límites de concordancia (-8.8 a 9.0). Van der Ploeg, Withers y Laforgia (2003), produjeron un modelo considerando el pliegue subescapular, pliegue abdominal, pliegue de bíceps y pliegue tricipital; su modelo explicó en 85% el porcentaje de grasa con un EEE de 2.7%. Así mismo, Lean et al. (1996), desarrollaron un modelo con el logaritmo base 10 de la Σ de cuatro pliegues (bíceps, tríceps, subescapular y suprailíaco) que explicó en 80% y 76% el porcentaje de grasa con EEE 4.0 y 4.2% para hombres y mujeres respectivamente. Durnin y Womersley, (1974), produjeron un modelo que incluye los pliegues de bíceps, tríceps, subescapular y suprailíaco. Así mismo, Jackson y Pollock, (1978, 1980), publicaron diferentes ecuaciones para hombres y mujeres por separado, que emplean variables como edad; circunferencia de cintura y antebrazo; pliegue de pecho, axila, tríceps, subescapular, abdomen, suprailíaco y muslo.

Los pliegues sugeridos por los autores arriba señalados requieren más práctica para ser reproducibles y pueden presentarse dificultades cuando los sujetos se encuentran vestidos porque las mediciones deben ser sin ropa. Por ejemplo, en el caso del pliegue anterior del muslo, en muchos sujetos es difícil medirlo por la consistencia de su piel adherida al músculo. En el caso de Van der Ploeg et al. (2003) y Lean et al. (1996) el uso del pliegue subescapular en sus modelos requiere que el sujeto se descubra la parte superior de la espalda. El pliegue pectoral puede ser el de más difícil acceso mientras que el de abdomen aunque representa la grasa abdominal, no se ha encontrado que aporte significativamente en los modelos (Lohman et al., 1988). Por lo tanto, las ecuaciones citadas no son de uso práctico en estudios de campo y en el área clínica. Por otra parte, las ecuaciones propuestas por Durnin y Jackson estiman solo la densidad corporal, por lo que se requiere un doble cálculo para obtener el porcentaje de grasa empleando las fórmulas de Siri o Brozek.

Las ecuaciones desarrolladas en este estudio fueron pensadas para ser utilizadas en las distintas condiciones de trabajo como en los estudios de campo donde se requiere optimizar tiempo y recursos. Este cuarto modelo propuesto en nuestro estudio añade 6 mediciones, lo que podría no ser práctico en campo, sino en condiciones de laboratorio y cuando estas mediciones sean parte de un análisis secundario. Finalmente, el modelo sería recomendable para evaluar grupos e individuos, pero en estos últimos siempre se sugiere precaución.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión, se desarrollaron y validaron satisfactoriamente cuatro ecuaciones tomando como referencia el modelo de 3C. Las cuatro ecuaciones diseñadas tienen precisión grupal y las ecuaciones tres y cuatro se recomiendan para grupos e individuos.

Todas las ecuaciones fueron precisas y exactas y cumplieron con los criterios de validación. Al comparar el promedio del porcentaje de grasa obtenido a través de los cuatro modelos versus el método de referencia (M3C) se comprobó la exactitud de los modelos al no haber diferencia significativa entre ellos. La validación cruzada de las cuatro formulas fue satisfactoria y permite concluir que las ecuaciones pueden ser aplicadas a individuos con las mismas características. Nuestros resultados también indican que las ecuaciones de Lean et al. (1996) son confiables aunque la precisión individual y la exactitud grupal es ligeramente mayor para nuestras ecuaciones.

Todas las mediciones incluidas en las ecuaciones diseñadas requieren equipo de laboratorio que es accesible en estudios de campo. Las ecuaciones pueden ser utilizadas en adultos jóvenes de ambos sexos, entre 19 y 30 años, con IMC de 16.7 a 34.4, clasificación que según los criterios de la OMS abarca desde el bajo peso hasta la obesidad grado I.

En sujetos con un IMC >34.4 las ecuaciones pueden ser aplicadas con precaución. En este tipo de pacientes todas las técnicas antropométricas y de BIE son limitadas en precisión. La evaluación y seguimiento de estos sujetos requiere de mediciones individuales más que la predicción del porcentaje de grasa.

10. LITERATURA CITADA

Aristizábal, J. C., Restrepo, M. T., y Estrada, A. (2007). Evaluación de la composición corporal de adultos sanos por antropometría e impedancia bioeléctrica. *Biomédica*, 27 (2), 216-224.

Aristizábal, J. C., Restrepo, M. T., y López, A. (2008). Validación por hidrodensitometría de ecuaciones de pliegues cutáneos utilizadas para estimar la composición corporal en mujeres. *Biomédica*, 28 (3), 404-413.

Arruda, M., Cossio-Bolaños, M. A., y Portella, D. (2009). Los pliegues cutáneos como predictores del porcentaje graso en futbolistas profesionales. *Biomecánica*, 17 (2), 38-45.

Baumgartner, R. N. (1996). Electrical impedance and total body electrical. En A. F. Roche, S. Heymsfield, y T. G. Lohman, *Human Body Composition* (págs. 79–107). Champaign: Human Kinetics.

Bellido, D., y Carreira, J. (2008). Análisis por absorciometría de rayos X de doble energía y composición corporal. *Nutrición Clínica en Medicina*, 2 (2), 85-108.

Berral, F. J., y Rodríguez, E. (2007). Impedancia bioeléctrica y su aplicación en el ámbito hospitalario. *Revista del Hospital Juárez de México*, 74 (2), 104-112.

Blackburn, G. L., Benotti, P. N., Bistrain, B. R., Bothe, A., Maini, B. S., Schlamm, H. T., y Smith, M. F. (1979). Nutritional assessment and treatment of hospital malnutrition. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 6 (4), 238–250.

Bland, J., & Altman, D. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1, 307-310.

Brodie, D. A. (1988). Techniques of measurement of body composition. Part I. *Sports Medicine* , 5 (11), 11-40.

Carter, J. E. L. (1982). *Physical structure of olympic athletes: Part I. Medicine and Sport*. New York: S. Karger.

Casanova, R. (2003). Técnicas de valoración del estado nutricional. *Vox Paediatrica* , 11 (1), 26-35.

Clark, R. R., Kuta, J. M., y Sullivan, J. C. (1993). Prediction of percent body fat in adult males using dual energy x-ray absorptiometry, skinfolds, and hydrostatic weighing. *Medicine and Science in Sports and Exercise* , 25 (4), 528-535.

D'Agostino, R. B., Belanger, A., y D'Agostino, R. B Jr. A suggestion for using powerful and informative test of Normality. *The American Statistician*, 44 (4), 316-321.

Dehghan, M., y Merchant, A. T. (2008). Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutrition Journal*, 7 (26), 1-7.

Durnin, J. V., y Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, 32 (1), 77-97.

Ferguson, M., Capra, S., Bauer, J., y Banks, M. (1999). Development of a valid and reliable malnutrition screening tool for adult acute hospital patients. *Nutrition*, 15 (6), 458-64.

Friedl, K. E., DeLuca, J. P., Marchitelli, L. J., y Vogel, J. A. (1992). Reliability of body-fat estimations from a four-compartment model by using density, body

water, and bone mineral measurements. *American Journal of Clinical Nutrition*, 55 (4), 764-770.

García, M. T., Muños, M. T., Martínez, G., Barrios, V., Hawkins, F., y Argente, J. (2006). Densidad mineral ósea y composición corporal en la anorexia nerviosa. *Revista Española de Enfermedades Metabólicas Óseas*, 15 (4), 74-81.

Going, S. B. (2005). Hydrodensitometry and air displacement plethysmography. En S. B. Heymsfield, T. G. Lohman, y Z. M. Wang, *Human body composition* (págs. 17-33). Champaign: Human Kinetics.

González, E. (2012). Body composition: Assessment and clinical value. *Endocrinología y Nutrición*, 60 (2), 69-75.

Huang, T. T., Watkins, M. P., Goran, M. I. (2003) Predicting total body fat from anthropometry in Latino children. *Obesity Research*, 11 (10), 1192-1199.

Huerta, R. H., Esparza-Romero, J., Urquidez, R., Pacheco, B. I., Valencia, M. E., y Alemán-Mateo, H. (2007). Validez de una ecuación basada en antropometría para estimar la grasa corporal en adultos mayores. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57 (4), 357-365.

Jackson, A. S., y Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40, 497-504.

Jackson, A. S., Pollock, M. L., y Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc*, 12 (3), 175-181.

Katch, V. (1985). Assessment of body composition: comments on prediction. En N. G. Norgan, Human body composition and fat distribution. (págs. 15-30). Wageningen, Netherlands: Stichting Nederlands Instituut voor de Voeding.

Kushner, R. F. (1992). Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *Journal of the American College of Nutrition*, 11 (2), 199-209.

Kleinbaum, D., Kupper, L., Muller, K., Nizam, A. (1998). *Applied regression analysis and other multivariable methods*. Belmont, USA: Thomson Higher Education.

Lean, M. E., Han, T. S., y Deurenberg, P. (1996). Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements. *American Journal of Clinical Nutrition*, 63 (1), 4-14.

Lohman, T. G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exercise and Sport Sciences Reviews* , 14, 325-357.

Lohman, T. G., Roche, A. F., y Martorell, R. (1988). *Anthropometric standardization reference manual* . Champaign, Illinois : Human Kinetics Books.

Maloney, M. J., J B McGuire, S. R., y Specker, B. (1989). *EAT-26 Self-Test*. Recuperado el 20 de Junio de 2012, de <http://www.eat-26.com/>

MedCalc. (1993-2012). *Software vBva versión 12.3.0.0*. Mariakerke, Belgium.

Moreno, M., Gómez, J. B., y Antoranz, M. J. (2001). Medición de la grasa corporal mediante impedancia bioeléctrica, pliegues cutáneos y ecuaciones a partir de medidas antrópometricas. Análisis comparativo. *Revista Española de Salud Pública* , 75 (3), 221-236.

National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). (Enero de 2007). *Centers for Disease Control and Prevention*. Recuperado el 18 de Junio de 2012, de http://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes_07_08/manual_an.pdf.

NCSS. (2012). *Software NCSS 8*. Kaysville, Utah.

Organization, W. H. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic. In Report of WHO Consultation. WHO Technical reports 894. *WHO*, 1-61.

Parm, A. L., Saar, M., Pärna, K., Jürimäe, J., Maasalu, K., Neissaar, I., y Jürimäe, T. (2011). Relationships between anthropometric, body composition and bone mineral parameters in 7-8-year-old rhythmic gymnasts compared with controls. *Collegium Antropologicum*, 35 (3), 739-745.

Peterson, M. J., Czerwinski, S. A., y Siervogel, R. M. (2003). Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77 (5), 1186–1191.

Roubenoff, R., Kehayias, J. J., Dawson-Hughes, B., y Heymsfield, S. B. (1993). Use of dual-energy x-ray absorptiometry in body-composition studies: not yet a "gold standard". *American Journal of Clinical Nutrition*, 58 (5), 589-591.

Shapiro, S. S., y Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (Complete Samples). *Biometrika Trust*, 52 (3), 591-611.

Saverza, A., y Haux, K. (2009). *Manual de antropometría para la evaluación del estado nutricional en el adulto*. México: Universidad Iberoamericana.

Serra, L., Ribas, L., Aranceta, B., Pérez, C., Saavedra, P., Peña, L. (2003). Obesidad infantil y juvenil en España. Resultados del estudio Enkid (1998-200). *Medicina Clínica*, 121 (19), 725-732.

Siri, W. E. (1956). The gross composition of the body. *Advance in Biological and Medical Physics*, 4, 239-280.

Siri, W. E. (1961). Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods body composition. En J. Brozek y A. Henschel, *Techniques for measuring body composition* (págs. 223-224). Washington, DC: National Academy of Sciences, National Research Council.

Schifferli, I., Carrasco, F., y Inostroza, J. (2011). Formulation of an equation to predict fat mass using bioelectrical impedance in adults in a wide range of age and body mass index. *Revista Médica de Chile*, 139 (12), 1534-1543.

Suárez, S. M., y Herrera, H. A. (2010). Propuesta de nuevas variables antropométricas para la estimación de la grasa corporal total en adultos venezolanos. *Revista de Antropología física*, 23, 89-98.

Sun, S. S., Chumlea, W. C., Heymsfield, S. B., Lukaski, H. C., Schoeller, D., Friedl, K., y otros. (2003). Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77 (2), 331-340.

Tukey, J. W. (1977). *Exploratory data analysis*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.

Van Marken Lichtenbelt, W. D., Fogelholm, M., Ottenheijm, R., y Westerterp, K. R. (1995). Physical activity, body composition and bone density in ballet dancers. *British Journal of Nutrition*, 74 (4), 439-451.

Van Der Ploeg, G. E., Withers, R. T., y Laforgia, J. (2003). Percent body fat via DEXA: comparison with a four-compartment model. *Journal of Applied Physiology*, 94 (2), 499-506.

Wang, Z. M., Pierson, R. N., y Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56 (1), 19-28.

Withers, R. T., Laforgia, J., y Heymsfield, S. B. (1999). Critical appraisal of the estimation of body composition via two-, three-, and four-compartment models. *American Journal of Human Biology*, 11 (2), 175–185.

Withers, R. T., LaForgia, J., Pillans, R. K., Shipp, N. J., Chatterton, B. E., Schultz, C. G., y Leaney, F. (1998). Comparisons of two-, three-, and four-compartment models of body composition analysis in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 85 (1), 238-245.

11. ANEXOS

ANEXO A VERIFICACIÓN DE LOS SUPUESTOS DE LA REGRESIÓN

Sexo, 0 y 1

Figura 13. Gráfica de linealidad
% de Grasa 3C vs. Sexo

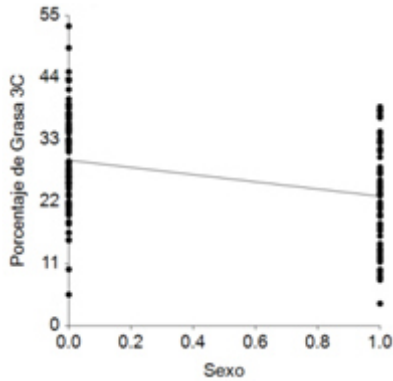


Tabla 8. Linealidad de la variable sexo

Parámetro evaluado	Variable analizada Sexo
Intercepto	29.420
Valor de P	<0.001
Pendiente	-6.454
Valor de P	<0.001
R ²	0.12
Correlación	-0.341
Prueba de linealidad	0.000
Valor de P	<0.001*

*La relación entre las dos variables no es lineal

Figura 13.1. Gráfica de residuales
% de Grasa 3C vs. Sexo

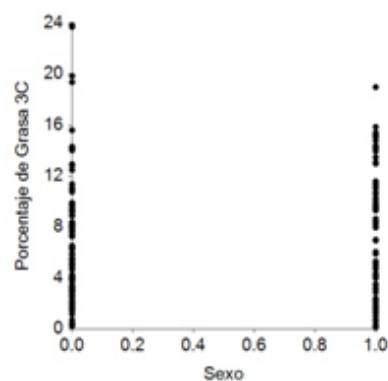


Tabla 8.1. Homogeneidad de la varianza de la variable sexo

Parámetro evaluado	Variable analizada Sexo
Prueba de Levene	0.377
Valor de P	0.540*

* La varianza es constante

Tabla 8.2. Normalidad de la varianza de la variable sexo

Parámetro evaluado	Variable analizada Sexo
Prueba de Shapiro Wilk	0.991
Valor de P	0.313*
Prueba de D'Agostino Omnibus	2.236
Valor de P	0.327*

*La distribución de los residuales es normal

Figura 13.2. Gráfica de normalidad
% de Grasa 3C vs Sexo

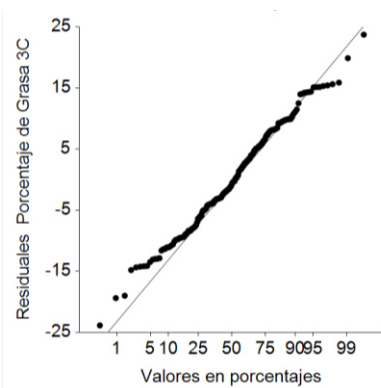
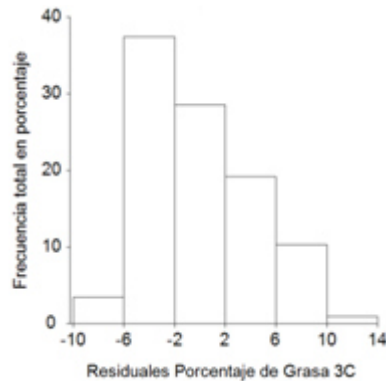


Figura 13.3. Histograma
% de Grasa 3C vs Sexo



Edad, años

**Figura 13.4 Gráfica de linealidad
% de Grasa 3C vs Edad**

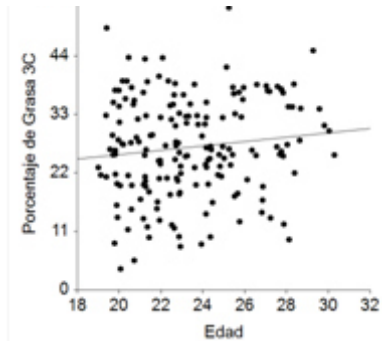


Tabla 8.3. Linealidad de la variable edad

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	Edad	Edad ²	Edad log
Intercepto	17.136	21.875	-2.835
Valor de P	0.004	<0.001	0.880
Pendiente	0.415	0.009	21.717
Valor de P	0.099	0.086	0.115
R ²	0.02	0.02	0.01
Correlación	0.12	0.129	0.119
Prueba de linealidad	0.700	0.699	0.701
Valor de P	0.794*	0.795*	0.793*

*La relación entre las dos variables es lineal

**Figura 13.5. Gráfica de residuales
% de Grasa 3C vs Edad**

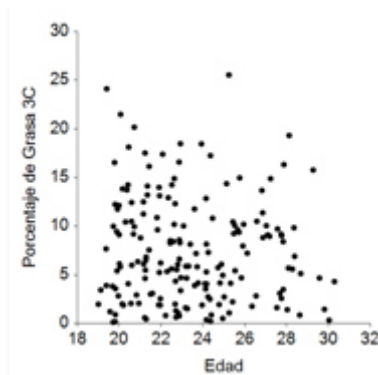
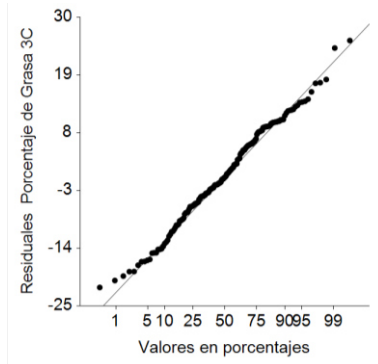


Tabla 8.4. Homogeneidad de la varianza de la variable edad

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	Edad	Edad ²	Edad log
Prueba de Levene	1.065	1.099	1.033
Valor de P	0.304*	0.296*	0.311*

* La varianza es constante

**Figura 13.6. Gráfica de normalidad
% de Grasa 3C vs Edad**



**Figura 13.7. Histograma
% de Grasa 3C vs Edad**

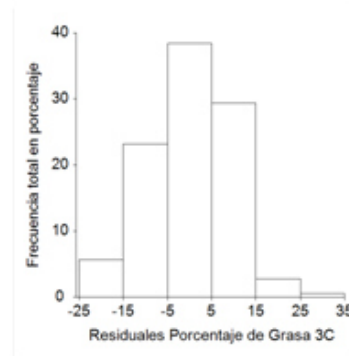


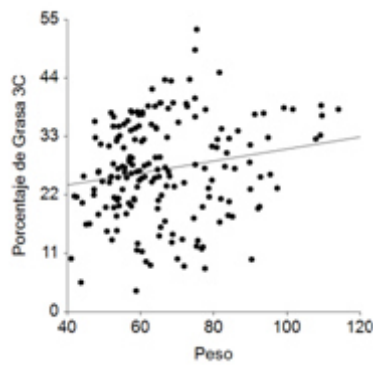
Tabla 8.5. Normalidad de la varianza de la variable edad

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	Edad	Edad ²	Edad log
Prueba de Shapiro Wilk	0.991	0.991	0.991
Valor de P	0.361*	0.373*	0.347*
Prueba de D'Agostino Omnibus	0.840	0.814	0.868
Valor de P	0.657*	0.666*	0.648*

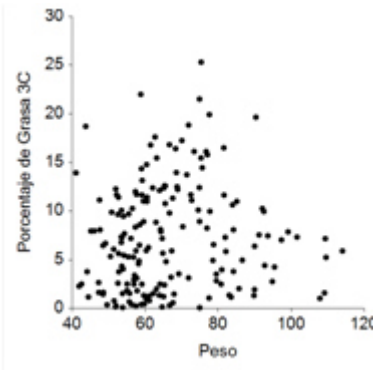
*La distribución de los residuales es normal

Peso, kg

**Figura 13.8 Gráfica de linealidad
% de Grasa 3C vs Peso**



**Figura 13.9. Gráfica de residuales
% de Grasa 3C vs Peso**



**Figura 13.10. Gráfica de normalidad
% de Grasa 3C vs Peso**

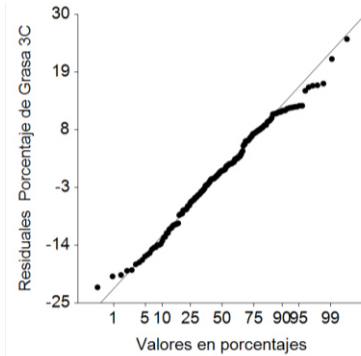


Tabla 8.6. Linealidad de la variable peso

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	Peso	Peso ²	Peso log
Intercepto	19.334	23.308	18.447
Valor de P	<0.001	<0.001	0.617
Pendiente	0.113	0.001	18.447
Valor de P	0.014	0.014	0.012
R ²	0.03	0.03	0.04
Correlación	0.185	0.184	0.189
Prueba de linealidad	1.688	1.689	1.686
Valor de P	0.264*	0.264*	0.264*

*La relación entre las dos variables es lineal

Tabla 8.7. Homogeneidad de la varianza de la variable peso

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	Peso	Peso ²	Peso log
Prueba de Levene	6.386	5.748	7.054
Valor de P	0.012*	0.018*	0.009*

* La varianza no es constante

**Figura 13.11. Histograma
% de Grasa 3C vs Peso**

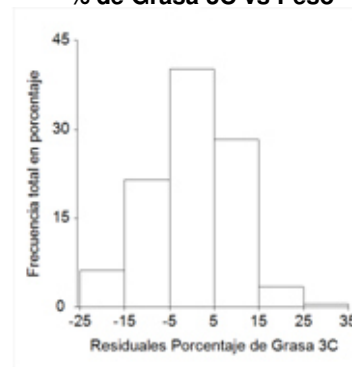


Tabla 8.8. Normalidad de la varianza de la variable peso

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	Peso	Peso ²	Peso log
Prueba de Shapiro Wilk	0.990	0.991	0.989
Valor de P	0.276*	0.368*	0.200*
Prueba de D'Agostino Omnibus	1.444	1.167	1.706
Valor de P	0.486*	0.558*	0.426*

*La distribución de los residuales es normal

Estatura, cm

Figura 13.12 Gráfica de linealidad
% de Grasa 3C vs Estatura

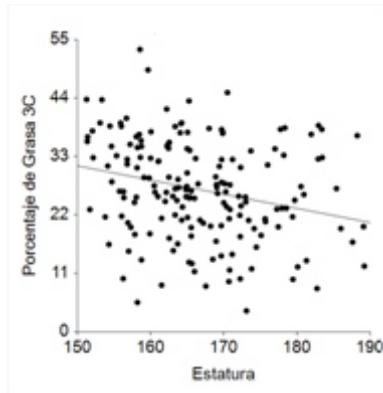


Tabla 8.9. Linealidad de la variable

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	Estatura	Estatura ²	Estatura log
Intercepto	70.847	48.233	257.916
Valor de P	<0.001	<0.001	<0.001
Pendiente	-0.264	-0.001	-104.055
Valor de P	0.001	0.001	0.001
R ²	0.06	0.06	0.07
Correlación	-0.251	-0.247	-0.255
Prueba de linealidad	0.848	0.850	0.846
Valor de P	0.728*	0.725*	0.731*

*La relación entre las dos variables es lineal

Figura 13.13. Gráfica de residuales
% de Grasa 3C vs Estatura

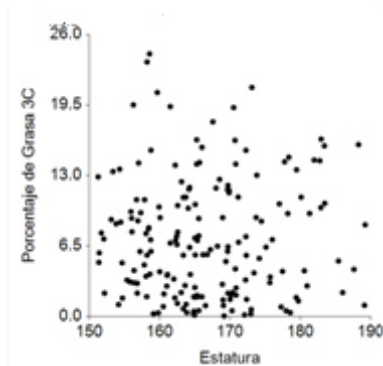


Tabla 8.10. Homogeneidad de la varianza de la variable

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	Estatura	Estatura ²	Estatura log
Prueba de Levene	0.036	0.030	0.040
Valor de P	0.851*	0.862*	0.842*

* La varianza es constante

Figura 13.14. Gráfica de normalidad
% de Grasa 3C vs Estatura

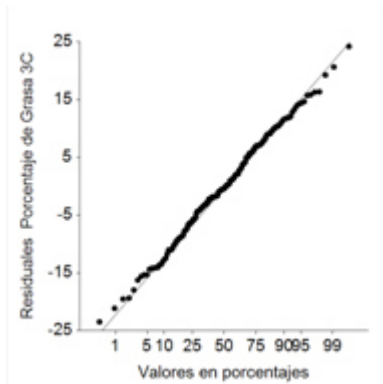


Figura 13.15. Histograma
% de Grasa 3C vs Estatura

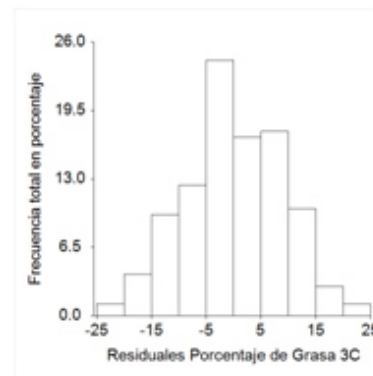


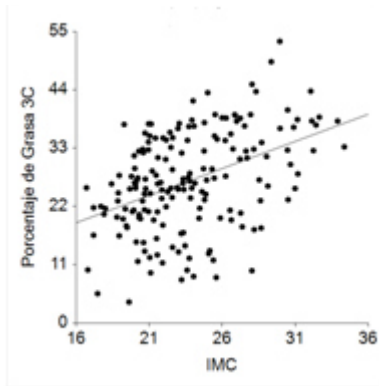
Tabla 8.11. Normalidad de la varianza de la variable estatura

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	Estatura	Estatura ²	Estatura log
Prueba de Shapiro Wilk	0.996	0.996	0.996
Valor de P	0.911*	0.903*	0.917*
Prueba de D'Agostino Omnibus	0.600	0.618	0.584
Valor de P	0.741*	0.734*	0.747*

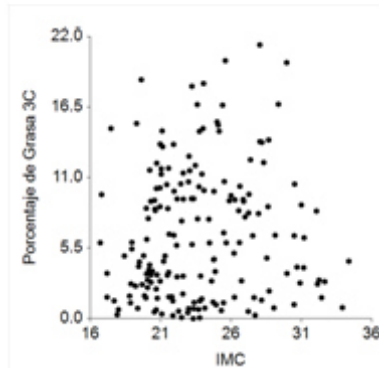
*La distribución de los residuales es normal

IMC, kg/m²

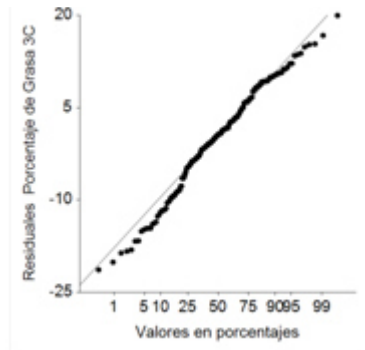
**Figura 13.16 Gráfica de linealidad
% de Grasa 3C vs IMC**



**Figura 13.17. Gráfica de residuales
% de Grasa 3C vs IMC**



**Figura 13.18. Gráfica de normalidad
% de Grasa 3C vs IMC**



**Figura 13.19. Histograma
% de Grasa 3C vs Sexo**

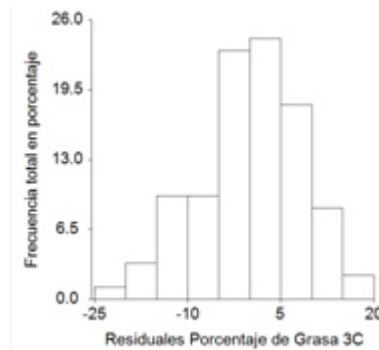


Tabla 8.12. Linealidad de la variable

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	IMC	IMC ²	IMC log
Intercepto	2.481	14.974	-51.328
Valor de P	0.529	<0.001	<0.001
Pendiente	1.025	0.201	57.046
Valor de P	<0.001	<0.001	<0.001
R ²	0.18	0.182	0.182
Correlación	0.43	0.427	0.426
Prueba de linealidad	<0.001	<0.001	<0.001
Valor de P	<0.001*	<0.001*	<0.001*

Abreviaturas: IMC, índice de masa corporal

*La relación entre las dos variables no es lineal

Tabla 8.13. Homogeneidad de la varianza de la variable IMC

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	IMC	IMC ²	IMC log
Prueba de Levene	1.897	1.904	2.004
Valor de P	0.170*	0.169*	0.159*

Abreviaturas: IMC, índice de masa corporal

* La varianza no es constante

Tabla 8.14. Normalidad de la varianza de la variable IMC

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	IMC	IMC ²	IMC log
Prueba de Shapiro Wilk	0.985	0.986	0.984
Valor de P	0.053*	0.075*	0.038*
Prueba de D'Agostino Omnibus	3.909	3.683	4.167
Valor de P	0.142*	0.159*	0.124*

Abreviaturas: IMC, índice de masa corporal

*La distribución de los residuales no es normal

Cintura a la altura del ombligo, cm

Figura 13.20 Gráfica de linealidad
% de Grasa 3C vs Cintura

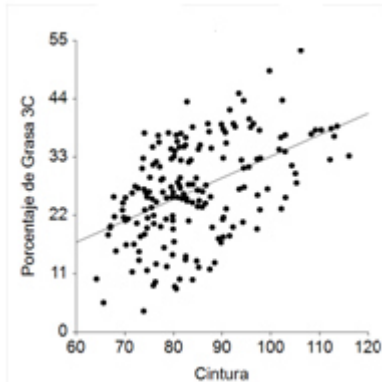


Figura 13.21. Gráfica de residuales
% de Grasa 3C vs Cintura

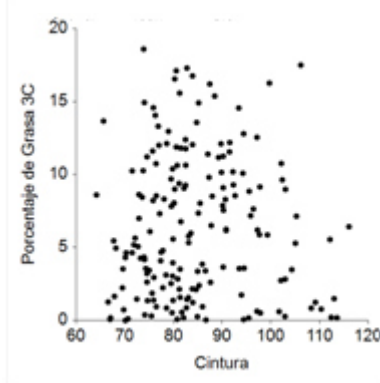


Figura 13.22. Gráfica de normalidad
% de Grasa 3C vs Cintura

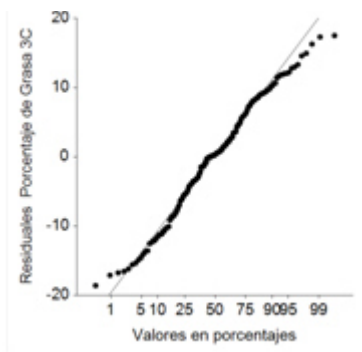


Tabla 8.15. Linealidad de la variable cintura

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	CO	CO ²	CO log
Intercepto	-7.372	10.464	-130.121
Valor de P	0.117	<0.001	<0.001
Pendiente	0.405	0.002	81.631
Valor de P	<0.001	<0.001	<0.001
R ²	0.24	0.23	0.24
Correlación	0.487	0.482	0.490
Prueba de linealidad	0.529	0.534	0.526
Valor de P	0.990*	0.989*	0.991*

Abreviaturas: CO, cintura a la altura del ombligo

*La relación entre las dos variables es lineal

Tabla 8.16. Homogeneidad de la varianza de la variable cintura

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	CO	CO ²	CO log
Prueba de Levene	1.128	1.027	1.355
Valor de P	0.290*	0.312*	0.246*

Abreviaturas: CO, cintura a la altura del ombligo

* La varianza es constante

Figura 13.23. Histograma
% de Grasa 3C vs Cintura

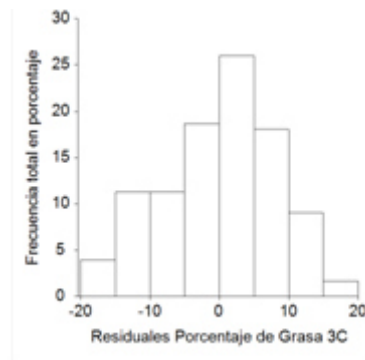


Tabla 8.17. Normalidad de la varianza de la variable cintura

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	CO	CO ²	CO log
Prueba de Shapiro Wilk	0.985	0.986	0.985
Valor de P	0.060*	0.066*	0.051*
Prueba de D'Agostino Omnibus	5.603	5.947	5.234
Valor de P	0.061*	0.051*	0.073*

Abreviaturas: CO, cintura a la altura del ombligo

*La distribución de los residuales no es normal

Pliegue suprailíaco, mm

Figura 13.24 Gráfica de linealidad
% de Grasa 3C vs P. suprailíaco

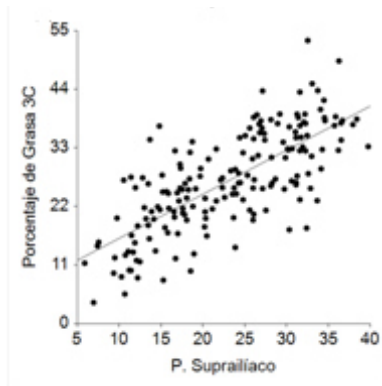


Figura 13.25. Gráfica de residuales
% de Grasa 3C vs P. suprailíaco

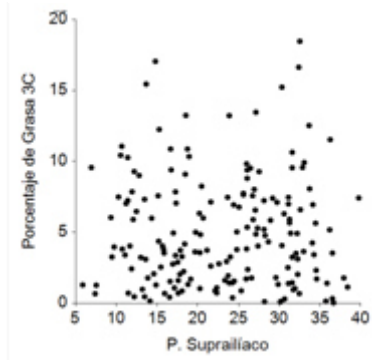


Figura 13.26. Gráfica de normalidad
% de Grasa 3C vs P. suprailíaco

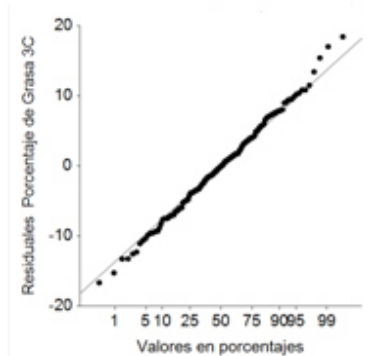


Tabla 8.18. Linealidad de la variable p. suprailíaco

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	PS	PS ²	PS log
Intercepto	7.800	16.457	-24.166
Valor de P	<0.001	<0.001	<0.001
Pendiente	0.826	0.017	38.346
Valor de P	<0.001	<0.001	<0.001
R ²	0.53	0.50	0.53
Correlación	0.731	0.710	0.730
Prueba de linealidad	0.649	0.703	0.652
Valor de P	0.945*	0.904*	0.943*

Abreviaturas: PS, pliegue suprailíaco

*La relación entre las dos variables es lineal

Tabla 8.19. Homogeneidad de la varianza de la variable p. suprailíaco

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	PS	PS ²	PS log
Prueba de Levene	0.942	0.705	1.053
Valor de P	0.333*	0.402*	0.306*

Abreviaturas: PS, pliegue suprailíaco

* La varianza es constante

Figura 13.27. Histograma
% de Grasa 3C vs P. suprailíaco

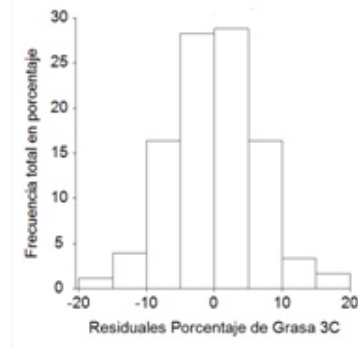


Tabla 8.20. Normalidad de la varianza de la variable p. suprailíaco

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	PS	PS ²	PS log
Prueba de Shapiro Wilk	0.997	0.996	0.996
Valor de P	0.986*	0.949*	0.943*
Prueba de D'Agostino Omnibus	0.257	0.176	0.385
Valor de P	0.879*	0.916*	0.825*

Abreviaturas: PS, pliegue suprailíaco

*La distribución de los residuales es normal

Pliegue de pantorrilla, mm

Figura 13.28 Gráfica de linealidad
% de Grasa 3C vs P. pantorrilla

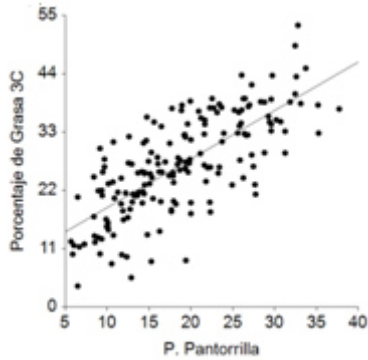


Figura 13.29. Gráfica de residuales
% de Grasa 3C vs P. pantorrilla

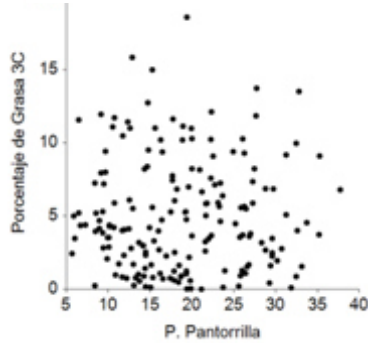


Figura 13.30. Gráfica de normalidad
% de Grasa 3C vs P. pantorrilla

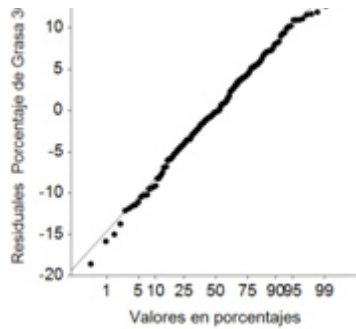


Figura 13.31. Histograma
% de Grasa 3C vs P. pantorrilla

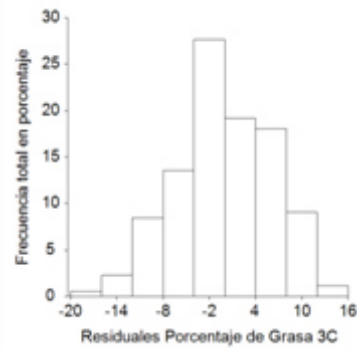


Tabla 8.24. Linealidad de la variable p. tricitoral

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	PP	PP ²	PP log
Intercepto	9.608	17.992	-18.263
Valor de P	<0.001	<0.001	<0.001
Pendiente	0.916	0.022	36.451
Valor de P	<0.001	<0.001	<0.001
R ²	0.54	0.50	0.54
Correlación	0.735	0.707	0.734
Prueba de linealidad	0.695	0.778	0.698
Valor de P	0.926*	0.843*	0.923*

Abreviaturas: PP, pliegue de pantorrilla

*La relación entre las dos variables es lineal

Tabla 8.22. Homogeneidad de la varianza de la variable p. pantorrilla

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	PP	PP ²	PP log
Prueba de Levene	0.090	0.039	0.093
Valor de P	0.764*	0.843*	0.761*

Abreviaturas: PP, pliegue de pantorrilla

* La varianza es constante

Tabla 8.23. Normalidad de la varianza de la variable p. pantorrilla

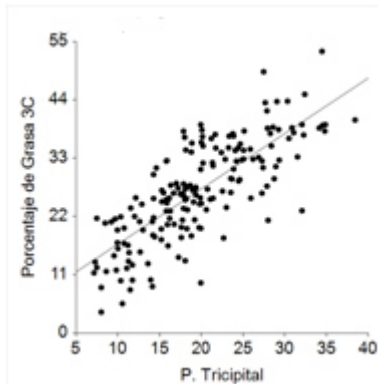
Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	PP	PP ²	PP log
Prueba de Shapiro Wilk	0.992	0.990	0.991
Valor de P	0.456*	0.221*	0.374*
Prueba de D'Agostino Omnibus	1.634	3.162	2.657
Valor de P	0.442*	0.206*	0.265*

Abreviaturas: PP, pliegue de pantorrilla

*La distribución de los residuales es normal

Pliegue tricripital, mm

Figura 13.32 Gráfica de linealidad
% de Grasa 3C vs P. tricripital



Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	PT	PT ²	PT log
Intercepto	6.327	16.634	-28.973
Valor de P	<0.001	<0.001	<0.001
Pendiente	1.043	0.024	44.118
Valor de P	<0.001	<0.001	<0.001
R ²	0.60	0.54	0.60
Correlación	0.772	0.737	0.775
Prueba de linealidad	0.747	0.880	0.737
Valor de P	0.881*	0.705*	0.892*

Abreviaturas: PT, pliegue tricripital

*La relación entre las dos variables es lineal

Figura 13.33. Gráfica de residuales
% de Grasa 3C vs P. tricripital

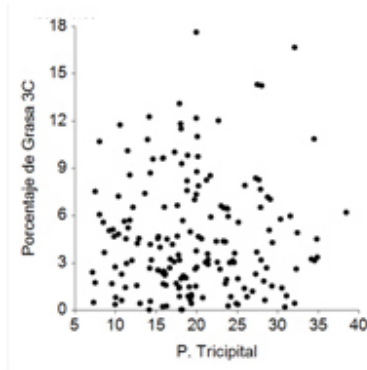


Tabla 8.25. Homogeneidad de la varianza de la variable p. tricripital

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	PT	PT ²	PT log
Prueba de Levene	0.158	0.058	0.010
Valor de P	0.692*	0.811*	0.919*

Abreviaturas: PT, pliegue tricripital

* La varianza es constante

Figura 13.34. Gráfica de normalidad
% de Grasa 3C vs P. tricripital

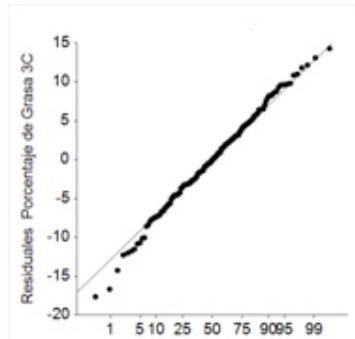


Figura 13.35. Histograma
% de Grasa 3C vs P. tricripital

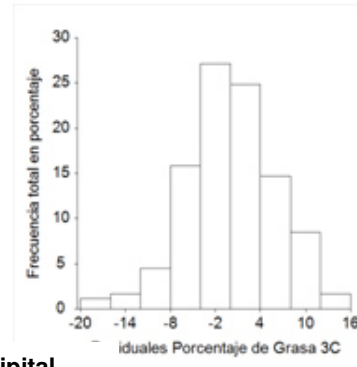


Tabla 8.26. Normalidad de la varianza de la variable p. tricripital

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	PT	PT ²	PT log
Prueba de Shapiro Wilk	0.995	0.994	0.993
Valor de P	0.789*	0.696*	0.537*
Prueba de D'Agostino Omnibus	1.355	0.911	2.026
Valor de P	0.508*	0.634*	0.363*

Abreviaturas: PT, pliegue tricripital

*La distribución de los residuales es normal

Suma de pliegues, mm

Figura 13.36 Gráfica de linealidad
% de Grasa 3C vs ΣP

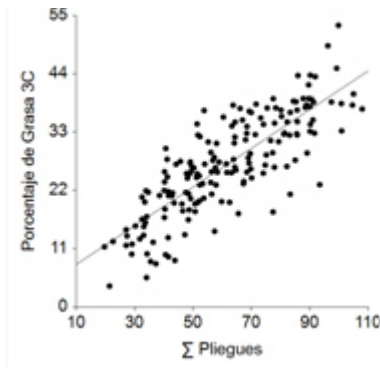


Figura 13.37. Gráfica de residuales
% de Grasa 3C ΣP

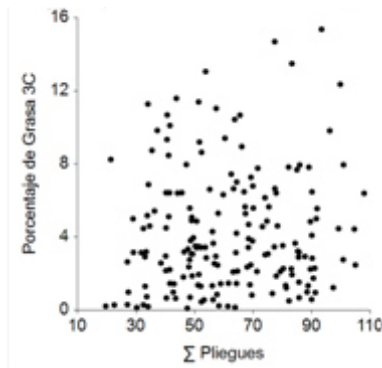


Figura 13.38. Gráfica de normalidad
% de Grasa 3C vs ΣP

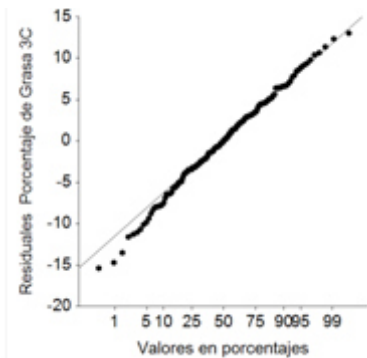


Tabla 8.27. Linealidad de la variable ΣP

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	ΣP	ΣP^2	$\Sigma P \log$
Intercepto	4.410	15.265	-57.565
Valor de P	0.001	<0.001	<0.001
Pendiente	0.365	0.003	47.897
Valor de P	<0.001	<0.001	<0.001
R ²	0.66	0.62	0.66
Correlación	0.812	0.616	0.815
Prueba de linealidad	1.727	1.953	1.701
Valor de P	0.170*	0.120*	0.178*

Abreviaturas: ΣP , sumatoria de pliegues

*La relación entre las dos variables no es lineal

Tabla 8.28. Homogeneidad de la varianza de la variable ΣP

Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	ΣP	ΣP^2	$\Sigma P \log$
Prueba de Levene	1.144	0.88	1.299
Valor de P	0.286*	0.768*	0.256*

Abreviaturas: ΣP , sumatoria de pliegues

* La varianza es constante

Figura 13.39. Histograma
% de Grasa 3C vs ΣP

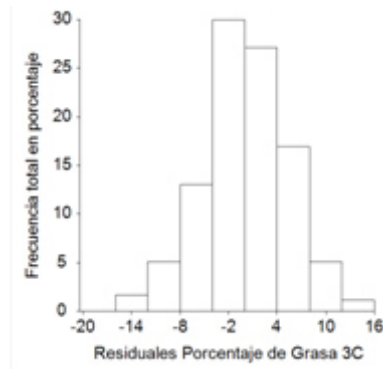


Tabla 8.29. Normalidad de la varianza de la variable ΣP

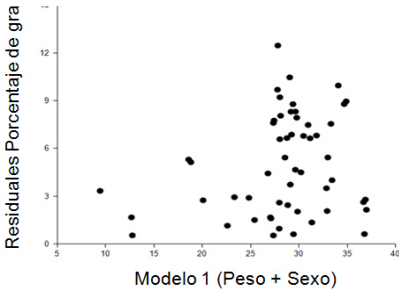
Parámetro evaluado	Variables analizadas		
	ΣP	ΣP^2	$\Sigma P \log$
Prueba de Shapiro Wilk	0.995	0.993	0.993
Valor de P	0.750*	0.604*	0.551*
Prueba de D'Agostino Omnibus	1.584	1.694	2.027
Valor de P	0.453*	0.429*	0.363*

Abreviaturas: ΣP , sumatoria de pliegues

*La distribución de los residuales es normal

ANEXO B COMPROBACIÓN DE LOS SUPUESTOS DE LA REGRESIÓN DE LAS ECUACIONES FINALES

**Figura 14. Gráfica de residuales
Modelo 1; Peso + Sexo**



**Tabla 16. Homogeneidad de la
varianza del modelo 1**

Parámetro evaluado	Variables analizadas
	Modelo 1
Prueba de Levene	0.0249
Valor de P	0.875*

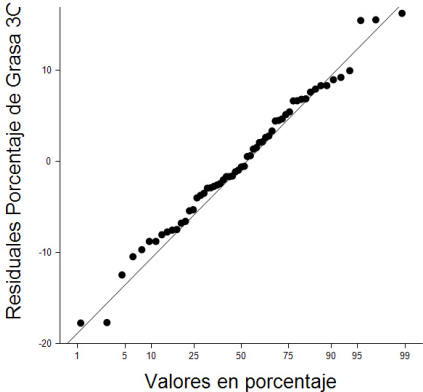
* La varianza es constante

Tabla 16.1. Normalidad del modelo 1

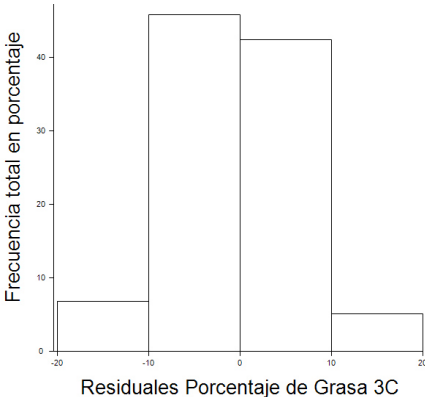
Parámetro evaluado	Variables analizadas
	Modelo 1
Prueba de Shapiro Wilk	0.986
Valor de P	0.750*
Prueba de D'Agostino Omnibus	0.079
Valor de P	0.961*

*La distribución de los residuales es normal

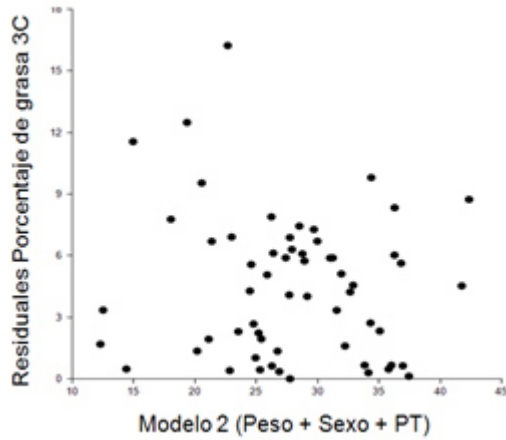
**Figura 14.1. Gráfica de normalidad
Modelo 1; Peso + Sexo**



**Figura 14.2. Histograma
Modelo 1; Peso + Sexo**



**Figura 14.3. Gráfica de residuales
Modelo 2; Peso + Sexo + PT**



**Tabla 16.2. Homogeneidad de la
varianza del modelo 2**

Parámetro evaluado	Variables analizadas
	Modelo 2
Prueba de Levene	0.129
Valor de P	0.721*

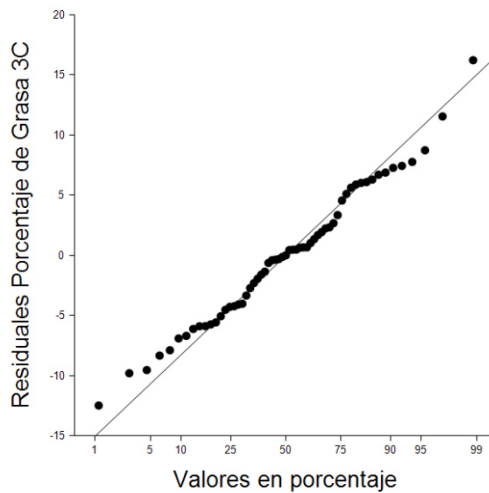
* La varianza es constante

Tabla 16.3. Normalidad del modelo 2

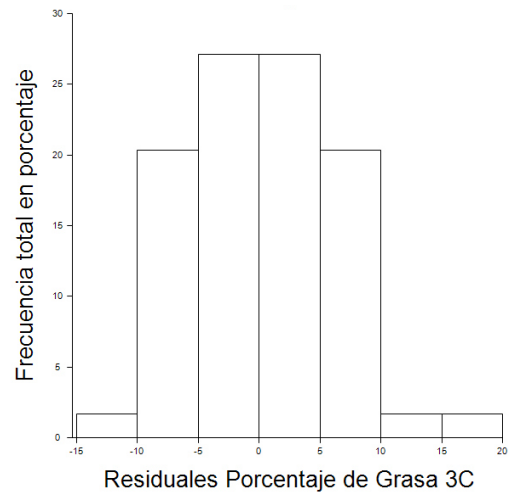
Parámetro evaluado	Variables analizadas
	Modelo 2
Prueba de Shapiro Wilk	0.987
Valor de P	0.773*
Prueba de D'Agostino Omnibus	0.851
Valor de P	0.653*

*La distribución de los residuales es normal

**Figura 14.4 Gráfica de normalidad
Modelo 2; Peso + Sexo + PT**



**Figura 14.5. Histograma
Modelo 2: Peso + Sexo + PT**



PT: pliegue tricitoral, mm.

Figura 14.6. Gráfica de residuales
Modelo 3; Peso + Sexo + PT + Cintura umbilical

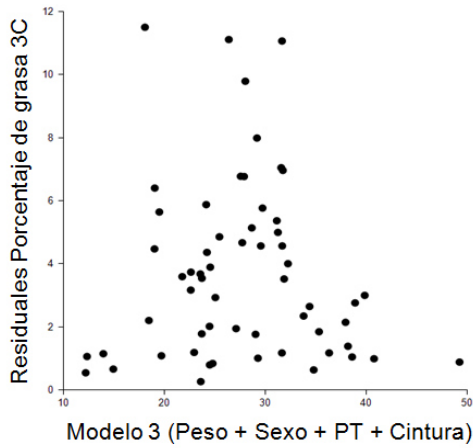


Tabla 16.4. Homogeneidad de la
varianza del modelo 3

Parámetro evaluado	Variables analizadas
	Modelo 3
Prueba de Levene	0.133
Valor de P	0.717*

* La varianza es constante

Tabla 16.5. Normalidad del modelo 3

Parámetro evaluado	Variables analizadas
	Modelo 3
Prueba de Shapiro Wilk	0.967
Valor de P	0.092
Prueba de D'Agostino Omnibus	2.422
Valor de P	0.298*

*La distribución de los residuales es normal

Figura 14.7. Gráfica de normalidad modelo 3;
Peso + Sexo + PT + Cintura umbilical

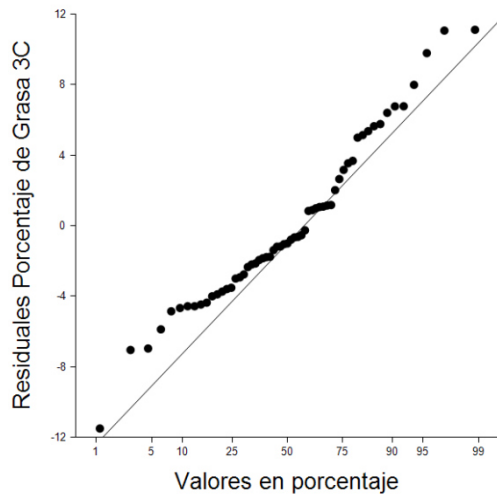
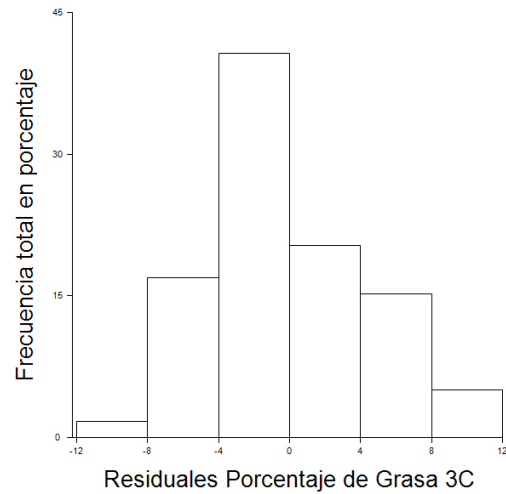
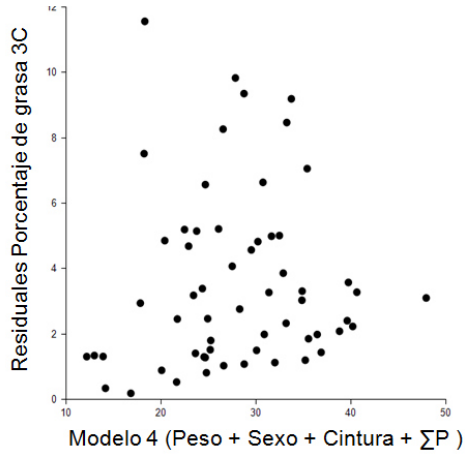


Figura 14.8. Histograma modelo 3;
Peso + Sexo + PT + Cintura umbilical



PT: pliegue tricripital, mm.

**Figura 14.9. Gráfica de residuales modelo 4;
Peso + Sexo + Cintura umbilical + ΣP**



**Tabla 16.6. Homogeneidad de la
varianza del modelo 4**

Parámetro evaluado	Variables analizadas
	Modelo 4
Prueba de Levene	0.064
Valor de P	0.801*

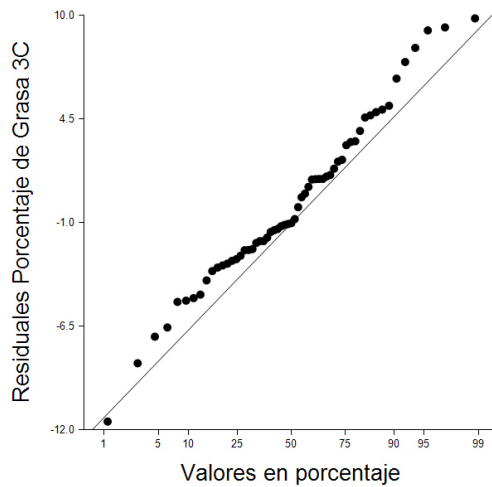
* La varianza es constante

Tabla 16.7. Normalidad del modelo 4

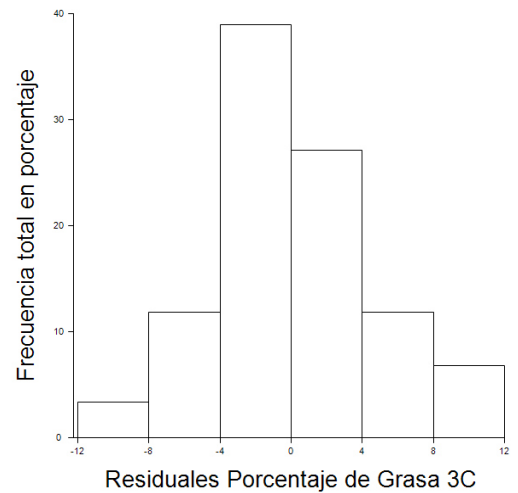
Parámetro evaluado	Variables analizadas
	Modelo 4
Prueba de Shapiro Wilk	0.982
Valor de P	0.527*
Prueba de D'Agostino Omnibus	0.535
Valor de P	0.765*

*La distribución de los residuales es normal

**Figura 14.10. Gráfica de normalidad
modelo 4; Peso + Sexo + Cintura
umbilical + ΣP**



**Figura 14.11. Histograma modelo 4;
Peso + Sexo + Cintura umbilical + ΣP**



ΣP : sumatoria de pliegues (tricipital, pantorrilla y suprailíaco, mm).

ANEXO C CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Salud Pública y Nutrición
CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



Se me ha explicado que por mi edad e índice de masa corporal (IMC) soy candidato a participar en este proyecto de investigación, requisito de titulación de la Lic. Nut. Debbie Samantha Puente Hernández estudiante de la Maestría en Ciencias y Nutrición y que en general tiene como propósito publicar nuevas fórmulas para que los profesionistas dedicados a la evaluación de la composición corporal tengan una herramienta confiable para calcular de forma precisa el porcentaje de grasa corporal en adultos de 19 a 30 años.

Es de mi conocimiento que se me realizará una extracción de sangre (4mL) para el análisis del colesterol total, colesterol LDL, HDL, VLDL, triglicéridos, glucosa, hemoglobina, hematocrito y albúmina por parte de un enfermero capacitado y con la finalidad de revisar si mi estado de salud se encuentra dentro de los rangos normales y que el único riesgo podría ser la formación de un moretón; así como 25 mediciones corporales que son totalmente inofensivas (peso, estatura, circunferencias, diámetros y pliegues); una medición de pletismografía por desplazamiento de aire (BOD POD) que no tiene ningún riesgo hacia la salud y otra por absorciometría dual de rayos X (DXA) la cual emite radiación sin embargo se me ha informado que la radiación que una persona recibe en el día por el sol y los equipos electrónicos es mucho mayor a la que se recibe por este equipo en una medición. Además, se me aplicará una historia clínica de riesgo nutricional con el objetivo de conocer hábitos y antecedentes de enfermedades.

Los resultados de este estudio me permitirán conocer como se encuentra la densidad mineral ósea (salud de los huesos), masa muscular, % de grasa y mi peso corporal saludable. Se me ha asegurado que mi participación en esta investigación es totalmente voluntaria y que tengo derecho a preguntar todo lo relacionado con el estudio y llevarme una copia de los resultados así mismo podré retirarte del estudio en el momento en que lo decida. Por lo tanto autorizo el manejo de los resultados de mi estudio a condición de que en todo momento se mantenga el secreto profesional y todos mis datos se han registrados confidencialmente, mediante una clave o ID.

Con fecha _____, habiendo comprendido lo anterior y aclaradas todas las dudas, acepto participar en el estudio titulado: *“Ecuaciones antropométricas para estimar la masa grasa en adultos de 19 a 30 años”*

Nombre y firma del participante: _____

Nombre y firma del testigo 1: _____

Dirección:

Relación:

Nombre y firma del testigo 2: _____

Dirección:

Relación:

Nombre y firma del Investigador Responsable: Dr. Erik Ramírez López. Nutriólogo
Profesor-Investigador Responsable / e-mail: erik.rale@gmail.com

¡Agradecemos tu participación!
Monterrey, Nuevo León, Centro de Investigación en Nutrición y Salud Pública

ANEXO D HISTORIA CLÍNICA



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Salud Pública y Nutrición



Centro de Investigación en Nutrición y Salud Pública. Área de Gasto Energético y Composición Corporal

Proyecto: Ecuaciones antropométricas para estimar la masa grasa en adultos de 19 a 30 años

Historia clínica

Fecha d[]I[] m[]I[] a[]I[] Número de Expediente ó ID []I[] - []I[]I[]I[]

Datos del Paciente

Nombre

Correo electrónico: @

Antecedentes familiares

Enfermedades importantes o crónicas: DM, HA, dislipidemia, infarto cardiaco, cerebral.

Padre

Madre

Antecedentes personales y patológicos

Enfermedades recientes diarrea, fiebre ó gripe

Enfermedades congénitas crónicas Cushing, hipotiroidismo, Down

Menarca

Desórdenes menstruales

¿Pérdida de masa ósea?(especificar si es por enfermedad o accidente)

Tendencia artrítica

Aumento de peso en cintura y/o cadera

Frecuencia con la que sueles enfermarte

Durante el último mes:

¿Has tenido que modificar tu dieta?

Sí

No

¿Te has sentido débil o fatigado?

Sí

No

¿Ha aumentado tu apetito?

Sí

No

¿Ha aumentado tu sed?

Sí

No

¿Has orinado más de lo normal?

Sí

No

¿Te has sentido más sensible al calor?

Sí

No

¿Has batallado para perder peso?

Sí

No

Riesgo Nutricio

¿Has perdido peso de manera involuntaria?

Sí

No

¿Más de 6 kg en los últimos 6 meses?

Sí

No

¿Más de 3 kg en el último mes?

Sí

No

¿Has tomado bebidas como suplementos o recibido alimentación por sonda en el último mes?

Sí

No

¿Habitualmente tienes dificultad al comer o masticar?

Sí

No

A la hora de comer, ¿sueles mejor solo beber en vez de comer?

Sí

No

¿Te sientes rápidamente "lleno (a)" al primer bocado?

Sí

No

¿Te sientes habitualmente como si fueras a enfermarte?

Sí

No

¿Te ha empezado a quedar la ropa holgada?

Sí

No

¿Necesitas ayuda para cocinar?

Sí

No

En este momento cuáles son las 3 principales preocupaciones sobre tu salud

Dieta

Alcohol cantidad y frecuencia	
Café cantidad y frecuencia	
Tabaco cantidad y frecuencia	
Agua natural cantidad y frecuencia	
Intolerancia a lácteos	
¿Has seguido algún tipo de dieta en específico?	
¿Eres vegano?	
¿Has reducido el consumo de grasas (crema, aceite, mantequilla) o carbohidratos (dulces, refrescos, pan) en tu dieta?	

Estilo de vida

¿Cuántas veces por semana realizas ejercicio físico?	
¿Cuántas veces has cambiado de empleo en el último año?	
¿Trabajas más de 60/h por semana?	

Medicamentos

Cortisona	Laxantes	Terapia hormonal	Tx p/diabetes	Diuréticos
Estrógeno/progesterona	Insulina	Tx p/tiroides	Tx p/corazón	HTA

En caso de tomar alguno de estos, especificar marca y dosis diaria:

Nombre de quién aplicó el cuestionario

ANEXO E DESCRIPCIÓN DE MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS

Medición	Descripción
Peso	La báscula deberá marcar 0. El paciente subirá al centro de la plataforma con los brazos a los lados y mirando siempre hacia el frente; los pies deberán distribuirse de forma uniforme sobre la báscula.
Estatura	Colocar al paciente de espaldas a la base vertical del estadiómetro, los pies deberán de estar separados aproximadamente 60° y los talones juntos, alinear la cabeza en el plano de Frankfort (línea imaginaria que parte desde la cavidad auditiva, pasa por el tragus y se dirige hacia el borde inferior de la cavidad orbital).
Circunferencia de Hombros	El técnico se coloca de frente pero ligeramente del lado derecho del paciente. El técnico ubica la máxima protuberancia del músculo deltoides debajo del acromion. Esta ubicación puede realizarse con el brazo hacia arriba y el codo en un ángulo de 90°, sin tensión, o con los brazos a los costados. La cinta debe pasar por delante y detrás de forma horizontal. La cinta pasa por debajo de la línea marcada horizontalmente. La lectura del valor a medir debe realizarse entre el esternón y la axila.
Circunferencia de Pecho	La técnica del Manual de referencia (Lohman) sugiere medir el perímetro de pecho a la altura de la cuarta costilla en la unión esterno-costal. Se usa el dedo índice para ubicar cada costilla cerca de la unión esterno-costal. Debido a la complejidad que puede resultar ubicar la cuarta unión esterno-costal con los dedos, Ross et al, 1982 sugieren que la medición se realice en el punto medio del esternón. El punto medio del esternón se localiza entre la escotadura jugular, hasta el extremo distal del apéndice xifoides. El técnico hará una marca horizontal justo en el punto medio entre estas dos referencias anatómicas. La técnica del somatograma de Behnke sugiere que en los hombres se marquen dos líneas horizontales (2.5 cm) por arriba de la línea media de los pezones. En mujeres, la cinta se ubica inmediatamente por debajo de las axilas. Como referencia, el técnico puede colocar sus dedos índices por debajo de las axilas y realizar una marca horizontal por debajo de ellos. El técnico se coloca de frente pero ligeramente del lado derecho del paciente. El paciente puede levantar los brazos ligeramente a los lados, o retraerlos para que el técnico pase la cinta alrededor del pecho retraerlos. Cuando la cinta ya haya sido colocada alrededor, el paciente colocará los brazos relajados a los lados del cuerpo. Se debe vigilar que la cinta este horizontal al piso cuando pase por la espalda. La cinta pasa sobre las líneas horizontales marcadas. La lectura del valor a medir debe realizarse entre el esternón y la axila.
Circunferencia de brazo en tensión	Con el codo flexionado, en un ángulo de 45° (antebrazo respecto al brazo), el puño cerrado y el bíceps contraído se mide en su máxima extensión. El técnico debe colocarse del lado derecho del paciente y los dos extremos de la cinta y sus manos deberán estar de un mismo lado, por enfrente del brazo. Si se contempla repetir la medición, se realiza una marca vertical del lado derecho (por arriba) del margen superior de la cinta. El siguiente técnico deberá colocar el margen superior de la cinta por debajo (izquierda) de la línea vertical previamente marcada.

Circunferencia de brazo	Se le pide al paciente que se coloque mirando hacia el frente y con el antebrazo flexionado formando un ángulo de 90°. Se marcará con una cruz el punto medio entre el acromion y el olecranon, justo sobre la línea media posterior del brazo; después de haber marcado este punto, el paciente relaja los brazos con las palmas hacia sus muslos, la cinta deberá pasar o cubrir la línea horizontal previamente marcada.
Circunferencia de Antebrazo	El paciente se coloca con los brazos colgando hacia abajo y ligeramente separados del tronco con las palmas de la mano hacia enfrente. La cinta deberá moverse hacia arriba y hacia abajo hasta encontrarse la circunferencia máxima del antebrazo. Se realiza una marca horizontal inmediatamente por arriba del margen superior de la cinta. Si la medición se repite, el borde superior de la cinta se ubica por debajo de la marca horizontal.
Circunferencia de muslo medial	El paciente subirá su pierna a un banco antropométrico y formando un ángulo de 90°; El técnico marcará el punto medio de la longitud del muslo (distancia está entre el borde inguinal y el borde proximal de la rotula). La medición se realiza con el paciente de pie, la cinta cubre o pasa sobre la marca horizontal.
Circunferencia de Muslo proximal	La cinta es colocada alrededor del muslo inmediatamente distal al surco glúteo (inmediatamente debajo de la unión entre el glúteo y el muslo). La medición se realiza estando el técnico del lado derecho del paciente.
Circunferencia de Pantorrilla	El paciente puede colocarse sentado mientras que los pies se mantienen sobre el piso. Otra opción es subir la pierna en un banco antropométrico y flexionar en un ángulo de 90°. La posición estandarizada es de pie. Se colocará la cinta métrica alrededor de la pantorrilla de forma horizontal subiéndola y bajándola tratando de ubicar la máxima protuberancia. Se realiza una marca horizontal inmediatamente por arriba del margen superior de la cinta. Si la medición se repite, el borde superior de la cinta se ubica por debajo de la marca horizontal.
Cintura más estrecha	Se ubica la cintura más estrecha. El técnico se coloca de frente al paciente y con ambas manos y dedos índices ubica la parte más estrecha del tronco. El ayudante marca el sitio con una línea horizontal por arriba de los dedos. El técnico se coloca del lado derecho del paciente. La cinta se coloca al nivel de la cintura natural o más estrecha. La cinta deberá estar horizontalmente y paralela al piso. La cinta pasa por arriba o cubre las marcas horizontales. La medición se toma al término de una exhalación. Para ello se le pide al paciente respirar y exhalar relajadamente.
Cintura umbilical	Esta se medirá al nivel de la cicatriz umbilical.
Cintura OMS	En el caso de no poder ubicar la parte más estrecha de la cintura esta se medirá entre la última costilla y el borde superior de la cresta iliaca. Use una cinta para ubicar el punto medio entre estas dos distancias. Marque a ambos lados de la cintura.
Cintura NHANES	Se deberá palpar el borde lateral superior de la cresta iliaca y marcar una línea horizontal. Cruzar esta línea horizontal con una vertical desde la línea media axilar. Generalmente la línea horizontal no deberá estar por arriba del ombligo.
Circunferencia de Cadera	El técnico rodea al paciente con la cinta métrica a nivel de la máxima extensión de los glúteos o nalgas. El paciente debe juntar los dos pies.
Circunferencia de Rodilla	La medición se realiza con el paciente de pie. El paciente flexiona la rodilla ligeramente, apoyando su peso en el otro

	<p>pie. No es necesario dar un ligero paso hacia adelante. Se colocará la cinta métrica horizontal alrededor de la rodilla, en el punto medio alrededor de la rotula. Se puede emplear un poco mas de presión en la cinta para representar mejor al tejido magro.</p>
Circunferencia de Muñeca	<p>El técnico se coloca frente al paciente quien deberá tener los brazos y codos extendidos con las palmas de la mano hacia arriba. Otra opción es que el paciente extienda su mano con el dorso mirando hacia arriba y no la palma. La cinta se coloca justo en la parte distal la apófisis estiloides del radio-cubito y entre el carpo de la muñeca. Se puede emplear un poco mas de presión en la cinta para representar mejor al tejido magro.</p>
Circunferencia de Tobillo	<p>El paciente se coloca sobre un banco antropométrico o banco apropiado con el peso de su cuerpo distribuido equitativamente en ambos pies y ligeramente separados y descalzo. El técnico se coloca detrás del sujeto. La cinta es pasada alrededor de la menor circunferencia del tobillo, justo por arriba de ambos maléolos. Se realiza una marca horizontal inmediatamente por arriba del margen superior de la cinta. Si la medición se repite, el borde superior de la cinta se ubica por debajo de la marca horizontal.</p>
Pliegue tricpital	<p>El pliegue se toma justo donde se marco el punto medio del brazo para medir la circunferencia media del brazo. La línea horizontal dibujada para la circunferencia de brazo deberá ser intersectada por una vertical que parte desde la punta del codo y se dirige a la marca del acromion. El técnico sostendrá el plicómetro con la mano derecha y colocara las pinzas de forma perpendicular a la longitud del pliegue.</p>
Pliegue subescapular	<p>El técnico marcará con un punto el ángulo inferior de la escapula derecha Dibujara una línea diagonal de 45° con dirección al codo El dedo índice se colocará sobre la línea marcada, 1 o 2 cm por arriba del punto marcado. El pliegue será tomado en diagonal La pinza superior del plicómetro se colocara sobre el punto marcado. Es decir, en este caso las pinzas no se colocan de tal forma que el punto marcado quede entre las dos pinzas del plicómetro.</p>
Pliegue suprailíaco NHANES	<p>El técnico marcará una línea vertical que baja desde la línea media axilar. Después, intersectará la marca vertical con una línea horizontal que pasa sobre el borde superior lateral de la cresta iliaca, que es la línea donde se toma la cintura NHANES. El técnico posa la yema del dedo pulgar justo en la marca de intersección. El dedo índice pasa por arriba y se desplaza anterior a la marca. El pliegue se toma de forma oblicua formando un ángulo de 45° y en dirección a la sínfisis púbica. Las pinzas del plicómetro se posicionan perpendicularmente y 2 cm por debajo del punto marcado. El punto donde las pinzas del plicómetro sujetan el pliegue suprailíaco coincide generalmente con el sitio en donde se marca el pliegue supraespinal.</p>
Pliegue de muslo medial	<p>El pliegue se toma en el punto donde se midió la circunferencia media del muslo. Se marca una línea vertical que intersecta a la línea horizontal de la circunferencia del muslo. Esta línea de preferencia se marca cuando el paciente está de pie.</p>

	<p>El paciente permanece de pie; adelanta su pie y flexiona la rodilla del pie derecho ligeramente, de tal forma que su peso corporal descansa sobre el pie izquierdo, y el derecho permanece relajado y ligeramente flexionado. (NHANES, Manual de Referencia para la Estandarización Antropométrica, Lohman)</p> <p>El pliegue se toma verticalmente a uno o 2 cm por arriba de la marca. Alternativamente el pliegue puede ser tomado con el sujeto sentado (ISAK) cuando no sea posible separar adecuadamente la piel del músculo.</p>
Pliegue de pantorrilla	<p>Se colocará la pierna derecha sobre un banco antropométrico con las rodillas flexionadas 90°. El panículo será tomado de forma vertical en la parte medial de la pantorrilla, donde se localizó el perímetro máximo de pantorrilla. La línea vertical deberá estar en coincidencia con la parte medial de la pantorrilla que corresponde aproximadamente a la línea que parte del punto posterior del hueso maléolo medial y se proyecta hasta el borde proximal del cóndilo del humero.</p>
Bi-epicondilar del húmero	<p>Se le pedirá al paciente que levante el brazo y doble el codo formando un ángulo de 90° con sus palmas mirando hacia el mismo. El técnico deberá tomar el antropómetro con sus dos manos, colocarse frente al paciente y palpará los cóndilos. El cóndilo medial es más bajo que el lateral, así que el calibrador deberá estar un poco inclinado y no en posición horizontal respecto al piso. El técnico comprime con suficiente fuerza ambas ramas del antropómetro.</p>
Bi-epicondilar del fémur	<p>Puede realizarse la medición, con el sujeto parado y la pierna flexionada 90° a la altura de la cadera y el pie sobre un banco. El técnico deberá guiar las pinzas del calibre con ambos dedos índices sobre los epicóndilos lateral y medial del fémur. La medición no necesariamente se realiza con el antropómetro en un plano horizontal.</p>

ANEXO G FORMATO DE RESULTADOS



Centro de Investigación en Nutrición y Salud Pública
Laboratorio de Composición Corporal



Reporte de Densitometría (riesgo de osteoporosis) de cuerpo completo por Absorciometría Dual Rayos X (DXA)

Código del paciente, Nombre: _____
Paciente femenina/masculino de ___ años; Estatura ___ cm; Peso corporal ___ kg.

Parte 1. Resultado de la evaluación del riesgo de osteoporosis

La osteoporosis es un trastorno en el cual se produce una disminución de la masa y densidad ósea, lo que incrementa la fragilidad del hueso y el riesgo de padecer alguna fractura.

Para considerar a un paciente con osteoporosis se compara su densidad ósea del fémur contra la densidad de adultos jóvenes (**T-score ó puntaje T**). También, un paciente se considera con osteoporosis si está por debajo del promedio de su grupo de edad.

La densidad mineral ósea de cuerpo total fue de _____ g/cm².

El valor de **T-score** fue de: _____

Valor que comparados con el de una persona joven₍₁₎, resultan en:

Criterio de clasificación de densidad mineral ósea de cuerpo completo (DMO). OMS 2004.

Resultado de DMO	Clasificación del riesgo de osteoporosis	Definición del indicador de riesgo T score (referencia para el nutriólogo)
1ra. Evaluación _____ g/cm²	adecuado	Densidad mineral ósea mayor o igual a -1 desviación estándar que el valor promedio de la población adulta joven.
	osteopenia baja masa ósea	Densidad mineral ósea entre -1 y -2,5 desviación estándar que el valor promedio de la población adulta joven.
	osteoporosis	Densidad mineral ósea menor o igual a -2,5 desviación estándar que el valor promedio de la población adulta joven.
	osteoporosis severa osteoporosis establecida	Densidad mineral ósea menor o igual a -2,5 desviación estándar que el valor promedio de la población adulta joven y en presencia de fractura.

Interpretación

La densidad mineral ósea de la paciente en la primera medición se encuentra por **debajo/dentro/arriba** del promedio de una persona joven.

Parte 2. Resultado de evaluación de obesidad o déficit de grasa corporal

El porcentaje de grasa corporal total fue de _____. _____%, que equivale a _____._____ kg del peso corporal total.

Evaluación	Clasificación del exceso o deficiencia de grasa corporal		
	Categoría	Valor sugerido Hombre	Valor sugerido Mujer
1° Evaluación _____._____%	En riesgo (exceso de grasa)	Igual o mayor a 30%	Igual o mayor 40%
	Exceso de grasa	Entre 21 y 30%	Entre 31 y 40%
	Adecuado	Entre 13 y 20%	Entre 23 y 30%
	Moderadamente magro	Entre 9 y 12%	Entre 19 y 22%
	Muy magro	Entre 5 y 8%	Entre 15 y 18%
	Riesgo (déficit de grasa)	Menor a 5%	Menor a 15%

Crterios propuestos por el sistema BOD POD. Life Measurement, Inc. www.bodpod.com.

Parte 3. Resultado de la evaluación de índice de masa corporal

El índice de masa corporal es una medida de tamaño corporal que permite compararse con otras personas de diferentes estatura y diferente edad

Evaluación

El índice de masa corporal total fue de _____. _____kg/m², que se clasifica como:

Evaluación	Clasificación del Peso Corporal por Índice de Masa Corporal	
	Categoría	Valores sugeridos
1° Evaluación _____._____kg/m ²	Bajo Peso	Menor a 18.5
	Normal	Entre 18.5 y 24.9
	Sobrepeso	Igual o mayor a 25
	Obesidad I	Entre 30 y 34.9
	Obesidad II	Entre 35 y 39.9
	Obesidad III	Igual o mayor a 40

OMS, 2004

Parte 4. Sugerencia del peso corporal saludable (PCS) y riesgo de desnutrición

Categoría	Parámetro	Resultado
¿Cuál es el peso corporal saludable que se sugiere para ti?*	Ramírez y Negrete, 2008: $PCS\text{ kg} = (0.587 \times \text{estatura cm}) + (0.631 \times \text{sexo}) - 39.3$ En la fórmula: En sexo para hombre es 2; y para mujeres es 1. La estatura es en centímetros. La edad es en años.	
	Hammond, 2000: Hombres PCS kg = 48 kg para 150 cm de estatura + 1.1 kg por cm adicional Mujeres PCS kg = 45 kg para 150 cm de estatura + 0.9 kg por cm adicional	
	Tokunaga, 1991 $PCS\text{ kg} = 22 \times (\text{estatura en metros}^2)$	
Riesgo de desnutrición**	Riesgo de desnutrición por varios cuestionarios	

*El PCS es una guía, no un peso ideal. Puede ubicarse 5 kg hacia arriba ó 5 kg hacia abajo del valor calculado. Debe tomar en cuenta el peso mínimo y máximo que ha tenido y con el que se siente mejor siempre y cuando no implique un riesgo para su salud.

**El riesgo de desnutrición se evalúa considerando hábitos de alimentación, si perdió peso recientemente y algunas actitudes hacia la alimentación.

Parte 5. Evaluación Bioquímica

Medición	Valores sugeridos	Resultado
Colesterol total, mg/dl	Óptimo, si es menor a 200 Moderado, si está entre 200 a 239 Elevado, si es igual o mayor a 240	
Triglicéridos, mg/dl	Es normal si es menor a 150 Tiene límite alto si está entre 150 a 199 Es elevado si está si está entre 200 a 499 Es muy elevado si es mayor o igual a 500	
Colesterol HDL, mg/dl	Hay riesgo de enfermedades del corazón si es menor a 40 Es óptimo si está entre 40 a 59 Hay protección de enfermedades del corazón si es mayor a 60	
Colesterol LDL, mg/dl	Es óptimo, si es menor a 100 Tiene límite óptimo si está entre 100 a 129 Tiene límite alto si está entre 130 a 159 Es elevado si está entre 160 a 189 Es muy elevado si es mayor o igual a 190	
Colesterol VLDL, mg/dl	Es normal si está entre 5 a 40	
Glucosa en ayuno, g/dl	Es normal si está entre 70 a 99 Tiene riesgo de prediabetes si está entre 100 a 125 Hay riesgo de diabetes si es igual o mayor a 126	
Hemoglobina, mg/dl	En hombres es adecuado si está entre 14 a 17 En mujeres es adecuado si está entre 12 a 15	
Hematocrito, %	En hombres es adecuado si está entre 41 a 50 En mujeres es adecuado si está entre 36 a 44	
Albumina, g/l	En adultos es adecuado si está entre 35 a 50	

Los rangos han sido establecidos por el National Heart Lung and Blood Institute, Estados Unidos. (National Heart Lung and Blood Institute, 2012).

Parte 6. Resultados del Análisis de Somatotipo y de Perfil de Proporcionalidad

Nombre							
Fecha de medición							
SOMATOTIPO			SOMATOCARTA				
Medición	Valor	Referencia	<p style="font-size: small;">Sujeto: _____</p> <p style="font-size: x-small;">X = Ectomorfo - Endomorfo Y = 2 x Mesomorfo - Endomorfo + Ectomorfo</p>				
Estatura cm		sin referencia					
Peso kg		sin referencia					
Pliegue de tríceps mm							
Pliegue subescapular mm							
Pliegue iliocrestal mm		sin referencia					
Pliegue de pantorrilla mm		sin referencia					
Bi-epicondilar del húmero mm		sin referencia					
Bi-epicondilar del fémur mm		sin referencia					
Circunferencia brazo en tensión cm		sin referencia					
Circunferencia de pantorrilla cm		sin referencia					
Resultado Somatotipo						Valor de X =	Valor de Y =
Valoración	Puntuación	Interpretación					
Endomorfismo							
Mesomorfismo							
Ectomorfismo							

Adaptado de (Gómez-Landero, Bedoya, Vernetta, & Fernández, 2004).

Atentamente

Dr. Erik Ramírez López
 Responsable del Laboratorio de Composición Corporal
 Centro de Investigación en Nutrición y Salud Pública
 Facultad de Salud Pública y Nutrición

Si deseas mayor información sobre tus resultados, puedes escribir al los siguientes e-mails:
 Debbie Puente Hernández: debbiesamantha@live.com