



Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

INVESTIGACIÓN – **versión post-print**

Esta es la versión aceptada para publicación. El artículo puede recibir modificaciones de estilo y de formato.

Curvas de circunferencia de la cintura por categoría de IMC-edad y sexo en adolescentes colombianos

Waist circumference curves by BMI-age category and sex in colombian adolescents

María Victoria Benjumea^{a*}, Cristian David Santa^a, Alejandro Estrada^a, Claudia Emilia Heredia Ramírez^b, Paola Durán Ventura^c, Audrey Mary Matallana^d, Germán Briceño^e, Jaime Aurelio Céspedes Londoño^c, Verónica Abad^f

^aEscuela de Nutrición y Dietética. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

^bHospital Militar Central, Bogotá, Colombia

^cUnidad de Endocrinología Pediátrica. Fundación Cardioinfantil, Instituto de Cardiología, Bogotá, Colombia

^dUnidad de Endocrinología Pediátrica, Universidad del Valle, Cali, Colombia

^eDepartamento de Pediatría. Fundación Cardioinfantil, Instituto de Cardiología, Bogotá, Colombia

^fUnidad de Endocrinología Pediátrica. Hospital Pablo Tobón Uribe, Medellín, Colombia

*benjumea@yahoo.com.ar; victoria.benjumea@udea.edu.co

Recibido: 16/10/2025; Aceptado: 09/02/2026; Publicado: 11/02/2026.

Editor Asignado: Ashuín Kammar-García, Dirección de Investigación, Instituto Nacional de Geriátrica, Ciudad de México, México.

CITA: Benjumea MV, Santa CD, Estrada A, Heredia Ramírez CE, Durán Ventura P, Matallana AM, Briceño G, Céspedes Londoño JA, Abad V. Curvas de circunferencia de la cintura por categoría de imc-edad y sexo en adolescentes colombianos. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2026; 30(1). doi: 10.14306/renhyd.30.1.2629 [ahead of print].

La Revista Española de Nutrición Humana y Dietética se esfuerza por mantener a un sistema de publicación continua, de modo que los artículos se publican antes de su formato final (antes de que el número al que pertenecen se haya cerrado y/o publicado). De este modo, intentamos poner los artículos a disposición de los lectores/usuarios lo antes posible.

The Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics strives to maintain a continuous publication system, so that the articles are published before its final format (before the number to which they belong is closed and/or published). In this way, we try to put the articles available to readers/users as soon as possible.

Esta obra está bajo una licencia de [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

RESUMEN

Introducción: El indicador antropométrico más utilizado en salud, para evaluar exceso de peso, es el IMC. No obstante, no proporciona información sobre localización de la grasa. Por ello el objetivo fue diseñar curvas de circunferencia de la cintura (CC) por IMC-edad y sexo para adolescentes colombianos.

Metodología: Estudio transversal analítico de bases de datos secundarias de la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional 2015 y de Durán P y col en 2016, con datos de cintura, peso y talla. Se utilizaron Modelos Generalizados Aditivos de Localización, Escala y Forma con transformación Box-Cox Power Exponential (BCPE); y se realizaron procedimientos de validación interna para garantizar que los modelos se ajustaran a los datos.

Resultados: 18.843 adolescentes con 51,5% de mujeres. La CC incrementó con cada categoría de IMC y tuvo valores más altos en hombres. El área bajo la curva fue $\geq 0,84$ y la sensibilidad de cada punto de corte de la CC fue $\geq 0,77$ en las diferentes edades. El incremento total de la mediana de la CC fue más alto en hombres (10,6 cm) que en mujeres (5,4 cm). Las curvas fueron diferentes por edad y sexo. En hombres, el incremento fue continuo y progresivo desde los 13 años, mientras que en mujeres fue más plano. El P90 en las mujeres fue superior al de los hombres en 13 y 14 años. La validación interna de los modelos estimados de curvas contó con buen ajuste (las diferencias en cada percentil no superaron 1% de la información).

Conclusión: El incremento de la mediana de la CC por edad es superior en los hombres desde 13 años, al igual que los percentiles de cambio del IMC-edad para la CC. Las curvas de la CC para la edad, ajustadas con la distribución BCPE, explicaron el comportamiento creciente de la cintura, además de la capacidad predictiva del modelo.

Palabras clave: Circunferencia de la cintura; IMC-edad; curva ROC; adolescente; antropometría; Colombia.

ABSTRACT

Introduction: The most widely used anthropometric indicator in health to assess excess weight is BMI. However, it does not provide information on fat location. Therefore, the objective was to design waist circumference (WC) curves by BMI-age and sex for Colombian adolescents.

Methodology: Analytical cross-sectional study of secondary databases from the 2015 National Nutritional Status Survey and Durán P et al. in 2016, with data on waist circumference, weight, and height. Generalized Additive Models of Location, Scale, and Shape with Box-Cox Power Exponential (BCPE) transformation were used, and internal validation procedures were performed to ensure that the models fit the data.

Results: 18,843 adolescents, 51.5% of whom were female. WC increased with each BMI category and had higher values in males. The area under the curve was ≥ 0.84 , and the sensitivity of each WC cutoff point was ≥ 0.77 at different ages. The total increase in median WC was higher in males (10.6 cm) than in females (5.4 cm). The curves differed by age and sex. In men, the increase was continuous and progressive from age 13, while in women it was flatter. The P90 in women was higher than in men at ages 13 and 14. The internal validation of the estimated curve models showed good fit (the differences in each percentile did not exceed 1% of the information).

Conclusion: The increase in the median WC by age is greater in men from age 13 onwards, as are the percentiles of change in BMI-age for WC. The WC curves for age, adjusted with the BCPE distribution, explained the increasing behavior of the waist, in addition to the predictive capacity of the model.

Key words: Waist Circumference; BMI-age; ROC curve; adolescent; anthropometry; Colombia.

MENSAJES CLAVES

- Es notable el incremento de la mediana de la circunferencia de la cintura (CC) con cada categoría del índice de masa corporal (IMC), con valores más altos en hombres.
- La mediana de la edad en todas las categorías de IMC y en ambos sexos estuvo alrededor de 15 años, con excepción de los hombres delgados.
- Los mayores cambios de la mediana de la CC de 13 a 19 años se presentaron en hombres (10,6 cm vs 5,4 cm).
- Una propuesta que combina la CC, con distintas categorías del IMC, ayuda a mejorar la capacidad predictiva del IMC y a detectar adolescentes con riesgo de obesidad abdominal.

INTRODUCCIÓN

La obesidad en niños y adolescentes se ha convertido en un importante problema de salud mundial debido al aumento de su prevalencia y al hecho de que el exceso de peso se asocia con un mayor riesgo de morbilidad y mortalidad, incluyendo hipertensión, dislipidemia, diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares (ECV) y mortalidad general¹. El indicador antropométrico más utilizado por profesionales de la salud, para evaluar el exceso de peso, es el índice de masa corporal (IMC), aunque no proporciona información sobre distribución y localización de la grasa corporal¹. Esto es de relevancia clínica, dado que se ha establecido que el lugar de depósito y la distribución de la grasa corporal representan un riesgo metabólico diferente, debido a que corresponde al tejido adiposo abdominal, específicamente al adiposo peri-visceral, la asociación con un mayor riesgo de enfermedades no transmisibles^{1a}.

La circunferencia de la cintura -CC- es una medida corporal de obesidad abdominal que revela la acumulación de grasa visceral en una persona y es considerada como uno de los mejores índices de obesidad abdominal para predecir y discriminar el riesgo de enfermedad cardiovascular¹. El tejido adiposo es considerado como un órgano endocrino, el cual no solo cumple su más conocido rol de almacenar grasa, sino que, además, secreta una serie de proteínas conocidas como adipocinas que presentan una función endocrina variada según la

interacción que tengan con el sistema nervioso central o con otros órganos corporales. De esta manera, combinar el IMC con la CC en la evaluación del estado nutricional, le aportará al profesional de la salud información integral para tamizar en la consulta, entre otros^{1b}, a aquellos adolescentes con posible riesgo cardiovascular, dado su cambio en la composición corporal (masa grasa y magra), debido al proceso de maduración sexual en el que están inmersos.

La obtención de la CC es un método simple para evaluar la adiposidad abdominal, fácil de estandarizar y aplicar clínicamente. La CC está fuertemente asociada con mortalidad por todas las causas con o sin ajuste para el IMC¹. Sin embargo, la fuerza total de la asociación entre la CC con morbilidad y mortalidad se realiza solo después del ajuste para el IMC¹. De hecho, la resistencia a la inclusión rutinaria de la CC en la práctica clínica no solo ignora la evidencia de su utilidad, sino que desaprovecha la oportunidad para aconsejar a los pacientes sobre el fenotipo de mayor riesgo de obesidad (androide). Igualmente, la medición, tanto del IMC como de la CC, proporcionará oportunidades únicas para monitorear la utilidad del tratamiento y la eficacia de las intervenciones diseñadas para controlar la obesidad y las enfermedades metabólicas relacionadas¹.

Colombia no cuenta con una referencia propia para evaluar la CC en adolescentes; varios países disponen ya de ella para evaluar en la consulta nutricional y de salud la CC de sus adolescentes: en Latinoamérica, Cuba (La Habana)², Venezuela (Mérida)³ y Perú⁴; en Estados Unidos⁵.

El objetivo de este estudio fue diseñar curvas percentilares de la CC para los adolescentes colombianos de todas las etnias por edad y sexo a partir de cada categoría del IMC, que contribuyan con la prevención y tratamiento temprano de la obesidad abdominal.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un análisis secundario de los datos del estudio transversal de la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional -ENSIN 2015-⁶ en los adolescentes (13 a 17 años 11 meses y 30 días) evaluados en los hogares colombianos. Los detalles metodológicos de la ENSIN 2015 fueron publicados previamente⁶. De forma adicional, se contó con datos del estudio transversal de Durán P y col, 2016⁷, que incluyó adolescentes de 13 a 19 años, residentes en las cuatro ciudades capitales más importantes del país -Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali-, pertenecientes a los estratos cuatro a seis. El protocolo de evaluación antropométrica de los adolescentes del estudio de Durán P y col, tuvo en cuenta la misma técnica de obtención de la circunferencia de la cintura de la ENSIN 2015^{6,7}. De forma complementaria, los diseños muestrales fueron similares, probabilísticos y polietápicos, en los dos estudios, tal como consta en las publicaciones originales de cada uno de ellos^{6,7}.

Criterios inclusión y exclusión

Adolescentes entre 13 a 19 años cero meses, con datos de CC, talla y peso. Se contó con 19.749 registros de adolescentes que cumplieron con los criterios de inclusión. Los criterios de exclusión fueron valores no plausibles para talla/edad, embarazo, desnutrición crónica (baja talla para la edad <-2 puntajes Z) y el índice de conicidad con valores por debajo de -2 puntuaciones Z y por encima de $+2$ puntuaciones Z.

Limpieza de datos atípicos

En cada edad, se obtuvo para la variable índice de conicidad (ICO)/edad, el valor mínimo y máximo y los percentiles correspondientes al puntaje Z -2 y $+2$. Se evaluó el comportamiento creciente del ICO con respecto a la edad y se estableció el dato atípico como aquel valor de ICO por fuera del rango entre puntaje Z $(-2$ y $2)$ en cada edad. La depuración de los datos atípicos redujo el número de registros de la base de datos a 18.843.

Fuente de los datos

La ENSIN 2015 obtuvo medidas antropométricas en miembros del hogar sin discapacidad física o mental mediante encuestadoras entrenadas en la técnica antropométrica y con el uso de instrumentos calibrados de acuerdo con las técnicas propuestas por Lohman TG y col y por ISAK⁶. En la ENSIN 2015 la talla se midió con un estadiómetro (Shorr Board portátil) con

sensibilidad de un milímetro. El peso corporal se obtuvo con balanza marca SECA 874 con capacidad de 200 kg y sensibilidad de ± 100 g para pesos de 0 a 50 kg y de $\pm 0,15\%$ para pesos superiores. La CC se midió a todos los participantes dos veces con cinta antropométrica metálica (ROSSCRAFT con capacidad de 200 cm y sensibilidad de 1 mm) paralela al piso con las personas en posición de pie, erguidos, sin zapatos, con las piernas separadas y con los brazos doblados y abrazando el pecho. La CC se midió, en el punto medio entre el reborde costal no flotante y el borde superior de la cresta iliaca. El IMC se estimó como peso (kg)/talla(m²)⁶. El estudio de Durán y col usó la misma técnica antropométrica propuesta por la OMS y por las distintas versiones de la ENSIN en el país, para la obtención de las medidas antropométricas. En cuanto a los equipos, usaron tallímetro marca Accustat y balanza marca Tanita con las mismas sensibilidades requeridas en la ENSIN 2015⁶. En la talla se consideró diferencia menor o igual a 0,1 cm y en el peso a 0,1 kg⁶.

La clasificación antropométrica de los adolescentes se definió de acuerdo con los puntos de corte de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el IMC para la edad⁸ y para la talla para la edad⁹.

Análisis estadístico

El análisis descriptivo para cada una de las variables cuantitativas se agrupó por sexo. La descripción se hizo con promedios, medianas, desviaciones estándar, rangos intercuartílicos (IQR), valor mínimo y máximo. Se evaluaron los comportamientos de la CC según la edad mediante correlogramas, curvas suavizadas de tendencia central y percentilar mediante métodos de regresión local¹⁰ y suavizamiento aditivo de regresión de cuantiles¹¹. Se realizaron análisis de armonización de la CC por edad, clasificación del IMC y etnia (autorreconocimiento de pertenencia étnica –Indígenas de distintos pueblos; Negro/Mulato/Afrocolombiano/Afrodescendiente/Palenquero de San Basilio; Sin pertenencia étnica o los demás que se denominan en otros contextos: Mestizos–), con la técnica de Diferencias Estandarizadas de Sitio (SSD)⁹ y se consideraron valores de SSD dentro del rango de $\pm 0,5$ unidades de desviación estándar agrupadas, como tamaño mínimo del efecto para excluir los grupos poblacionales¹² en los cuales no se detectaron diferencias

significativas. Este análisis no fue posible realizarlo con los datos de Durán P y col., debido a que no contaba con la variable etnia en la base de datos.

Modelo

Se separaron los datos de cintura y edad exacta por sexo biológico (hombres = 9.135; mujeres = 9.708). En cada grupo se construyeron modelos de crecimiento basados en la metodología Lambda-Mu-Sigma (LMS)¹³ con diferentes funciones de enlace de la familia de distribuciones Box-Cox de cuatro parámetros. Estos ajustes se realizaron mediante Modelos Generalizados Aditivos de Localización, Escala y Forma (GAMLSS) ajustando P-Splines¹⁴, para cada parámetro de la distribución¹⁵. La selección de los mejores modelos de las curvas tuvo en cuenta aquellos con los menores valores en los criterios Generalized Akaike Information Criterion (GAIC)¹⁶, y Criterio de Información de Akaike (AIC) y el Global Deviance¹⁵. La normalidad de los residuales del modelo se evaluó con QQ-plots, test de Mardia¹⁷ y estadísticos Q¹⁸, el ajuste del modelo de crecimiento se evaluó mediante los WormPlots¹⁹ y para la especificación, se implementó la comparación de cuantiles²⁰ sobre las respuestas predichas que no excedieran el 5 % de diferencia con respecto al valor percentilar.

Posteriormente, se separaron las bases de datos de cada sexo según los pares de categorías de clasificación del IMC (Delgadez (<-2 DS) a Normalidad ($\geq$ -2 DS - $\leq$ +1 DS), Normalidad ($\geq$ -2 DS - $\leq$ +1 DS) a Sobrepeso (> +1 DS - $\leq$ +2 DS), Sobrepeso (> +1 DS - $\leq$ +2 DS) a Obesidad (> +2 DS) y Normalidad ($\geq$ -2 DS - $\leq$ +1 DS) a Exceso de peso (> +1 DS)⁸ para obtener una variable dicotómica que separara el estado nutricional de los adolescentes. Con cada subconjunto se realizó análisis a partir de la curva característica de funcionamiento del receptor (ROC) ajustado por covariables continuas (AROC), mediante el modelo de regresión ROC no paramétrica inducida²¹. Este modelo permitió establecer los puntos de corte de la CC que discriminaron cada categoría de IMC según la edad del adolescente.

Luego se estimaron valores de sensibilidad, especificidad y área bajo la curva de cada punto de corte de la CC óptimo para la edad y sexo, y se extrajeron los percentiles del modelo GAMLSS para cada edad simple según el punto de corte de la CC²². Finalmente, para establecer los canales percentilares del cambio de categoría del IMC correspondientes a la

CC para la edad y sexo, se utilizó la mediana de los percentiles predichos asociados a los puntos de corte óptimos de la CC.

Todos los cálculos se realizaron con el software estadístico R-project v4.2.2, y los resultados se analizaron considerando un nivel de significancia del 5 %.

La realización de ambos estudios fuente de los datos tuvo en cuenta las directrices establecidas en la Declaración de Helsinki²³ y la Resolución 8430 del Ministerio de Salud de Colombia que estableció las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud²⁴.

RESULTADOS

Se estudiaron 18.843 adolescentes colombianos, 5.711 de la base de Durán P y col y 13.132 de ENSIN 2015 de todas las etnias, con 51,5 % (n=9.708) de mujeres. La descripción de la población estudiada se presenta en la tabla 1. En ella es notable el incremento de la mediana de la CC con cada categoría del IMC, con valores más altos en hombres.

La tabla 2 presenta los resultados de la capacidad predictiva y del área bajo la curva -AUC- del modelo de predicción usado con los cambios de categorías del IMC y con la CC en adolescentes, por edad y sexo: *delgadez a normalidad*, *normalidad a sobrepeso*, *sobrepeso a obesidad* y de *normalidad a exceso de peso*. Es importante destacar que, en todos los casos, el AUC fue $\geq 0,84$ y la sensibilidad de cada punto de corte de la CC, fue $\geq 0,77$. También se encontró que las medianas de los percentiles de la CC para las distintas categorías del cambio del IMC, fueron menores en las mujeres (Tabla 2).

Tabla 1. Características descriptivas de los adolescentes estudiados por sexo y categoría de IMC (n=18.843)

HOMBRES (n= 9.135)										
C-IMC	Variable	n	prom	desv	IQR	mín	P25	P50	P75	máx
Delgadez <-2 DS	Edad	248	15,92	2,95	1,70	13,0	14,4	16,0	17,4	19,0
	IMC		15,73	1,40	0,93	13,1	15,1	15,8	16,5	17,4
	baz		-2,45	0,48	0,42	-4,3	-2,6	-2,3	-2,2	-2,0
	cintura		62,24	5,10	4,24	51,9	59,8	62,0	64,9	75,0
	haz		-0,82	1,29	1,02	-7,2	-1,5	-0,9	-0,2	3,2
	peso		42,70	10,40	6,87	23,6	37,3	43,3	47,7	62,0
	talla		164,09	14,35	10,32	119,2	157,5	164,4	171,8	198,0
Normalidad ≥-2 DS - ≥+1 DS	Edad	7475	15,90	2,75	1,67	13,0	14,5	15,9	17,3	19,0
	IMC		19,81	2,84	1,99	15,0	18,3	19,7	21,2	25,4
	baz		-0,28	1,13	0,73	-2,0	-0,8	-0,2	0,3	1,0
	cintura		69,78	7,30	5,58	53,5	66,0	69,5	73,3	92,1
	haz		-0,57	1,19	0,85	-6,7	-1,2	-0,6	0,0	3,1
	peso		54,92	11,90	8,81	26,9	49,0	54,9	60,9	91,1
	talla		166,01	10,30	8,28	120,3	161,3	166,5	171,6	195,0
Sobrepeso >+1 DS - ≤+2 DS	Edad	1087	15,61	2,92	1,72	13,0	14,1	15,4	17,0	19,0
	IMC		24,69	2,51	1,78	20,8	23,4	24,7	25,9	29,5
	baz		1,41	0,44	0,27	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
	cintura		80,66	8,90	6,37	63,0	76,3	80,5	85,2	98,3
	haz		-0,29	1,33	0,94	-3,0	-1,0	-0,3	0,4	3,4
	peso		69,18	13,50	9,87	39,9	62,5	69,4	76,0	97,3
	talla		166,95	11,00	8,17	135,2	161,5	167,6	172,5	194,8
Obesidad >+2 DS	Edad	325	15,54	3,03	1,77	13,0	13,9	15,3	16,9	19,0
	IMC		29,96	3,30	3,07	25,0	28,0	29,6	31,3	43,1
	baz		2,44	0,43	0,39	2,0	2,2	2,4	2,6	4,2
	cintura		91,82	10,40	7,82	74,0	86,6	92,0	97,0	117,7
	haz		-0,14	1,31	1,05	-4,1	-0,8	-0,2	0,5	3,2
	peso		84,64	16,40	13,12	54,5	76,8	84,7	93,2	142,1
	talla		167,69	10,30	7,98	141,1	162,5	169,0	172,8	184,4
MUJERES (n= 9.708)										
C-IMC	Variable	n	prom	desv	IQR	mín	P25	P50	P75	máx
Delgadez <-2 DS	Edad	135	15,8	2,69	1,71	13,0	14,5	15,6	17,2	19,0
	IMC		15,3	0,99	0,72	12,2	14,9	15,4	15,9	16,3
	baz		-2,4	0,40	0,41	-4,4	-2,5	-2,3	-2,1	-2,0
	cintura		58,9	5,05	3,74	50,0	56,1	59,1	61,1	71,0
	haz		-0,5	1,28	1,09	-5,1	-1,2	-0,6	0,1	4,8
	peso		38,3	6,10	4,31	27,2	35,4	38,0	41,5	54,5
	talla		158,0	8,75	7,73	129,5	153,7	157,7	162,5	195,0
Normalidad ≥-2 DS - ≥+1 DS	Edad	7615	15,9	2,92	1,71	13,0	14,4	15,8	17,3	19,0
	IMC		20,3	3,03	2,02	15,0	18,7	20,2	21,8	25,0
	baz		-0,1	1,05	0,69	-2,0	-0,6	-0,1	0,4	1,0
	cintura		67,9	7,60	5,48	52,6	64,0	67,5	71,6	87,6
	haz		-0,6	1,11	0,81	-6,4	-1,2	-0,6	-0,1	3,1
	peso		50,4	8,70	6,36	25,7	46,0	50,2	54,7	80,8
	talla		157,6	7,60	5,63	119,4	153,6	157,3	161,2	183,8
Sobrepeso >+1 DS - ≤+2 DS	Edad	1578	15,7	2,79	1,72	13,0	14,2	15,6	17,0	19,0
	IMC		25,4	2,19	1,62	21,9	24,3	25,3	26,5	29,7

Obesidad >+2 DS	baz		1,4	0,47	0,28	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
	cintura		77,9	8,00	5,68	63,1	73,8	77,7	81,8	95,3
	haz		-0,6	1,11	0,81	-4,6	-1,2	-0,7	-0,1	2,1
	peso		62,8	8,50	6,35	42,1	58,3	62,5	66,8	85,2
	talla		157,0	7,88	5,59	130,4	152,9	156,5	160,8	176,8
	Edad		15,8	3,33	1,80	13,0	14,2	15,6	17,5	18,9
	IMC		31,1	3,16	3,48	26,5	29,1	30,3	32,3	67,1
	baz		2,4	0,43	0,46	2,0	2,1	2,3	2,6	7,4
	cintura	380	88,1	9,00	6,99	69,5	83,0	87,5	92,0	114,3
	haz		-0,6	1,21	1,00	-9,1	-1,2	-0,6	0,0	2,1
	peso		77,0	11,43	9,25	53,3	70,5	76,1	81,9	123,9
	talla		157,4	8,22	6,67	102,0	153,4	157,4	161,6	176,7

C-IMC: cintura por categoría de índice de masa corporal del adolescente; baz: puntaje z del IMC para la edad; haz: puntaje z de la talla para la edad; IQR: intervalo intercuartílico. IMC: índice de masa corporal; prom: promedio; desv: desviación estándar; P: percentil; mín: valor mínimo; máx: valor máximo

Tabla 2. Valor predictivo de la circunferencia de la cintura al cambiar de categoría del IMC del adolescente por edad y sexo (n=18.843)

HOMBRES (n= 9.135)								
Cambio de categoría del IMC	edad	Espe	Sensi	Punto de corte de CC (cm)	AUC	Perc. de CC/categoría de cambio	Perc. promedio de CC al cambiar	Mediana de CC al cambiar (cm)
Delgadez a Normalidad (<-2 DS) a (≥-2 DS - ≥+1 DS)	13,0	0,74	0,77	60,9	0,84	24,9	18,2	17,8
	14,0	0,8	0,82	62,5	0,90	16,7		
	15,0	0,82	0,85	64,0	0,91	14,7		
	16,0	0,82	0,83	65,6	0,91	15,8		
	17,0	0,82	0,82	67,3	0,90	18,4		
	18,0	0,82	0,82	68,3	0,90	17,8		
	19,0	0,76	0,81	70,9	0,87	24,1		
Normalidad a Sobrepeso (≥-2 DS - ≤+1 DS) a (> +1 DS - ≤+2 DS)	13,0	0,84	0,84	68,9	0,92	72,0	75,2	76,0
	14,0	0,84	0,88	71,6	0,94	72,2		
	15,0	0,88	0,88	73,8	0,95	74,8		
	16,0	0,84	0,88	76,0	0,94	77,2		
	17,0	0,9	0,90	77,3	0,96	76,8		
	18,0	0,86	0,89	79,0	0,95	76,8		
	19,0	0,88	0,89	80,8	0,95	75,6		
Sobrepeso – Obesidad (> +1 DS - ≤+2 DS) a (> +2 DS)	13,0	0,86	0,87	78,3	0,94	93,1	95,6	96,1
	14,0	0,82	0,86	81,7	0,92	94,3		
	15,0	0,8	0,82	86,0	0,90	96,3		
	16,0	0,82	0,84	87,2	0,92	96,3		
	17,0	0,76	0,78	88,6	0,87	96,4		
	18,0	0,84	0,87	90,2	0,94	96,1		
	19,0	0,76	0,78	91,8	0,86	95,4		
Normalidad – Exceso (≥-2 DS - ≥+1 DS) a (> +1 DS)	13,0	0,86	0,89	69,3	0,95	73,6	76,8	77,6
	14,0	0,86	0,89	71,9	0,95	73,8		
	15,0	0,86	0,90	74,2	0,95	76,4		
	16,0	0,88	0,88	76,4	0,96	78,8		
	17,0	0,9	0,90	77,7	0,97	78,4		
	18,0	0,88	0,90	79,5	0,96	78,4		
	19,0	0,88	0,90	81,3	0,96	77,2		
MUJERES (n= 9.708)								
Cambio de categoría del IMC	edad	Espe	Sensi	Punto de corte de CC (cm)	AUC	Perc. de CC/categoría de cambio	Perc. promedio de CC al cambiar	Mediana de CC al cambiar (cm)
Delgadez a Normalidad (<-2 DS) a (≥-2 DS - ≥+1 DS)	13,0	0,84	0,89	59,0	0,93	11,0	12,9	13,3
	14,0	0,84	0,89	60,2	0,94	10,8		
	15,0	0,84	0,86	62,0	0,92	14,0		
	16,0	0,84	0,85	63,1	0,91	14,7		
	17,0	0,84	0,89	63,1	0,93	12,0		
	18,0	0,84	0,87	64,0	0,92	13,5		
	19,0	0,84	0,87	64,6	0,93	13,7		
Normalidad a Sobrepeso (≥-2 DS - ≤+1 DS) a (> +1 DS - ≤+2 DS)	13,0	0,8	0,82	69,4	0,90	67,1	68,8	69,2
	14,0	0,82	0,83	70,8	0,91	67,1		
	15,0	0,82	0,82	72,5	0,91	69,2		
	16,0	0,82	0,83	73,6	0,91	69,9		
	17,0	0,82	0,83	74,3	0,91	69,8		

	18,0	0,82	0,86	74,8	0,93	69,0		
	19,0	0,84	0,88	75,5	0,94	69,4		
	13,0	0,8	0,82	77,6	0,91	92,0		
	14,0	0,8	0,82	79,7	0,91	92,7		
	15,0	0,76	0,80	81,6	0,88	93,3		
Sobrepeso – Obesidad (> +1 DS - ≤+2 DS) a (> +2 DS)	16,0	0,78	0,83	83,1	0,90	93,7	93,5	93,7
	17,0	0,78	0,82	84,1	0,90	93,9		
	18,0	0,76	0,79	85,3	0,87	94,2		
	19,0	0,74	0,74	86,9	0,83	94,9		
	13,0	0,82	0,85	69,7	0,92	68,6		
	14,0	0,82	0,86	71,1	0,93	68,6		
	15,0	0,82	0,84	72,9	0,92	70,7		
Normalidad – Exceso (≥-2 DS - ≥+1 DS) a (> +1 DS)	16,0	0,82	0,85	74,0	0,92	71,4	70,3	70,7
	17,0	0,84	0,85	74,7	0,93	71,4		
	18,0	0,84	0,88	75,1	0,94	70,6		
	19,0	0,86	0,88	75,9	0,95	70,9		

Abreviaturas: Espe: especificidad; Sensi: sensibilidad; AUC: área bajo la curva; Perc: percentil; CC: circ. de cintura

En la tabla 3, se muestran, entre otros, los percentiles de la CC (cm) por edad y sexo (P3 a P97). Los mayores cambios de la mediana de la CC de 13 a 19 años se presentaron en hombres (10,6 cm vs 5,4 cm); adicionalmente, se muestran los percentiles de corte de la CC con su valor en cm para cada clasificación del IMC separados por edad y sexo. Vale mencionar que cambiar de categoría de IMC de *delgadez a obesidad* por cada edad, significó aumentos mayores de la CC en cm para hombres (cambio en hombres 23,2 cm a los 19 años y cambio en mujeres 21,2 cm a la misma edad) (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros* y percentiles de la cintura según edad y sexo y percentiles de corte de la CC por categoría del IMC de los adolescentes (n=18.843)

HOMBRES (n= 9.135)																
Edad (año)	Parámetros				Percentiles CC (cm)								Percentiles de corte de CC según categoría del IMC			
													Delgadez P17,8	Sobrepeso P76,0	Obesidad P96,1	Exceso P77,6
	Cintura correspondiente a cada percentil (cm)															
mu	sigma	nu	tau	P3	P10	P25	P50	P75	P90	P97	CC (cm)	CC (cm)	CC (cm)	CC (cm)		
13	64,70	0,0994	-2,83	1,95	55,7	58,0	60,9	64,7	69,6	75,7	84,5	59,7	69,9	82,4	70,4	
14	67,59	0,0936	-2,74	1,78	58,5	61,0	63,9	67,6	72,2	78,0	86,3	62,7	72,5	84,3	72,9	
15	69,44	0,0900	-2,66	1,70	60,3	62,9	65,8	69,4	73,9	79,4	87,4	64,6	74,1	85,5	74,5	
16	70,92	0,0884	-2,59	1,72	61,7	64,3	67,3	70,9	75,4	80,9	88,5	66,0	75,6	86,8	76,0	
17	72,19	0,0886	-2,52	1,79	62,7	65,4	68,4	72,2	76,8	82,4	89,9	67,1	77,1	88,2	77,5	
18	73,58	0,0906	-2,45	1,88	63,8	66,5	69,6	73,6	78,5	84,3	91,9	68,3	78,8	90,2	79,2	
MUJERES (n= 9.708)																
Edad (año)	Parámetros				Percentiles CC (cm)								Percentiles de corte de CC según categoría del IMC			
													Delgadez P13,3	Sobrepeso P69,2	Obesidad P93,7	Exceso P70,7
	Cintura correspondiente a cada percentil (cm)															
mu	sigma	nu	tau	P3	P10	P25	P50	P75	P90	P97	CC (cm)	CC (cm)	CC (cm)	CC (cm)		
13	66,09	0,1004	-1,60	2,26	56,1	58,7	61,8	66,1	71,2	76,5	82,5	59,5	69,8	78,9	70,2	
14	67,48	0,1004	-1,60	2,23	57,3	60,0	63,1	67,5	72,7	78,1	84,2	60,8	71,3	80,5	71,6	
15	68,66	0,1004	-1,60	2,19	58,3	61,0	64,3	68,7	73,9	79,4	85,8	61,9	72,5	81,9	72,9	
16	69,58	0,1004	-1,62	2,16	59,1	61,9	65,2	69,6	74,9	80,5	87,0	62,7	73,4	83,1	73,8	
17	70,28	0,1004	-1,67	2,13	59,7	62,5	65,8	70,3	75,6	81,3	88,0	63,4	74,2	84,0	74,5	
18	70,89	0,1005	-1,76	2,10	60,3	63,1	66,4	70,9	76,3	82,1	89,1	64,0	74,8	84,9	75,2	

*Modelo GAMLSS con transformación Box-Cox Power Exponential; mu: media; sigma: desviación estándar; nu: asimetría; tau: curtosis

En lo correspondiente a las curvas de la CC por categoría del IMC, estas mostraron comportamientos diferentes por edad y sexo (Gráfica 1). El dimorfismo sexual y la maduración sexual previa de las mujeres se confirmó al observar con detalle la forma de las curvas comparada con las de hombres; en ellos se presentó un incremento constante y superior hasta los 18 años. Las diferencias entre las curvas se presentaron tanto en la forma como en el ancho de los canales de la CC (cm) por categoría del IMC (Tabla 3 y Figura 1).

Avance Online - RENHYD

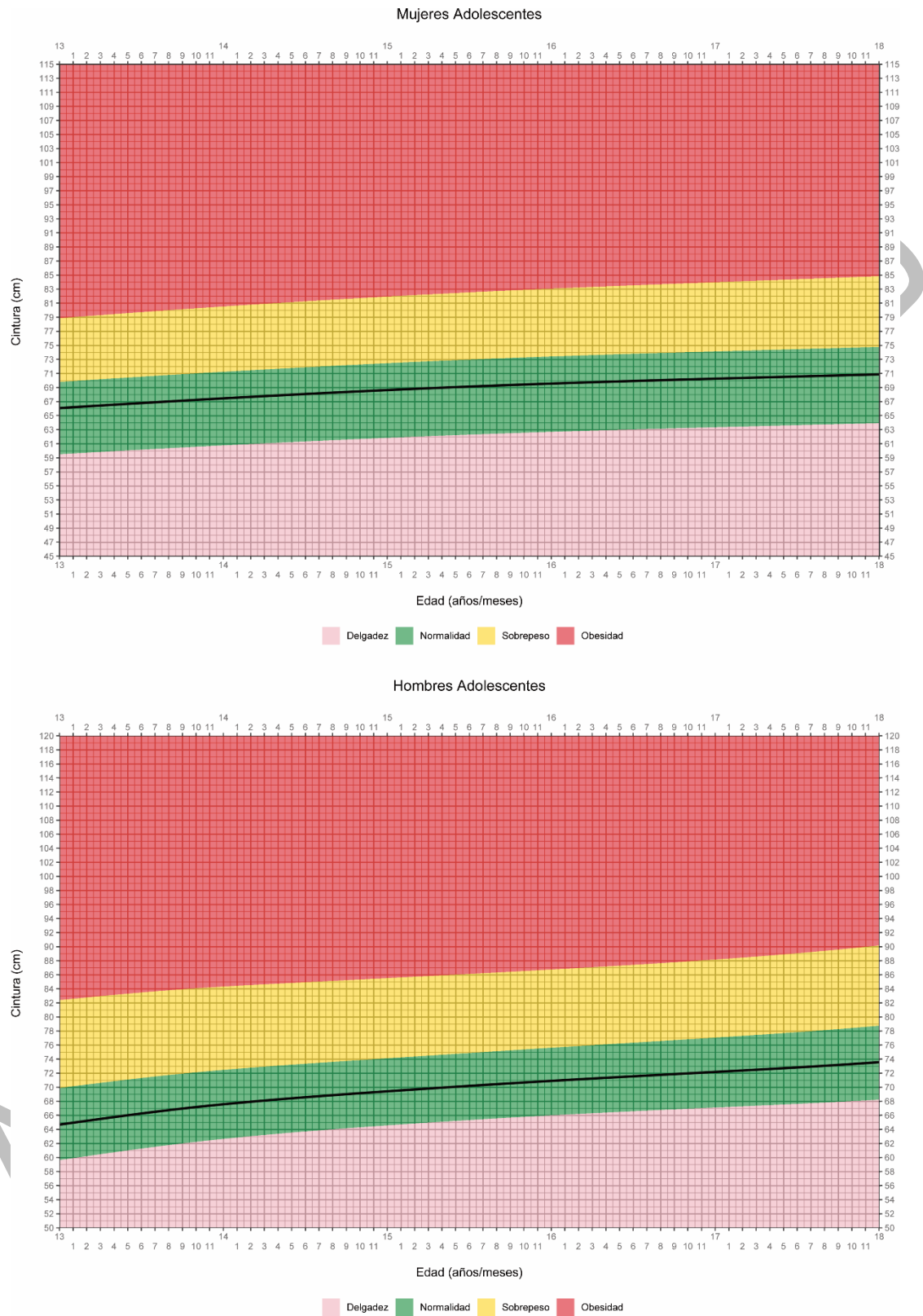


Figura 1. Curvas de cintura para adolescentes colombianos de sexo masculino (n=7.291) y femenino (n=7.388) según IMC

Las diferencias entre el P50 y el P75 de la CC fueron mayores en las mujeres en todas las edades (hombres= entre 4,5 y 5,3 cm; mujeres= entre 5,1 y 5,4 cm); mientras que al evaluar el cambio entre el P75 y el P90, los incrementos fueron superiores entre los hombres (hombres= entre 5,5 y 6,1 cm; mujeres= entre 5,3 y 6,0 cm) (Tabla 3 y Gráfica 1).

En la validación interna del modelo, se compararon percentiles teóricos de la curva de CC para la edad de hombres y mujeres. Para los dos modelos estimados de curvas, se contó con un buen ajuste, por lo que las diferencias en cada percentil no superaron el 1,0 % de la información; por tanto, las curvas de la CC para la edad, ajustadas con la distribución Box-Cox Power Exponential (BCPE), permitieron explicar el comportamiento creciente de la cintura, además de la capacidad predictiva del modelo (Tabla 4).

Tabla 4. Validación interna del modelo por sexo

Hombres (BCPE)*			Mujeres (BCPE)*		
Percentil	Casos por debajo del percentil (%)	Diferencias (%)	Percentil	Casos por debajo del percentil (%)	Diferencias (%)
3%	2,77	0,23	3%	2,89	0,11
10%	9,57	0,43	10%	10,09	0,09
25%	24,90	0,10	25%	24,73	0,27
50%	50,55	0,55	50%	50,52	0,52
75%	75,27	0,27	75%	75,29	0,29
90%	89,01	0,99	90%	89,91	0,09
97%	96,56	0,44	97%	96,77	0,23

*BCPE: modelo Box-Cox Power Exponential

DISCUSIÓN

Este estudio presenta por primera vez en Colombia, curvas específicas por edad y sexo para la CC basadas en las distintas categorías del IMC de una muestra representativa de adolescentes de 13 a 19 años de todas las etnias existentes y evaluadas en el país (Afrodescendiente: Negro/Mulato/Afrocolombiano/Afrodescendiente/Palenquero de San Basilio; -Indígenas de distintos pueblos selváticos y costeros y -Sin pertenencia étnica que recoge a los demás que se denominan en otros contextos: Mestizos), de todos los estratos socioeconómicos (Cuartiles de índice de Riqueza: Muy bajo, Bajo, Medio, Alto) y de los distintos

lugares de residencia en Colombia (urbano y rural) con diferente concentración de población^{6,7}.

Nuestros hallazgos confirman lo que varios investigadores han estudiado en distintos contextos geográficos²⁵, los cuales han reportado diferencias entre la CC por sexo y edad, con mayores valores en hombres, lo cual corrobora el dimorfismo sexual y las diferencias en edad entre los procesos y velocidad de maduración sexual entre hombres y mujeres, con hormonas sexuales influyendo la adiposidad corporal diferenciada por sexo²⁵. Ahora bien, al comparar el incremento de la mediana de la CC entre los adolescentes colombianos por sexo (hombres: 10,6 cm, mujeres: 5,4 cm), se encuentran diferencias por países y estudios. En el estudio de Xi B y col, 2020, realizado con datos de ocho países (Bulgaria, China, Irán, Corea del Sur, Malasia, Polonia, Seychelles y Suiza), el incremento entre los adolescentes de 13 a 18 años sin presencia de exceso de peso ni desnutrición por IMC, fue menor (8,0 cm en hombres y 4,5 cm en mujeres)²⁵. En un estudio polaco, realizado en 2023, el incremento también fue menor (hombres 9,5 cm y mujeres 3,7 cm)²⁶ y, en el estudio de Fernández y col de 2004, realizado con adolescentes norteamericanos (México-americanos, entre otras etnias), de 13 a 18 años, fue similar para los hombres (10,9 cm) y mayor para las mujeres (10,3 cm)⁵.

En investigaciones realizadas con población latina, los resultados muestran comportamientos de la mediana similares por sexo y edad (mayores en hombres), pero también con valores inferiores a los nuestros. El de Cuba, llevado a cabo con datos poblacionales de 1998 y 2005², publicó incrementos menores a los nuestros (entre 13 y 18 años= hombres: 8,2 cm, mujeres: 4,6 cm). El de Venezuela, publicado en 2013³, describió incrementos similares entre los adolescentes de 13 a 17 años (hombres: 5,6 cm, mujeres: 5,5 cm), menores a los nuestros en los hombres. En Perú, en 2015, en adolescentes entre 13 y 17 años, los aumentos también fueron menores a los de este estudio (hombres: 6,0 cm, mujeres: 4,6 cm)⁴.

Al reconocer las limitaciones del IMC como medida de obesidad y de distribución de la grasa corporal¹, diversos institutos y entidades de EE.UU. y del Reino Unido, así como la Comisión Lancet en 2025¹, sugieren el uso combinado del IMC y la CC para predecir el riesgo para la salud relacionado con la obesidad. Estas pautas indican que el riesgo aumenta al pasar de las categorías de IMC normal a exceso de peso, y que dentro de cada categoría de IMC, las

personas con valores altos de CC, corren un mayor riesgo para la salud que aquellos con valores normales de CC; en otras palabras, se supone que el IMC y la CC tienen efectos independientes sobre la comorbilidad relacionada con el exceso de peso. Aunque se admite que la relación entre la mortalidad y las comorbilidades con el IMC tiene forma de U o de J²⁷, las consecuencias diferenciales para la salud de la masa grasa y de la masa magra pueden quedar enmascaradas cuando se usa el IMC solo¹.

Diversos estudios analizan el concepto de 'obeso metabólicamente sano', que describe a un individuo con un IMC normal pero con un alto contenido de grasa corporal¹. En particular, este síndrome enfatiza que el subdiagnóstico de la obesidad podría considerarse un error mayor que la sobrepredicción de la misma¹.

Son varios los investigadores que han demostrado y publicado también el efecto predictor superior que se logra al corregir el IMC con la CC para predecir la obesidad¹. El estudio de Wang N, y col en 2023²⁸, demostró que combinar el IMC con la CC mejora sustancialmente la capacidad predictiva para detectar obesidad, diabetes e hipertensión, al igual que otros investigadores como Venkatrao M, en 2020²⁹ y Li S, en 2023³⁰.

Consideramos que aportar una propuesta que combina la CC del adolescente, con distintas categorías del IMC, con miras a mejorar la capacidad predictiva del IMC²⁵ y promover un monitoreo en la consulta nutricional y de salud que detecte de manera oportuna el riesgo de obesidad abdominal y sus consecuencias clínicas¹, es de suma importancia en este contexto. Por tanto, llevar a cabo estudios que validen nuestros resultados al utilizar el IMC y la CC con marcadores bioquímicos y de salud, para examinar el papel predictivo de estas medidas antropométricas de adiposidad para el riesgo de enfermedades crónicas, es una invitación a los investigadores que trabajan en el área.

Las fortalezas de este estudio son el contar con una muestra representativa de la población de adolescentes a nivel país, que se originó después de condensar dos fuentes de datos con diseños muestrales probabilísticos y poliéticos, que realizaron mediciones antropométricas con las mismas técnicas avaladas por la OMS; y con procedimientos de recolección de información y prácticas de control de calidad rigurosos, llevados a cabo por los investigadores de las dos fuentes secundarias trabajadas. Las limitaciones identificadas fueron que los datos

se obtuvieron de estudios cross sectional, por tanto, los percentiles y las curvas no deben ser utilizados para monitorear la progresión de la CC de un adolescente en el tiempo, sino para clasificarlo en el momento del examen, de la misma manera, no se pueden hacer proyecciones; adicionalmente, no se dispuso de datos de enfermedades cardiometabólicas, por lo que no fue posible determinar la asociación de la obesidad abdominal de los adolescentes con importantes indicadores cardiovasculares, investigación que queda pendiente para una nueva fase. Una limitación adicional podría ser el hecho de que la muestra de la ENSIN tiene una representatividad mayor en los estratos 1 al 4, mientras que el estudio de Durán P y colaboradores, tiene una representatividad en estratos 4 al 6. No obstante, esto también se puede convertir en una fortaleza al contar con un mayor volumen de datos de país con determinantes socioeconómicos del estado nutricional, que reflejen todo el contexto colombiano.

CONCLUSIONES

El incremento de la mediana de la CC por edad es superior entre los hombres, al igual que los percentiles de cambio del IMC-edad para la CC. Las curvas de la CC para la edad, ajustadas con la distribución BCPE, explicaron el comportamiento creciente de la cintura, además de la capacidad predictiva del modelo. De igual manera constituyen un punto de partida importante para realizar investigaciones sobre la asociación de la obesidad abdominal de los adolescentes con importantes indicadores cardiovasculares.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia por habernos permitido el acceso a la base de datos de antropometría de la ENSIN 2015.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

MVBR, CSE: Concepción y diseño; MVBR, CSE y AER: análisis e interpretación de los datos; MVBR, CSE, AER, PD, VA: redacción del artículo o revisión crítica relevante del contenido intelectual; MVBR, CSE, AER, PD, AM, BB, JC, CH y VA: aprobación final de la versión que se

publicará. MVBR, CSE, AER, PD, AM, BB, JC, CH y VA: responsables de todos los aspectos del trabajo en la garantía de la exactitud e integridad de cualquier parte de la obra.

FINANCIACIÓN

Los autores/as declaran que no ha existido financiación para realizar este estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores expresan que no existen conflictos de interés al redactar el manuscrito.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Ofrecimiento de datos bajo petición al autor/a de correspondencia. Para el caso de los datos de la ENSIN 2015, estos son de uso público y se podrían solicitar al Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, en la dependencia de Demografía y Epidemiología. De otro lado, para los datos provenientes del estudio de Durán y colaboradores, se debe solicitar la información a Paola Durán Ventura, Verónica Abad y Colaboradores.

REFERENCIAS

- (1) Xi B, Zong X, Kelishadi R, Litwin M, Hong Y, Poh B, et al. International Waist Circumference Percentile Cutoffs for Central Obesity in Children and Adolescents Aged 6 to 18 Years. J Clin Endocrinol Metab. 2020;105(4):e1569–e83.
- (1a) The Lancet Diabetes & Endocrinology Commission. Definition and diagnostic criteria of clinical obesity. Lancet Diabetes Endocrinol. 2025;13(3):221-62, DOI:10.1016/S2213-8587(24)00316-4.
- (1b) Benjumea MV, Santa C, Estrada A. Curvas del índice cintura-talla de adultos colombianos. Biomédica 2025;45:228-43.
- (2) Esquivel M, Rubén M, González C, Rodríguez L, Tamayo V. Curvas de crecimiento de la circunferencia de la cintura en niños y adolescentes habaneros. Rev Cubana Pediatr.

- 2011 Mar; 83(1):44-55. DOI:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312011000100005&lng=es.
- (3) Mederico M, Paoli M, Zerpa Y, Briceño Y, Gómez-Pérez R, Martínez JL, et al. Valores de referencia de la circunferencia de la cintura e índice de la cintura/cadera en escolares y adolescentes de Mérida, Venezuela: comparación con referencias internacionales. *Endocrinol Nutr.* 2013; 60(5):235-42. DOI:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.endonu.2012.12.003>
- (4) Bustamante A, Freitas D, Pan H, Katzmarzyk P, Maia J. Centile Curves and Reference Values for Height, Body Mass, Body Mass Index and Waist Circumference of Peruvian Children and Adolescents. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2015;12: 2905-22. DOI:10.3390/ijerph120302905.
- (5) Fernández JR, Redden DT, Pietrobelli A, Allibon DB. Waist circumference percentiles in nationally representative samples of african-american, europeanamerican, and mexican-american children and adolescents. *J Pediatr.* 2004;145:439-44. DOI: 10.1016/j.jpeds.2004.06.044.
- (6) Benjumea MV, Bermúdez J. Capítulo 4: Situación Nutricional por Indicadores Antropométricos. En: Encuesta Nacional de la Situación Nutricional de Colombia –ENSIN 2015-. Bogotá: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar/OPS/INS/UNAL. 2013-2018. Marzo de 2020. ISBN: 978-958-623-206.
- (7) Durán P, Merker A, Briceño G, Colón E, Line D, Abad V, et al. Colombian reference growth curves for height, weight, body mass index and head circumference. *Acta Pædiatrica.* 2016;105:e116–e125. DOI: 10.1111/apa.13269.
- (8) WHO. Growth reference data for 5-19 years. BMI-for-age (5-19 years). [internet] DOI: <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years/indicators/bmi-for-age>.
- (9) WHO. WHO child growth standards: training course on child growth assessment. 2008 [internet] DOI:

https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43601/9789241595070_C_eng.pdf?sequence=3&isAllowed=y

- (10) Cleveland WS, Grosse E, Shyu WM. Local regression models. Chapter 8. In: Statistical Models in S. Chambers JM, Hastie TJ. Ed. Wadsworth & Brooks/Cole. 1992. P.68.
- (11) Koenker RP, Pin Ng, Portnoy S. Quantile Smoothing Splines. *Biometrika*. 1994;81: 673–80. DOI: <http://www.econ.uiuc.edu/~roger/research/qss/qss1.pdf>
- (12) Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. 1988. DOI: <http://www.utstat.toronto.edu/~brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf>
- (13) Cole T, Green, P. Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood. *Statistics in Medicine*. 1992;11(10):1305-19. DOI: <https://doi.org/10.1002/SIM.4780111005>.
- (14) Eilers PHC, Marx BD. Flexible smoothing with B-splines and penalties. *Statistical Science*. 1996;11(2):89–102. DOI: <https://doi.org/10.1214/SS/1038425655>.
- (15) Stasinopoulos DM, Rigby RA. Generalized Additive Models for Location Scale and Shape (GAMLSS) in R. *Journal of Statistical Software*. 2007;23(1):1–46. DOI: <https://doi.org/10.18637/JSS.V023.I07>
- (16) Bozdogan H. (2000). Akaike's Information Criterion and Recent Developments in Information Complexity. *J of Mathematical Psychology*. 2000;44(1):62–91. DOI: <https://doi.org/10.1006/JMPS.1999.1277>.
- (17) Mardia KV. Applications of Some Measures of Multivariate Skewness and Kurtosis in Testing Normality and Robustness Studies. *The Indian J of Statistics, Series B*. 1974;36(2):115–28. DOI: <https://www.jstor.org/stable/25051892>.
- (18) Royston P, Wright EM. Goodness of fit statistics for the age-specific reference intervals. *Stat Med*. 2000.19(21):2943-62. DOI: 10.1002/1097-0258(20001115)19:21<2943:aid-sim559>3.0.co;2-5
- (19) van Buuren S, Fredriks M. Worm plot: simple diagnostic device for modelling growth reference curves. *Stat Med*. 2001;20(8):1259-77. DOI: 10.1002/sim.746.

- (20) Rigby R, Stasinopoulos D, Voudouris V. Discussion: A comparison of GAMLSS with quantile regression. *Statistical Modelling*. 2013;13(4):335-48. DOI:10.1177/1471082X13494316
- (21) Rodríguez-Álvarez MX, Roca-Pardinas J, Cadarso-Suarez C. ROC curve and covariates: extending induced methodology to the non-parametric framework. *Statistics and Computing*. 2011;21(4):483–99. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11222-010-9184-1>
- (22) Rigby RA, Stasinopoulos DM. Automatic smoothing parameter selection in GAMLSS with an application to centile estimation. *Statistical Methods in Medical Research*. 2014;23(4):318–32. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0962280212473302>.
- (23) Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Disponible en: https://minciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/6.pdf.
- (24) Ministerio de Salud de Colombia. Resolución 8430 de 1993. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>.
- (25) Xi B, Zong X, Kelishadi R, Litwin M, Hong YM, Poh BK, et al. International Waist Circumference Percentile Cutoffs for Central Obesity in Children and Adolescents Aged 6 to 18 Years. *J Clin Endocrinol Metab*. 2020;105(4):e1569–e83. DOI: 10.1210/clinem/dgz195.
- (26) Zbigniew Kułaga, Anna Świąder-Leśniak, Aneta Kotowska, Mieczysław Litwin. Population-based references for waist and hip circumferences, waist-to-hip and waist-to-height ratios for children and adolescents, and evaluation of their predictive ability. *Eur J of Pediatrics*. 2023;182:3217–2. DOI: 10.1007/s00431-023-05001-4.
- (27) Berrington de Gonzalez A, Hartge P, Cerhan JR, Flint AJ, Hannan L, MacInnis RJ, et al. Body-mass index and mortality among 1.46 million white adults. *N Engl J Med*. 2010;363:2211-2219. DOI: 10.1056/NEJMoa1000367.

- (28) Wang N, Li Y, Guo C. Waist corrected BMI predicts incident diabetes mellitus in a population-based observational cohort study. *Front. Endocrinol.* 2023;14:1186702. DOI: 10.3389/fendo.2023.1186702.
- (29) Venkatrao M, Nagarathna R, Patil SS, Singh A, Rajesh SK, Nagendra H. A composite of BMI and waist circumference may be a better obesity metric in Indians with high risk for type 2 diabetes: an analysis of NMB-2017, a nationwide cross sectional study. *Diabetes Res Clin Pract.* 2020;161:108037. DOI: 10.1016/j.diabres.2020.108037.
- (30) Li S, Wang Y, Ying Y, Gong Q, Lou G, Liu Y, et al. Independent and joint associations of BMI and waist circumference with the onset of type 2 diabetes mellitus in Chinese adults: prospective data linkage study. *JMIR Public Health Surveillance.* 2023;9:e39459. DOI: 10.2196/39459.