

# Percentiles de referencia del índice de robustez esquelética humeral de niñas y niños (4-14 años). Un estudio antropométrico transversal en tres provincias argentinas

Reference percentiles of frame index in girls and boys (4-14 years old). A cross-sectional anthropometric study in three Argentine provinces

 María Fernanda Torres<sup>1, 2, 3 \*</sup> |  Bárbara Navazo<sup>1, 4</sup> |  Mariela Garraza<sup>1, 4</sup>  
 Silvia Lucrecia Dahinten<sup>5</sup> |  Fabián Anibal Quintero<sup>1</sup> |  María Eugenia Luna<sup>1</sup> |  María Laura Bergel Sanchís<sup>6</sup> |  María Antonia Luis<sup>1</sup> |  María Florencia Cesani<sup>1, 4</sup>

REVISTA ARGENTINA DE  
ANTROPOLOGÍA BIOLÓGICA

Volumen 24, Número 1  
Enero-Junio 2022

Financiamiento: Los fondos fueron aportados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT: PICT 01541; PICT 0801; PICT 1145; PICT 0610), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET: PIP 0106) y la Secretaría de Ciencia y Técnica (SECyT: UNLP 11N/679).

\*Correspondencia a: María Fernanda Torres. Laboratorio de Investigaciones en Ontogenia y Adaptación (LINOA). Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Avenida 122 y 60 N° 3. 1900. La Plata. Argentina.  
E-mail: [fernandatib@yahoo.com.ar](mailto:fernandatib@yahoo.com.ar)

RECIBIDO: 19 Agosto 2021

ACEPTADO: 9 Octubre 2021

<https://doi.org/10.24215/18536387e047>

e-ISSN 1853-6387

<https://revistas.unlp.edu.ar/raab>

Entidad Editora  
Asociación de Antropología Biológica  
Argentina

**1)** Laboratorio de Investigaciones en Ontogenia y Adaptación (LINOA). Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). La Plata, Buenos Aires, Argentina. **2)** Instituto de Genética Veterinaria (IGEVET), FCV-UNLP-CCT CONICET, La Plata, Buenos Aires, Argentina. **3)** Instituto de Ciencias Antropológicas (ICA). Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. **4)** Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). **5)** Laboratorio de Antropología Biológica. Instituto de Evolución y Diversidad Austral (IDEAUS). CCT-CENPAT-CONICET, Puerto Madryn, Chubut, Argentina. **6)** Departamento de Salud Comunitaria, Universidad Nacional de Lanús, Lanús, Buenos Aires, Argentina.

## Resumen

El ancho bicondíleo humeral en relación con la talla se reconoce como un adecuado índice de la robustez esquelética (IRE). El objetivo del presente trabajo es estimar y describir valores percentilares de referencia del índice de robustez esquelética de niñas y niños de 4 a 14 años, residentes en tres provincias argentinas. La muestra incluyó 7883 escolares (3913 varones y 3970 mujeres) de las provincias de Buenos Aires, Chubut y Mendoza. Las mediciones antropométricas del ancho bicondíleo humeral (mm) y la talla (cm) se realizaron entre los años 2014 y 2018 siguiendo protocolos estandarizados. A partir de estas variables se estimó el IRE [(ancho bicondíleo humeral/talla)\*100] y se calcularon los percentiles por edad y sexo usando el método LMS. Los valores del IRE fueron mayores a la edad de 4 años, en tanto que luego de esa edad los valores percentilares mostraron un comportamiento descendente, hasta alcanzar, a los 14 años, el menor valor. La comparación entre sexos indicó valores mayores en varones que en

mujeres en todas las edades y en las diferentes curvas percentilares. Los valores tabulados y graficados del IRE pueden considerarse una referencia local y ser empleados en estudios epidemiológicos y antropológicos que requieran inferir la contextura ósea de niñas y niños y en el monitoreo de la obesidad oculta en individuos con índice de masa corporal normal. Arg Antrop Biol 24(1), 2022. <https://doi.org/10.24215/18536387e047>

Palabras Clave: ancho bicondíleo humeral; talla; robustez ósea; método LMS; Argentina

### Abstract

Elbow breadth relative to height is recognized as an adequate index of skeletal robustness (frame index -FI). The objective of this paper is to estimate and describe reference percentile values of frame index in girls and boys, aged 4 to 14 years, from three Argentine provinces. The sample included 7883 schoolchildren (3913 males and 3970 females) from the provinces of Buenos Aires, Chubut and Mendoza. Anthropometric measurements of elbow breadth (mm) and height (cm) were made between 2014 and 2018 following standardized protocols. From these variables, FI [(elbow breadth / height)\*100] was estimated and the percentiles by age and sex were calculated using the LMS method. FI values were higher at the age of 4 years, while after that age the percentile values showed a downward behavior, until reaching the lowest value at age 14. The comparison between sexes indicated higher values in males than in females at all ages and in the different percentile curves. The tabulated and graphed values of FI can be considered a local reference and used in epidemiological and anthropological studies for inferring bone structure of girls and boys, and in the monitoring of hidden obesity in individuals with normal body mass index. Arg Antrop Biol 24(1), 2022. <https://doi.org/10.24215/18536387e047>

Keywords: elbow breadth; height; skeletal robustness; LMS method; Argentina

El peso corporal y la talla son las variables más utilizadas para la evaluación antropométrica del crecimiento y el estado nutricional de la población (Bejarano *et al.*, 2019; Orden y Apezteguía, 2016; Tarupi *et al.*, 2020). Conjuntamente y a fin de profundizar los estudios sobre el estado nutricional, la valoración de la composición corporal resulta de gran utilidad, ya que permite determinar y cuantificar indirectamente las reservas energéticas y proteicas (Marrodán Serrano *et al.*, 2007). El enfoque más simple para esta estimación es el modelo de dos componentes, que divide el peso corporal en masa grasa y masa libre de grasa o masa magra (González Jiménez, 2013; Kuriyan, 2018). Este modelo fue planteado en la década de 1940 por Behnke y colaboradores (Behnke *et al.*, 1942) fundamentado en la aplicación del principio de Arquímedes. El componente óseo puede constituir la sexta parte de la masa corporal total en un individuo vivo y representa el principal constituyente de la masa magra (Behnke, 1959; Hernández y Hernández Valera, 2003). Es por ello que incluir la estimación de la robustez ósea en la evaluación antropométrica del crecimiento en general y de la composición corporal en particular, constituye una herramienta valiosa para esclarecer el aporte de los componentes graso y magro (Lohman *et al.*, 1988).

La estimación de la robustez a través del empleo de diámetros esqueléticos, tales como los del hombro, el húmero, la muñeca, la cadera o el fémur ha sido recomendada por diversos autores (Frisancho y Flegel, 1983; Himes y Frisancho, 1988). En este sentido,

existen valores de referencia para el diámetro del húmero, en términos absolutos (Frisancho y Flegel, 1983) y percentiles para el ancho bicondíleo humeral (Frisancho, 1990; Frisancho, 2008) según edad y sexo. Asimismo, en el año 1990, Frisancho propuso el *Frame index* o índice de robustez esquelética (IRE) dado por el cociente entre el ancho bicondíleo humeral y la talla (Frisancho, 1990).

El IRE ha sido aplicado en adultos, adolescentes y niños para describir diferencias sexuales y cambios asociados al crecimiento de diferentes poblaciones (Mumm *et al.*, 2018). En las últimas décadas también se ha empleado para evaluar el impacto que tienen en el esqueleto los cambios en los estilos de vida y actividad física (Yeste y Carrascosa, 2015), dando indicios de que, durante el crecimiento, la morfología ósea está siendo fuertemente influenciada por los estilos de vida modernos (Hermanussen *et al.*, 2015) y presenta variaciones según las características locales de cada población (Lizana y Hormazabal-Peralta, 2020; Mumm *et al.*, 2018). En tal sentido, se ha informado que la baja actividad física podría ser un factor que incide en la reducción de la robustez esquelética humeral, el aumento del índice de masa corporal (IMC) y la grasa corporal (Rietsch *et al.*, 2013). Asimismo, estudios recientes han dado cuenta de la importancia que posee el IRE para el monitoreo de posibles casos de obesidad oculta. Según Mumm *et al.* (2021) las interacciones dadas entre IMC, porcentaje de grasa corporal (%G) y robustez esquelética del húmero permitirían combinar información sobre las masas grasa y magra. Así, dichas autoras plantean que, en niños y adolescentes, serían indicadores de riesgo de presencia de obesidad oculta valores de IRE bajos, de IMC menores al percentil 90 y de %G mayores al percentil 85 de la referencia de Slaughter *et al.* (1988).

Dado que la información acerca del IRE para poblaciones contemporáneas de nuestro país es escasa (Navazo *et al.*, 2020) y que el incremento de la malnutrición por exceso a nivel nacional ha aumentado notablemente en los últimos años (Encuesta Nacional de Nutrición y Salud, 2007; Ministerio de Salud y Desarrollo Social, 2019) resulta de interés disponer de valores de referencia regional para su evaluación. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es estimar y describir valores percentilares de referencia del índice de robustez esquelética de niñas y niños de 4 a 14 años, residentes en tres provincias argentinas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La muestra incluyó 7883 escolares de ambos sexos (3913 varones y 3970 mujeres) de 4 a 14 años de edad, residentes en las provincias de Buenos Aires (Partidos de La Plata y Punta Indio), Chubut (Departamento de Biedma) y Mendoza (Departamentos de Guaymallén y San Rafael). La composición según intervalos de edad decimal fue la siguiente: 517 niños de 4,0-4,9 años; 714 niños de 5,0-5,9 años; 817 niños de 6,0-6,9 años; 835 niños de 7,0-7,9 años; 835 niños de 8,0-8,9 años; 933 niños de 9,0-9,9 años; 892 niños de 10,0-10,9 años; 902 niños de 11,0-11,9 años; 822 niños de: 12,0-12,9 años y 616 niños de 13,0-13,9 años (Tabla 1).

Para el ingreso a los establecimientos escolares se solicitó la autorización ante las instituciones educativas provinciales pertinentes. El muestreo fue por conveniencia, no probabilístico. La población seleccionada estuvo constituida por escolares que estuvieran presentes el día del relevamiento antropométrico y que contaran con la autorización escrita de los padres/madres/tutores. Fueron excluidos/as aquellos/as con enfermedad crónica o aguda, con indicación medicamentosa al momento del estudio, sin autorización escrita de los padres/madres/tutores y los que, aun teniéndola, se negaron a participar.

**TABLA 1.** Composición de la muestra

Edad (años)	Buenos Aires		Chubut		Mendoza		Total
	Varón	Mujer	Varón	Mujer	Varón	Mujer	
4,0- 4,9	148	133	80	79	39	38	517
5,0-5,9	249	221	62	77	50	55	714
6,0-6,9	184	200	142	140	90	61	817
7,0-7,9	178	166	157	171	87	76	835
8,0-8,9	193	166	154	183	71	68	835
9,0-9,9	230	210	154	205	62	72	933
10,0-10,9	235	233	142	160	55	67	892
11,0-11,9	201	233	164	171	68	65	902
12,0-12,9	171	222	170	147	64	48	822
13,0-13,9	163	177	128	106	22	20	616
Total	1952	1961	1353	1439	608	570	7883

## Diseño

El estudio fue de tipo descriptivo y transversal. Las mediciones se realizaron en establecimientos educativos públicos durante los ciclos lectivos 2014-2018 siguiendo protocolos estandarizados por la *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (Stewart y Marfell-Jones, 2011). Se relevaron la talla medida en centímetros (cm), utilizando un antropómetro vertical SECA (1mm de precisión) con el escolar de pie, descalzo y con la cabeza orientada en el plano de Frankfort y el ancho bicondíleo humeral medido en milímetros (mm) empleando un compás de corredera Lafayette Modelo 1290 (1 mm de precisión) en el ancho máximo de la epífisis distal del húmero izquierdo. Todas las mediciones fueron relevadas por los autores, especialistas entrenados en técnicas antropométricas. Asimismo, se calculó el error intra e interobservador que fue menor al 5%, lo que aseguró la estandarización de las medidas (Stewart y Marfell-Jones, 2011).

A partir de la talla y el ancho bicondíleo humeral de cada escolar se calculó el IRE, de acuerdo a la fórmula propuesta por Frisancho (1990):

$$\text{IRE} = [(\text{ancho bicondíleo humeral} / \text{talla}) * 100]$$

También, a partir de la fecha de nacimiento, obtenida del documento nacional de identidad o de los registros escolares y de la fecha de medición, se calculó la edad exacta en términos decimales de cada participante (Sociedad Argentina de Pediatría, 2013).

## Análisis estadístico

A fin de dar cumplimiento al objetivo planteado en el estudio y obtener valores de referencia, se optó por agrupar las submuestras provinciales dando así mayor cobertura a la variabilidad poblacional. Los datos se agruparon por sexo y se analizó la dispersión de los valores crudos de talla y ancho bicondíleo humeral, siguiendo el criterio utilizado por Alfaro *et al.* (2004) y Oyhenart *et al.* (2019). En razón de ello, se suprimieron las mediciones extremas utilizando como punto de corte  $\pm 4$  desvíos estándar. De este modo, se eliminaron 35 casos del total de la muestra (0,44%).

El procesamiento de los datos para el cálculo de los percentiles se realizó mediante método LMS empleando el programa LMS *ChartMaker Pro* (Cole, 1990; Cole y Green, 1992). Además, se evaluó la bondad del ajuste mediante la prueba Q. Los grados de libertad de L,

M y S utilizados para el ajuste de la curva correspondieron, respectivamente, a 3-5-3. Cada año decimal fue dividido en dos, por lo que se conformaron 21 rangos etarios para ambos sexos. En tanto que, para graficar las curvas se usó el programa R 3.2.0.

### Consideraciones éticas

Las investigaciones se ajustaron a lo establecido por las normas éticas instituidas en el Código de Núremberg de 1947, la Declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948 y la Declaración de Helsinki de 1964 y sucesivas enmiendas y se atendió, especialmente, a lo normado por la Ley Nacional 25326 de protección de datos personales.

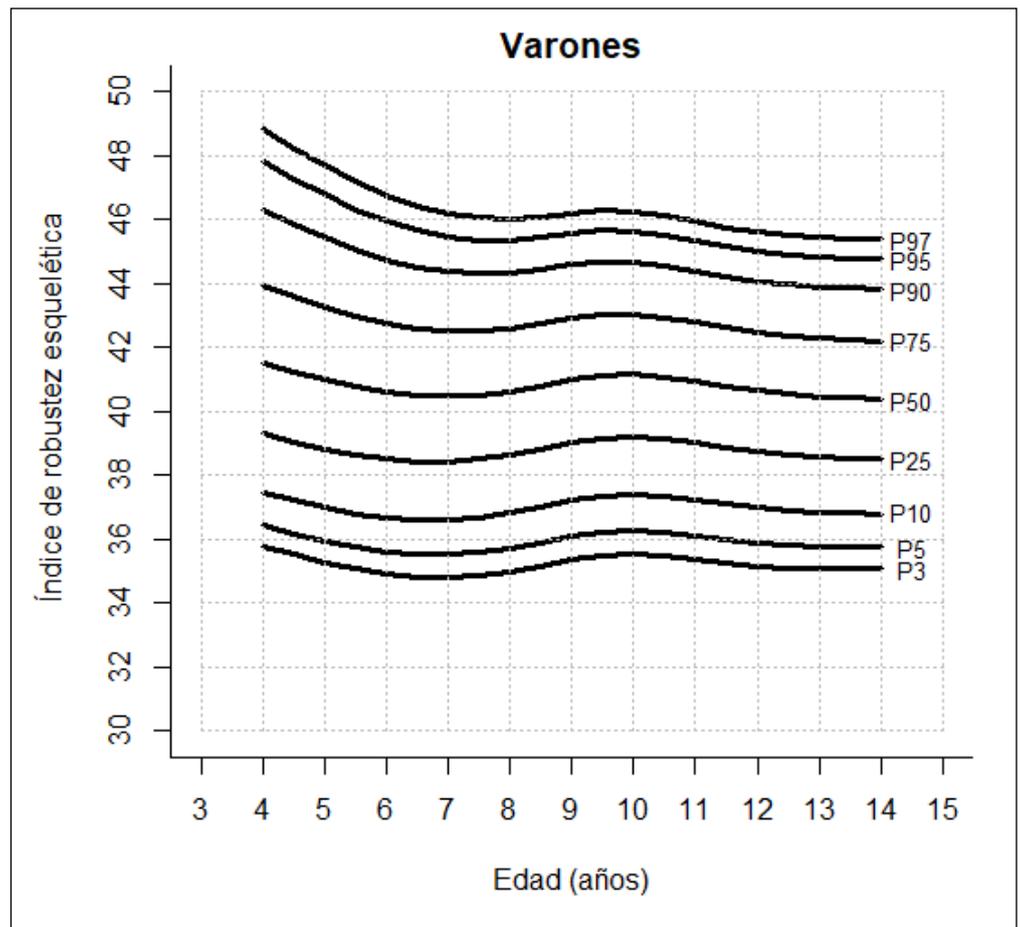
El estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de la Escuela Latinoamericana de Bioética (CELABE, Acta 79, Resolución 128, 27/06/2016) para su realización en las provincias de Buenos Aires, Chubut y Mendoza.

### RESULTADOS

Los parámetros L, M (P50) y S y los valores correspondientes a los percentiles (P) 3, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 y 97 del IRE se presentan tabulados y graficados para varones (Tabla 2, Fig. 1) y mujeres (Tabla 3, Fig. 2). En ambos sexos, los mayores valores de IRE se registraron a los 4,0 años. Luego de esa edad, los valores disminuyeron hasta los 7,0 años, aumentaron en el intervalo comprendido entre 7,5 y 10,5 años (percentiles 3, 5, 10, 25, 50 y 75) y posteriormente a ese rango, los valores volvieron a disminuir. En tanto que, una situación levemente diferente se encontró para P90, P95 y P97, en los que hubo disminución de los valores de IRE entre los 4,0 y los 7,5 años, incremento entre los 8,0 y 9,0 y posterior disminución, hasta registrar los menores valores a los 14,0 años (Tabla 2 y 3; Figs. 1 y 2).

**TABLA 2.** Percentilos (P), asimetría (L) y coeficiente de variación (S) para Índice de robustez esquelética en varones

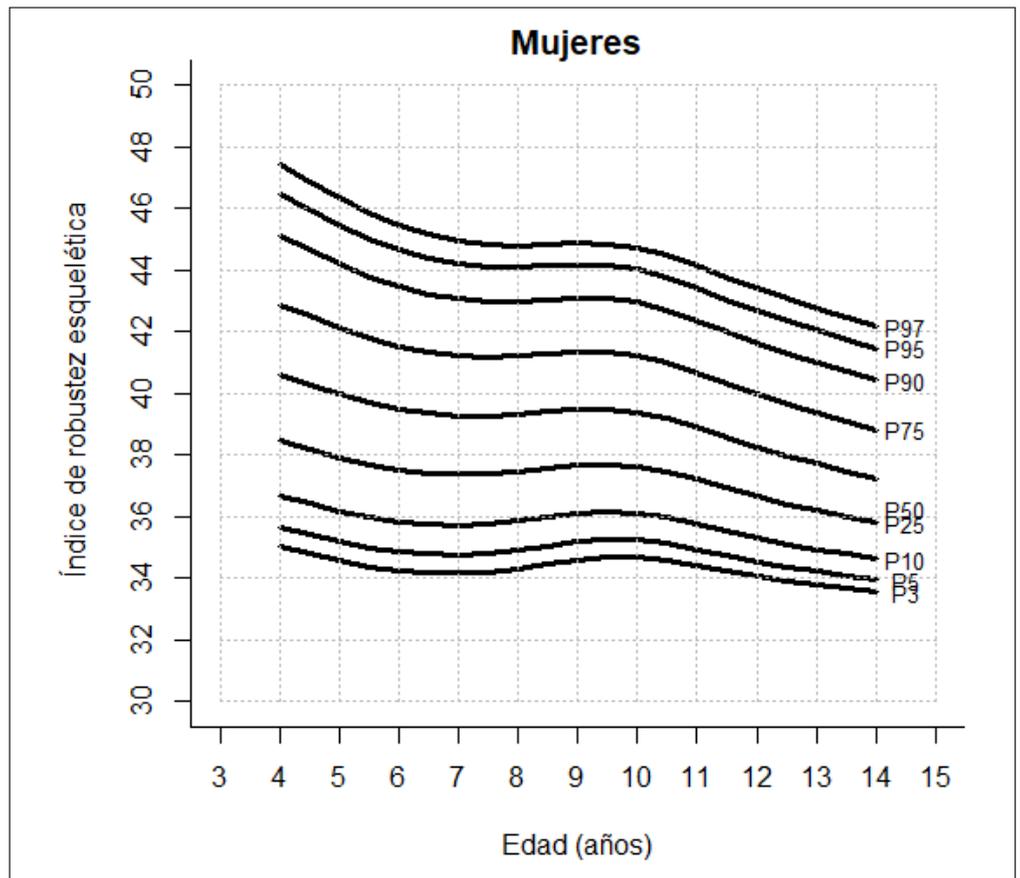
Edad (años)	L	S	P3	P5	P10	P25	P50 (M)	P75	P90	P95	P97
4,0	-0,5734	0,0824	35,78	36,43	37,46	39,30	41,51	43,92	46,29	47,80	48,83
4,5	-0,3194	0,0813	35,53	36,18	37,23	39,06	41,25	43,59	45,86	47,28	48,24
5,0	-0,0645	0,0801	35,28	35,95	37,00	38,83	40,99	43,27	45,43	46,79	47,69
5,5	0,1916	0,0789	35,06	35,74	36,80	38,64	40,76	42,97	45,05	46,33	47,18
6,0	0,4460	0,0775	34,92	35,60	36,68	38,51	40,60	42,75	44,75	45,96	46,76
6,5	0,6944	0,0761	34,84	35,53	36,61	38,44	40,51	42,60	44,52	45,68	46,43
7,0	0,9282	0,0747	34,82	35,53	36,62	38,44	40,48	42,52	44,37	45,48	46,20
7,5	1,1386	0,0734	34,87	35,59	36,68	38,51	40,52	42,52	44,31	45,37	46,06
8,0	1,3202	0,0722	34,99	35,71	36,81	38,64	40,63	42,59	44,33	45,37	46,03
8,5	1,4723	0,0711	35,16	35,89	37,00	38,83	40,81	42,74	44,45	45,45	46,10
9,0	1,5957	0,0701	35,36	36,09	37,21	39,03	41,00	42,91	44,59	45,58	46,21
9,5	1,6907	0,0694	35,50	36,24	37,36	39,18	41,13	43,03	44,69	45,66	46,28
10,0	1,7565	0,0688	35,54	36,28	37,40	39,21	41,16	43,04	44,68	45,63	46,25
10,5	1,7943	0,0684	35,49	36,23	37,35	39,15	41,09	42,95	44,57	45,52	46,13
11,0	1,8057	0,0682	35,39	36,13	37,23	39,03	40,95	42,80	44,41	45,35	45,95
11,5	1,7913	0,0680	35,27	36,00	37,10	38,88	40,79	42,63	44,23	45,17	45,77
12,0	1,7521	0,0679	35,17	35,89	36,98	38,75	40,65	42,48	44,08	45,01	45,61
12,5	1,6918	0,0679	35,11	35,82	36,90	38,65	40,54	42,37	43,97	44,91	45,51
13,0	1,6166	0,0679	35,08	35,78	36,85	38,59	40,47	42,30	43,90	44,84	45,45
13,5	1,5336	0,0679	35,07	35,76	36,82	38,55	40,42	42,25	43,86	44,81	45,42
14,0	1,4477	0,0679	35,07	35,75	36,80	38,51	40,38	42,21	43,83	44,78	45,40



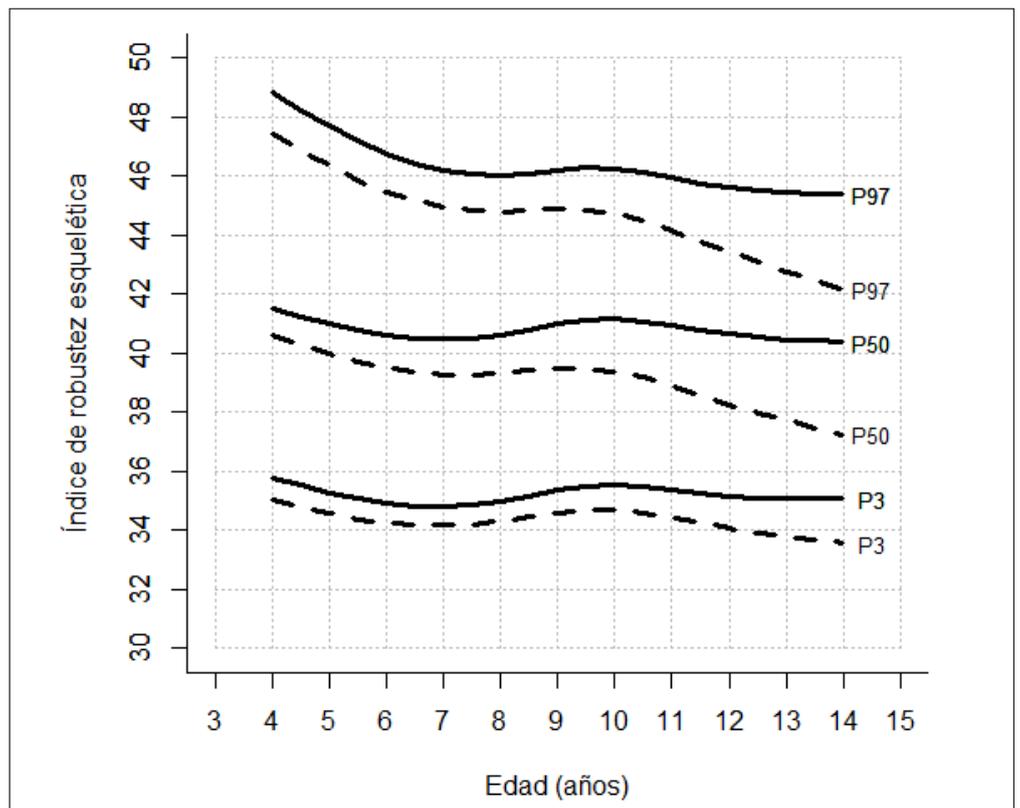
**FIGURA 1.** Percentiles (P) para Índice de robustez esquelética en varones.

**TABLA 3.** Percentilos (P), asimetría (L) y coeficiente de variación (S) para Índice de robustez esquelética en mujeres

Edad (años)	L	S	P3	P5	P10	P25	P50 (M)	P75	P90	P95	P97
4,0	-0,3402	0,0806	35,02	35,66	36,68	38,47	40,60	42,89	45,10	46,50	47,44
4,5	-0,2290	0,0793	34,78	35,42	36,43	38,19	40,28	42,51	44,64	45,98	46,88
5,0	-0,1159	0,0780	34,56	35,19	36,19	37,93	39,97	42,13	44,20	45,48	46,34
5,5	-0,0045	0,0767	34,36	34,99	35,98	37,69	39,69	41,80	43,79	45,03	45,85
6,0	0,0989	0,0754	34,23	34,85	35,83	37,52	39,48	41,54	43,47	44,66	45,45
6,5	0,1852	0,0741	34,17	34,78	35,75	37,42	39,35	41,35	43,23	44,39	45,15
7,0	0,2477	0,0729	34,16	34,78	35,74	37,38	39,28	41,25	43,08	44,20	44,95
7,5	0,2841	0,0718	34,22	34,82	35,77	37,40	39,27	41,20	43,00	44,11	44,84
8,0	0,2945	0,0709	34,32	34,92	35,86	37,47	39,32	41,23	43,01	44,09	44,81
8,5	0,2768	0,0700	34,46	35,05	35,98	37,58	39,41	41,30	43,06	44,14	44,85
9,0	0,2268	0,0692	34,59	35,18	36,10	37,67	39,48	41,36	43,11	44,18	44,89
9,5	0,1422	0,0685	34,68	35,25	36,15	37,70	39,49	41,35	43,09	44,16	44,87
10,0	0,0247	0,0677	34,68	35,24	36,12	37,64	39,40	41,24	42,96	44,03	44,74
10,5	-0,1222	0,0669	34,59	35,13	35,99	37,47	39,19	41,01	42,72	43,78	44,49
11,0	-0,2944	0,0661	34,43	34,95	35,77	37,21	38,90	40,68	42,38	43,44	44,15
11,5	-0,4866	0,0652	34,24	34,74	35,53	36,93	38,57	40,32	42,01	43,06	43,77
12,0	-0,6930	0,0643	34,06	34,54	35,31	36,66	38,26	39,98	41,64	42,70	43,41
12,5	-0,9074	0,0633	33,91	34,38	35,11	36,41	37,97	39,66	41,31	42,36	43,07
13,0	-1,1251	0,0623	33,79	34,23	34,94	36,20	37,72	39,38	41,01	42,06	42,77
13,5	-1,3428	0,0612	33,67	34,10	34,78	36,00	37,48	39,10	40,72	41,76	42,47
14,0	-1,5564	0,0602	33,55	33,96	34,62	35,80	37,24	38,83	40,42	41,46	42,17



**FIGURA 2.** Percentiles (P) para Índice de robustez esquelética en mujeres.



**FIGURA 3.** Percentiles (P) P3, P50 y P97 para Índice de robustez esquelética en ambos sexos. Línea continua (varones) y Línea discontinua (mujeres).

El análisis comparativo entre sexos indicó que, en todos los casos, los varones registraron valores percentilares mayores que las mujeres y que en éstas, las curvas percentilares presentaron una mayor pendiente de descenso que la de los varones. Esta diferencia se vio acrecentada a partir de los 9,0 años (Tabla 2 y 3; Fig. 3).

## DISCUSIÓN

El método LMS es un modelo matemático no estructural que permite ajustar datos antropométricos transversales y obtener curvas percentilares ajustadas que siguen con exactitud los datos empíricos (Cole y Green, 1992). Si bien se han publicado numerosos trabajos aplicando este método para describir el crecimiento de niñas y niños argentinos, éstos abordan poblaciones de edades o procedencias geográficas específicas y/o aspectos vinculados al crecimiento global, a partir de variables como peso y talla (Alfaro *et al.*, 2004; Alfaro *et al.*, 2008; Cuestas *et al.*, 2020; Lejarraga *et al.*, 2009; López Barbancho *et al.*, 2015; Orden y Apezteguía, 2016; Oyhenart *et al.*, 2015), estatura sentado y longitud de las piernas (Del Pino *et al.*, 2016) y circunferencia, área muscular y adiposa del brazo (Oyhenart *et al.*, 2019). Es decir, hasta el momento no se disponía de datos comparativos para variables específicas que permitieran evaluar la robustez esquelética, como es el ancho bicondíleo humeral en relación a la talla.

Cabe mencionar que, al igual que otras medidas antropométricas, la robustez esquelética depende de la edad y del sexo de los individuos. En este sentido este estudio aporta, no solo percentiles tabulados y graficados, sino también los valores L: lambda (asimetría), M: mu (mediana) y S: sigma (coeficiente de variación) útiles para estimar los puntajes Z por edad y sexo, constituyéndose en una herramienta comparativa y rápida para estudios epidemiológicos y antropológicos. Tal como ya se ha mencionado pueden ser aplicados en el monitoreo de la obesidad oculta o también, para evaluar el impacto que tiene en el esqueleto los cambios en los estilos de vida en el rango etario analizado. En este sentido, diferentes estudios sobre tendencia secular han informado que el incremento del índice de masa corporal, debido particularmente a la falta de actividad física, promovió la disminución de la robustez ósea de niños y adolescentes en poblaciones de Argentina, Bulgaria, Alemania y Rusia (Navazo *et al.*, 2020; Nikolova *et al.*, 2019; Rietsch *et al.*, 2013; Scheffler y Hermanussen, 2014). Por el contrario, para adolescentes de Chile se comunicó que el incremento de la masa adiposa y la mayor carga para el esqueleto, propiciaron el desarrollo de mayor robustez esquelética (Lizana y Hormazabal-Peralta, 2020).

La velocidad de crecimiento diferencial de las distintas partes del cuerpo, en función de la edad, conducen al crecimiento alométrico (Scheffler y Hermanussen, 2018). Como una descripción somera del comportamiento del IRE podemos decir que con la edad su valor disminuye, resultando en el diseño descendente de las curvas percentilares. Los hallazgos obtenidos son coincidentes con lo observado por otros autores (Mumm *et al.*, 2018; Scheffler y Hermanussen, 2014). De acuerdo con Schilitz (2001), a pesar del incremento absoluto del ancho bicondíleo en relación con la edad, el IRE disminuye aproximadamente un 25% desde el nacimiento hasta los 18 años. Esto se debe a que conforme al avance de la edad y en términos relativos la talla muestra un mayor incremento en relación al ancho bicondíleo humeral, que exhibe cambios mucho menos notorios durante el crecimiento (Frisancho y Flegel, 1983).

Por otra parte, se ha informado que previo al estirón puberal, el ancho del codo presenta un aumento de tamaño considerable, especialmente en varones (Scheffler y Hermanussen, 2018). Esto explica el incremento de los valores de IRE observado entre los 8 y 10

años, aproximadamente. Otro aspecto a considerar es el tipo de crecimiento de las variables óseas involucradas en este índice que difieren entre sí, mientras que el ancho bicondíleo humeral refleja el crecimiento óseo transversal que se produce por aposición, la talla es producto del crecimiento en sentido lineal, endocondral (Rauch, 2015; Yeste y Carrascosa, 2015).

Adicionalmente, es importante destacar que, tal como se ha comunicado para determinadas variables antropométricas (Cámara, 2018; McCormack *et al.*, 2017) el IRE mostró ser un valioso indicador de dimorfismo sexual a todas las edades analizadas. Los niños mostraron mayor robustez, particularmente a partir de los 10 años cuando las trayectorias de las curvas percentilares evidenciaron un distanciamiento entre sí aún más marcado. Estos resultados concuerdan con lo descrito por otros autores quienes refirieron que dichas diferencias aumentan significativamente durante la adolescencia (Mumm *et al.*, 2018; Wells, 2017).

Dentro de las limitaciones que presenta este trabajo se puede considerar el no disponer de datos que abarquen todas las etapas del crecimiento, como así también de todas las regiones geográficas del país. No obstante, como principales fortalezas se pueden destacar que se sustenta en una muestra conformada por más de 500 escolares en cada rango de edad analizado, procedentes de tres provincias argentinas que integran las regiones Pampeana, Cuyo y Patagonia. Por último, el presente trabajo constituye el primer estudio en aportar datos tabulados y curvas suavizadas de referencia para comparar la robustez esquelética y monitorear la obesidad oculta de niñas y niños de 4 a 14 años, a partir de mediciones antropométricas simples, confiables y de bajo costo, que pueden replicarse en distintas poblaciones y a gran escala. En este sentido, consideramos que los datos obtenidos resultan una herramienta de gran utilidad para los estudios de crecimiento infantil y adolescente y brindan información adicional para ponderar el aporte específico de los componentes graso y magro a la composición corporal.

## AGRADECIMIENTOS

A los escolares, sus padres, madres y tutores por su colaboración desinteresada. A las autoridades escolares, docentes y no docentes que facilitaron nuestro trabajo de campo en los establecimientos educativos. A las instituciones que brindaron su apoyo económico.

## CONCLUSIONES

Las curvas percentilares por edad y sexo para el índice de robustez esquelética de los escolares de Buenos Aires, Chubut y Mendoza muestran una tendencia decreciente con la edad, dando cuenta del crecimiento alométrico de la talla y el ancho bicondíleo humeral. Si bien las curvas presentan un diseño similar en ambos sexos, los varones muestran valores percentilares de IRE mayores que las mujeres, reflejando el dimorfismo sexual que expresa la robustez ósea.

## LITERATURA CITADA

- Alfaro, E. L., Vázquez, M. E., Bejarano, F. y Dipierri, J. E. (2008). The LMS method and weight and height centiles in Jujuy (Argentina) children. *Homo*, 59(3), 223-234. <https://doi.org/10.1016/j.jchb.2007.12.005>
- Alfaro, E., Bejarano, I., Dipierri, J., Quispe, Y. y Cabrera, G. (2004). Percentiles de peso, talla e índice de masa corporal de escolares jujeños calculados por el método LMS. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 102(6), 431-439.
- Behnke, A. R. (1959). The estimation of lean body weight from "skeletal" measurements. *Human Biology*, 31(4), 296-315.
- Behnke, J. R., Feen, B. G. y Welham, W. C. (1942). The specific gravity of healthy men. *JAMA*, 118, 495-498. <https://doi.org/10.1001/jama.1942.02830070001001>
- Berjano, I. F., Oyhenart, E. E., Torres, M.F., Cesani, M. F., Garraza, M., Navazo, B., Zonta, M. L., Luis, M. A., Quintero, F. A., Dipierri, J. E., Alfaro, E., Román, E. M., Carrillo, R., Dahinten, S., Lomaglio, D. B., Menecier, N. y Marrodán, M. D. (2019). Extended composite index of anthropometric failure in

- Argentinean preschool and school children. *Public Health Nutrition*, 22(18), 3327-3335. <https://doi.org/10.1017/S1368980019002027>
- Cámara, A. D. (2018). Sobre la asociación entre el dimorfismo sexual en estatura y el estado nutricional de hombres y mujeres en el largo plazo. *Nutrición Hospitalaria*, 35(Nº extra 5), 123-128. <https://doi.org/10.20960/nh.2094>
- Cole, T. J. (1990). The LMS method for constructing normalized growth standards. *European Journal of Clinical Nutrition*, 44, 45-60.
- Cole, T. J. y Green, P. J. (1992). Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood. *Statistics in Medicine*, 11(10), 1305-1319. <https://doi.org/10.1002/sim.4780111005>
- Cuestas, M. E., Cieri, M. E., Ruiz Brünner, M. D. L. M. y Cuestas, E. (2020). Estudio del crecimiento de la estatura en una muestra de niños, niñas y adolescentes sanos de Córdoba, Argentina. *Revista Chilena de Pediatría*, 91(5), 741-748. <https://doi.org/10.32641/rchped.v91i5.2066>
- Del Pino, M., Orden, A., Arenas, M., Caíno, S. y Fano, V. (2016). Referencias argentinas de estatura sentada y longitud de miembros inferiores de 0 a 18 años. *Medicina Infantil*, 23(1), 279-286.
- Encuesta Nacional de Nutrición y Salud. 2007. *Documento de resultados*. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Salud y Desarrollo Social. <http://www.extensioncbc.com.ar/wp-content/uploads/EN-NyS-2007.pdf>
- Frisancho, A. R. (1990). *Anthropometric standards for the assessment of growth and nutritional status*. Ann Arbor, Michigan: University of Michigan Press. <https://doi.org/10.3998/mpub.12198>
- Frisancho, A. R. (2008). *Anthropometric standards. An interactive nutritional reference of body size and body composition for children and adults*. Ann Arbor: University of Michigan Press. <https://doi.org/10.3998/mpub.93311>
- Frisancho, R. y Flegel, P. N. (1983). Elbow breadth as a measure of frame size for US male and female. *American Journal of Clinical Nutrition*, 37, 311-314. <https://doi.org/10.1093/ajcn/37.2.311>
- González Jiménez, E. (2013). Body composition: Assessment and clinical value. *Endocrinología y Nutrición (English Edition)*, 60(2), 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.endoen.2012.04.015>
- Hermanussen, M., Scheffler, C., Groth, D. y Aßmann, C. (2015). Height and skeletal morphology in relation to modern life style. *Journal of Physiological Anthropology*, 8(34), 41. <https://doi.org/10.1186/s40101-015-0080-4>
- Hernández, R. y Hernández Valera, Y. (2003). Características de los diámetros e índices para estimar la contextura en un grupo de adultos mayores institucionalizados y de vida libre en Venezuela. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 16(1), 11-15.
- Himes, J. H. y Frisancho, R. A. (1988). Estimating frame size. En Lohman TG, Roche AF, Martorell R, *Anthropometric standardization reference manual* (pp. 121-124). Champaign, USA: Human Kinetics Books.
- Kuriyan, R. (2018). Técnicas de composición corporal. *The Indian Journal of Medical Research*, 148(5), 648-58. [https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR\\_1777\\_18](https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1777_18)
- Lejarraga, H., del Pino, M., Fano, V., Caino, S. y Cole T. (2009). Referencias de peso y estatura desde el nacimiento hasta la madurez para niñas y niños argentinos: Incorporación de datos de la OMS de 0 a 2 años, recálculo de percentilos para obtención de valores LMS. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 107(2), 126-133.
- Lizana, P. A. y Hormazabal-Peralta, A. (2020). External skeletal robustness and adiposity in adolescents of low socioeconomic status: A cross-sectional analysis of body composition. *American Journal of Human Biology*, 32, e23346. <https://doi.org/10.1002/ajhb.23346>
- Lohman, T. G., Roche, F. y Martorell, R. (1988). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign, USA: Human Kinetics Books.
- López Barbancho, D., Terán de Frutos, J. M., Candelas González, N., Díaz de Luna, M. C., Marrodán Serrano, M. D. y Lomaglio, D. B. (2015). Curvas percentilares de peso al nacimiento por edad gestacional para la población de la provincia de Catamarca (Argentina). *Nutrición Hospitalaria*, 31(2), 682-688.

- Marrodán Serrano, M. D., Santos Beneit, M. G., Mesa Santurino, M. S., Cabañas Armesilla, M. D., González-Montero de Espinosa, M. y Pacheco del Cerro, J. L., (2007). Técnicas analíticas en el estudio de la composición corporal. *Antropometría frente a sistemas de bioimpedancia bipolar y tetrapolar. Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 1, 11-19.
- McCormack, S. E., Cousminer, D. L., Chesí, A., Mitchell, J. A., Roy, S. M., Kalkwarf, H. J., Lappe, J. M., Gil-sanz, V., Oberfield, S. E., Shepherd, J. A., Winer, K. K., Kelly, A., Grant, S. F. A. y Zemel, B. S. (2017). Association between linear growth and bone accrual in a diverse cohort of children and adolescents. *JAMA Pediatrics*, 171(9), e171769. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.1769>
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social. (2019). 2° Encuesta Nacional de Nutrición y Salud ENNYS 2. Resumen ejecutivo. Secretaría de Gobierno de Salud. Ministerio de Salud y Desarrollo Social. Argentina. <https://cesni-biblioteca.org/2-encuesta-nacional-de-nutricion-y-salud-ennys-2-resumen-ejecutivo/>
- Mumm, R., Godina, E., Koziel, S., Musalek, M., Sedlak, P., Wittwer-Backofen, U., Hesse, V., Dasgupta, P., Henneberg, M. y Scheffler, C. (2018). External skeletal robusticity of children and adolescents - European references from birth to adulthood and international comparisons. *Anthropologischer Anzeiger*, 74, 383-391. <https://doi.org/10.1127/anthranz/2018/0826>
- Mumm, R., Reimann, A. y Scheffler, C. (2021). Estimation of percentage of body fat in field studies – a method based on relative elbow breadth (Frame Index) and BMI. *Human Biology and Public Health*, 1. <https://doi.org/10.52905/hbph.v1.3>
- Navazo, B., Oyhenart, E., Dahinten, S., Mumm, R. y Scheffler, C. (2020). Decrease of external skeletal robustness (Frame Index) between two cohorts of school children living in Puerto Madryn, Argentina at the beginning of the 21st century. *Anthropologischer Anzeiger*, 77(5), 405-413. <https://doi.org/10.1127/anthranz/2020/1182>
- Nikolova, M., Mladenova, S., Boyadzhiev, D. y Paskaleva, T. (2019). Changes in body composition and skeletal robustness in 7-17-year-old children and adolescents from Plovdiv, Bulgaria (1998-2008). *Anthropological Researches and Studies*, 9. <https://doi.org/10.26758/9.1.4>
- Orden, A. y Apezteguía, M. (2016). Weight and height centiles of Argentinian children and adolescents: a comparison with WHO and national growth references. *Annals of Human Biology*, 43(1), 9-17. <https://doi.org/10.3109/03014460.2014.970576>
- Oyhenart, E. E., Lomaglio, D. B., Dahinten, S. L., Bejarano, I. F., Herráez, A., Cesani, M. F., Torres, M. F., Luis, M. A., Quintero, A. F., Alfaro, M. L., Orden, A. B., Bergel Sanchis, M. L., González-Montero de Espinosa, M., Garraza, M., Luna, M. E., Forte, L. M., Mesa, M. S., Moreno Romero, S., López-Ejeda, N., Dipierri, J. E. y Marrodán M. D. (2015). Weight and height percentiles calculated by the LMS method in Argentinean schoolchildren. A comparative references study. *Annals of Human Biology*, 42(5), 439-446. <https://doi.org/10.3109/03014460.2014.968207>
- Oyhenart, E. E., Torres, M. F., Garraza, M., Cesani Rossi, M. F., Navazo, B., Castro, L. E., Alfaro, E., Bejarano, I. F., Carrillo, R., Dahinten, S. L., Lomaglio, D., Luis, M. A., Marrodán Serrano, M. D., Menecier, N., Quintero, F. A., Román, E. M., Zonta, M. L. y Dipierri, J. E. (2019). Percentilos de referencia de la circunferencia y de las áreas muscular y grasa del brazo para la población infantojuvenil argentina (4-14 años). *Archivos Argentinos de Pediatría*, 117(4), e347-55. <http://dx.doi.org/10.5546/aap.2019.e347>
- Rauch, F. (2015). Bone growth in length and width: the Yin and Yang of bone stability. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 5(3), 194.
- Rietsch, K. Eccard J.A. y Scheffle, C. (2013) Decreased external skeletal robustness due to reduced physical activity? *American Journal of Human Biology*, 25, 404-410. <https://doi: 10.1002/ajhb.22389>
- Rietsch, K., Godina, E. y Scheffler, C. (2013). Decreased external skeletal robustness in schoolchildren—a global trend? Ten year comparison of Russian and German data. *PLoS One*, 8(7), e68195. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068195>
- Scheffler, C. y Hermanussen, M. (2014). Is there an influence of modern life style on skeletal build?. *American Journal of Human Biology*, 26(5), 590-7. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22561>
- Scheffler, C. y Hermanussen, M. (2018). Growth in childhood and adolescence. En: W. Trevathan *The*

- International Encyclopedia of Biological Anthropology*. (pp. 1-11). New York, USA: JohnWiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118584538.ieba0537>
- Schilitz, A. (2001). *Körperliche Entwicklung und Körperzusammensetzung von Brandenburger Schulkindern im Geschlechter- und Altersgruppenvergleich*. Zugl.: Potsdam, Univ., Diss. Aachen, Shaker.
- Slaughter, M. H. Lohman, T. G. Boileau, R. A., Horswill, C. A. Stillman, R. J., Van Loan, M. D. y Bembien, D. A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology*, 60(5), 709-723.
- Sociedad Argentina de Pediatría (2013). *Guía para la evaluación del crecimiento físico 2013*. Buenos Aires, Argentina: Sociedad Argentina de Pediatría. Comité Nacional de Crecimiento y Desarrollo.
- Stewart, A. y Marfell-Jones, M. (2011). *International Society for the Advancement of Kinanthropometry. International Standards for Anthropometric Assessment*. Glasgow, UK: ISAK.
- Tarupi, W., Lepage, Y., Felix, M. L., Monnier, C., Hauspie, R., Roelants, M., Hidalgo, R. y Vercauteren, M. (2020). Referencias de peso, estatura e índice de masa corporal para niñas y niños ecuatorianos de 5 a 19 años de edad. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 118(2), 117-124. <http://dx.doi.org/10.5546/aap.2020.117>
- Wells, J. C. (2017). Worldwide variability in growth and its association with health: Incorporating body composition, developmental plasticity, and intergenerational effects. *American Journal of Human Biology*, 29(2), e22954. <https://doi.org/10.1002/ajhb.22954>
- Yeste, D. y Carrascosa, A. (2015) Valoración e interpretación de la masa ósea en la infancia y adolescencia. *Pediatría Integral*; XIX(6), 436.e1-436.e9.