

**Desarrollo y validación de ecuación para masa grasa por antropometría.****Utilización de dilución isotópica de deuterio como patrón.**

Tarducci Gabriel

AEIEF IdIHCS CONICET FaHCE UNLP. [gtarducci@fahce.unlp.edu.ar](mailto:gtarducci@fahce.unlp.edu.ar)

Pallaro Anabel, Cátedra de Nutrición Facultad de Farmacia y Bioquímica UBA,  
[apallaro@ffyb.uba.ar](mailto:apallaro@ffyb.uba.ar)

Paganini Amalia, AEIEF IdIHCS CONICET FaHCE UNLP, CIC Comisión de  
Investigaciones Científicas Prov. Buenos Aires, [elmer1963@hotmail.com](mailto:elmer1963@hotmail.com)

Gárgano Sofía

AEIEF IdIHCS CONICET FaHCE UNLP. [gargano.sofia@gmail.com](mailto:gargano.sofia@gmail.com) /  
[sgargano@fahce.unlp.edu.ar](mailto:sgargano@fahce.unlp.edu.ar)

Vidueiros Mariel, Cátedra de Nutrición Facultad de Farmacia y Bioquímica UBA,  
[simavidu@ffyb.uba.ar](mailto:simavidu@ffyb.uba.ar)

Morea Guillermo, AEIEF IdIHCS CONICET UNLP, [guillemorea@hotmail.com](mailto:guillemorea@hotmail.com)

**Resumen**

Argentina no cuenta con ecuaciones de predicción o valoración de la masa grasa y/o la masa libre de grasa que hayan sido obtenidas a nivel local y menos aún que hayan sido desarrolladas y validadas para niños. En el presente estudio la validación se llevó a cabo mediante la aplicación del método de agua corporal total por dilución isotópica de deuterio, como patrón, aplicándose por primera vez en Argentina para este tipo de desarrollo. Objetivo: Elaborar ecuaciones válidas para la estimación de la composición corporal de los niños/as a través de la antropometría. Materiales y métodos: estudio de diseño no experimental, descriptivo, transversal y correlacional. Población y muestra. 152 personas de 6 a 9 años de ambos sexos. Se determinó el peso corporal (kg), la talla (m) e IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), pliegues cutáneos y circunferencia de cintura. Para estimar la masa corporal libre de grasa (MLG) y posteriormente la masa grasa (MG), se determinó el Agua Corporal Total (ACT) por el método de dilución isotópica con óxido de deuterio. Resultados: Se probaron varios modelos diferentes ingresando combinaciones de variables como peso, talla, pliegue tricípital, sumatoria de cuatro pliegues y perímetro de cintura. Para la obtención del Modelo o ecuación obtenido para antropometría se utilizaron como variables la sumatoria de 4 pliegues y el peso, quedando de la siguiente

manera:  $MG \text{ (kg)} = -3,2120 + 0,2829 \text{ (Peso)} + 0,0796 \text{ (Sumatoria de 4 pliegues)}$ . Los valores de regresión obtenidos en la validación fueron:  $r = 0,8717$ ;  $r^2 = 0,7598$ ;  $b = 0,8071$  y el valor de intercepto = 1,1577. Éste último implicaría una desviación de 1,2 kg si se aplicara el modelo. Conclusiones: Este trabajo muestra la primera ecuación desarrollada y validada para niños/as argentinos, lo cual le confiere un valor significativo en términos de utilidad, aplicabilidad y originalidad.

## Introducción

Se conoce con el nombre de antropometría al conjunto de mediciones que se realizan en el cuerpo humano. En el contexto de la actividad física y el deporte, se habla de cineantropometría (CA), lo que implica el estudio del cuerpo humano en función del movimiento y el rendimiento, la salud, la maduración y la composición corporal. La CA incluye diversas mediciones de masa (peso) y longitud (alturas, diámetros, circunferencias y espesores de tejidos blandos). Y para el estudio de la composición corporal (CC) utiliza fundamentalmente los pliegues cutáneos (PC). Para la correcta ejecución de las mediciones antropométricas se utilizan marcas corporales y se requiere de instrumentos específicos. A partir de estas mediciones existen dos resultados posibles. El directo, que da la información precisa de peso, talla, circunferencia o perímetro de cintura; y el indirecto, que, a partir de estos datos primarios, mediante la aplicación de ecuaciones, brinda datos secundarios como la cantidad de masa grasa, masa libre de grasa, masa muscular o agua corporal, entre otras. La única forma práctica de conocer la CC es utilizar métodos indirectos mediante fórmulas. Existen diferentes modelos para estudiar la CC, siendo el más simple el modelo de dos componentes, que divide a la masa total en masa grasa y masa libre de grasa (Kuriyan, 2018).

Argentina no cuenta con ecuaciones de predicción o valoración de la masa grasa y/o la masa libre de grasa que hayan sido obtenidas a nivel local y menos aún que hayan sido desarrolladas y validadas para niños.

Para la validación de modelos matemáticos de predicción de CC se han utilizado diferentes métodos de referencia (Lee *et al.*, 2017; Plasqui *et al.*, 2009), en el presente estudio la validación se llevó a cabo mediante la aplicación del método de agua corporal total por dilución isotópica de deuterio, como patrón. Este método se caracteriza por ser preciso, no

invasivo y ha sido aplicado en estudios previos en poblaciones similares (Monyeki *et al.*, 2022; Ndagire, Muyonga, Odur y Nakimbugwe, 2018; Fabiansen *et al.*, 2017; Eckhardt *et al.*, 2003).

Objetivo: Elaborar ecuaciones válidas para la estimación de la composición corporal de los niños/as a través de la antropometría.

### **Materiales y método**

El estudio se basó en un diseño no experimental, descriptivo, transversal y correlacional (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2006).

Población y muestra. 152 escolares de 6 a 9 años de ambos sexos.

Se determinó el peso corporal (kg), la talla (m) e IMC (kg/m<sup>2</sup>). Pliegues cutáneos tricipital, bicipital, subescapular suprailíaco, con un caliper Lange y circunferencia de cintura.

#### *Agua Corporal Total por dilución isotópica de deuterio*

Para estimar la masa corporal libre de grasa (MLG) y posteriormente la masa grasa (MG), se determinó el Agua Corporal Total (ACT) por el método de dilución isotópica con óxido de deuterio. Este método se basa en el principio de dilución, por el cual es posible conocer el ACT del sujeto en estudio, a partir de la administración de una dosis de volumen (V1) y concentración (C1) conocidas de agua deuterada y de la determinación de la concentración de deuterio (C2) en un muestra de saliva. Calculada el agua corporal total (ACT) como  $C1 \cdot V1 / C2$ , se calculó la MLG según  $MLG = [(ACT/0.732)/1.04]$ , donde 0.732 es el coeficiente de hidratación de MLG y 1.04 es un factor de corrección. El porcentaje de masa grasa se calculó como la diferencia entre el peso corporal (P) y MLG, según  $\% MG = (P - MLG)/P * 100$ .

Para definir cuáles variables ingresar al modelo se aplicó el criterio de Mallows (Cp) (Kurtner, 2004). Se aplicaron regresiones para elaborar la ecuación de predicción. Se determinó la concordancia en la masa grasa obtenida por antropometría con respecto al patrón por agua corporal total por dilución isotópica, usando el Test de Bland y Altman (1986), Altman y Bland (1994) y Bland y Altman (1994). Se calculó el coeficiente de correlación concordancia de Lin (Lin, 1989) de la regresión ( $r_c$ ) de los modelos de predicción de masa grasa obtenidos con respecto al patrón.

La muestra obtenida quedó conformada como se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Estratificación de la muestra según edad.

Edad	Mujeres N (%)	Varones N (%)	Total N (%)
6 años	19 (23.75)	21 (29.16)	40 (26.31)
7 años	21 (26.25)	22 (30.55)	43 (28.28)
8 años	25 (31.25)	253 (4072)	52 (34.21)
9 años	13 (16.25)	4 (5.55)	17 (11.18)
Total	80 (100)	72 (100)	152 (100)

Las medias y desvíos estándar de las variables demográficas, antropométricas se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Medias y desvíos estándar de variables antropométricas y de composición corporal según sexo.

Variable	Varones		Mujeres		Totales	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Edad	7,60	1,01	7,70	0,96	7,50	1,02
Peso (kg)	27,64	5,44	27,93	6,18	27,79	5,83
Talla (cm)	126,38	7,07	124,61	7,36	125,44	7,25
IMC	17,24	2,24	17,79	2,6	17,53	2,44
Peso al nacer (gr)	3.392,28	657,75	3189,58	465,78	3.279,84	566,2

Pliegues cutáneos (mm)	Bíceps	6,92	3,56	7,95	3,47	7,46	3.54
	Subescapular	8,14	4,97	10,24	6,68	9,25	6.01
	Tríceps	12,85	4,15	14,56	4,89	13,75	4.62
	Abdominal	14,17	10,05	18,83	10,04	16,64	10.28
	Cresta ilíaca	15,14	11,80	19,88	12,28	17,65	12.28
	Pantorrilla	11,49	4,19	13,73	4,33	12,68	4.40
Perímetros (cm)	Cintura máxima	59,38	6,58	59,71	7,3	59,55	6.95
	Cintura mínima	57,47	6,59	56,80	7,18	57,11	6.81
ACT (%)	DI	56,46	2,24	52,97	4,29		

IMC: (kg/m<sup>2</sup>), ACT: agua corporal total, BIA: bioimpedancia, DI: dilución isotópica.  
Estudio de normalidad de las variables demográficas y antropométricas

Todas las variables introducidas para el desarrollo del modelo, respondieron a la normalidad.

### Desarrollo de la ecuación de MG

La muestra se dividió en dos partes iguales, una para la obtención del modelo (base A) y otra para la validación (base B).

Se buscó asociación entre diferentes variables con masa grasa (MG). Las variables que muestran asociación se consideraron potencialmente útiles para obtener la ecuación.

#### *Obtención de los modelos o ecuaciones de predicción*

Se probaron varios modelos diferentes ingresando combinaciones de variables como peso, talla, pliegue tricaptal, sumatoria de cuatro pliegues y perímetro de cintura.

Modelo bivariado de predicción de MG en función del peso y la sumatoria de 4 pliegues cutáneos

La Tabla 3 muestra los parámetros que permiten determinar cuáles son las mejores asociaciones entre variables. Se observa que cuando se trabaja con una sola variable el  $r^2$  es relativamente bajo, el  $S$  es alto y, sobre todo, el  $C_p$  es muy alto. En cambio cuando se

ingresan las dos variables, peso y sumatoria de 4 pliegues o peso y pliegue de tríceps, el  $C_p$  baja considerablemente. Esto determina que la combinación de estas dos variables sería la mejor para incorporarlas al modelo.

Tabla 3. Parámetros del método de todas las posibles regresiones para las variables sumatoria de 4 pliegues, peso y pliegue tricípital.

Tamaño del modelo	$r^2$	S	$C_p$	Variables modelo	d
1	0,759562	1,251858	53,495571	G (SUMA_4PL)	
1	0,665790	1,47592	96,979185	A (Peso)	
1	0,644161	1,522931	107,009134	D (PL_TRI)	
2	0,853717	0,9846922	11,834338	AG	
2	0,838935	1,033246	18,688963	AD	
3	0,875075	0,9177826	3,930090	ADG	

El  $C_p$  correspondiente a las variables analizadas es elevado, pero cuando se probó el ingreso de más variables tampoco mejoró y tampoco mejoró el  $r^2$ , lo cual permite tomar la decisión de desarrollar el modelo con las variables peso y sumatoria de 4 pliegues sin necesidad de incorporar otras mediciones, lo que haría más compleja y menos aplicable la ecuación.

Se observa que en el modelo bivariado aumenta el  $r^2$  y paralelamente baja el S y se obtiene un  $C_p$  de 18,68. Cuando se incorporan en el modelo las variables peso, pliegue tricípital y sumatoria de 4 pliegues, el  $C_p$  es de 3,93, lo cual mejora desde el punto de vista estadístico.

#### *Modelo o ecuación obtenido para antropometría*

En este modelo se utilizaron como variables la sumatoria de 4 pliegues y el peso. Se obtuvieron los resultados recogidos en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros del método de todas las posibles regresiones para las variables sumatoria de 4 pliegues y peso.

Tamaño del modelo	r <sup>2</sup>	S	Cp	Variables del modelo
1	0,759586	1,251795	38,968637	B (SUMA_4PL)
1	0,665790	1,47592	76,800175	A (Peso)
2	0,853721	0,9846756	3,000000	AB

$$MG \text{ (kg)} = -3,2120 + 0,2829 \text{ (Peso)} + 0,0796 \text{ (Sumatoria de 4 pliegues)}$$

El modelo cumple con el test de normalidad de Shapiro Wilk, es decir que no se rechaza la posibilidad de que la distribución de la grasa evaluada por esta ecuación siga una curva normal. El r<sup>2</sup> fue de 0,9143 y el S de 0,7388.

#### Validación del modelo

Se utilizó la base B (n = 60) cuyo gráfico de regresión lineal se presenta a continuación.

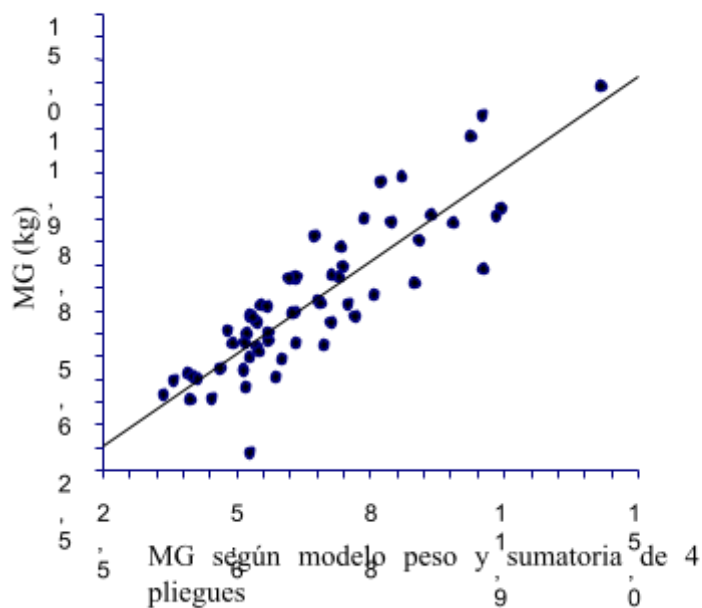




Gráfico 1. Estudio de la asociación (regresión lineal) entre la MLG obtenida con la disolución isotópica de deuterio (eje de ordenadas) y la MLG obtenida según el primer modelo con peso y sumatoria de 4 pliegues (eje de abscisas).

Los valores de regresión obtenidos en la validación fueron:  $r = 0,8717$ ;  $r^2 = 0,7598$ ;  $b = 0,8071$  y el valor de intercepto =  $1,1577$ . Éste último implicaría una desviación de  $1,2 \text{ kg}$  si se aplicara el modelo.

La correlación de concordancia ( $r_c$ ) de la ecuación obtenida es  $0,7861$ , lo que significaría que la validación del modelo (ecuación) es correcta y su reproductibilidad es alta.

Para conocer la concordancia y el posible sesgo se realizó el test de Bland y Altman (Gráfico 2).

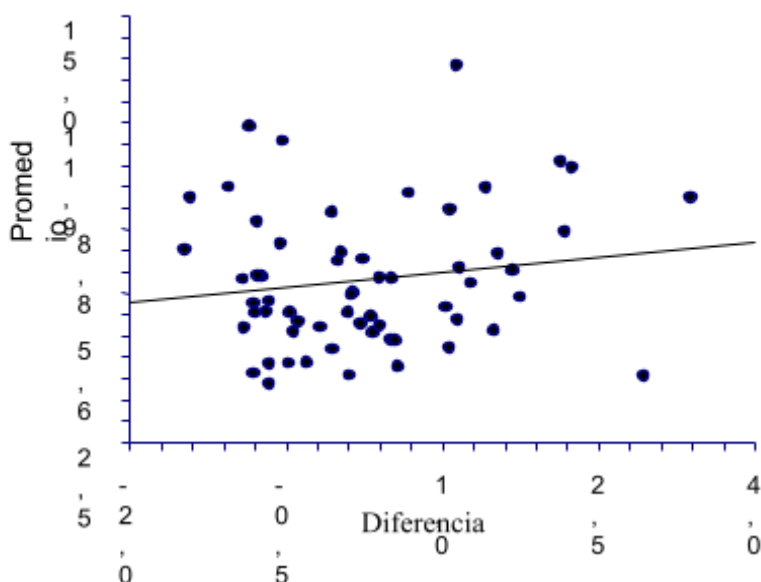


Gráfico 2. Estudio de la concordancia (Bland y Altman) para el modelo (peso sumatoria de cuatro pliegues).

El análisis de la regresión arrojó un valor no significativo ( $p = 0,2368$ ). El resultado del test de Bland y Altman muestra que el modelo obtenido no presenta sesgo.

## Conclusiones

Se ha obtenido y validado, la siguiente ecuación para estimar la masa grasa, utilizando como patrón la medida del agua corporal a través de la dilución isotópica con deuterio, con



las siguientes variables antropométricas: peso y la sumatoria de cuatro pliegues (bicipital, tricipital, subescapular y abdominal).

La ecuación obtenida o modelo para antropometría queda de la siguiente manera:

$$MG \text{ (kg)} = -3,2120 + 0,2829 \text{ (Peso)} + 0,0796 \text{ (Sumatoria de 4 pliegues)}$$

El modelo tiene un coeficiente de determinación alto ( $r^2 = 0,91$ ) y un error estándar del evaluador ( $S$ ) de 0,74. La validación mostró un  $r$  de 0,87, un  $r^2$  de 0,76, una pendiente de 0,81 y un intercepto de 1,5. La correlación de concordancia fue de 0,78, lo que permite asegurar que tiene un alto grado de reproductibilidad. La ecuación presenta una desviación de 1,5 kg respecto al patrón. Presenta sesgo significativo según el test de Bland y Altman, con una pendiente diferente de cero ( $p = 0,2368$ ).

Desde el punto de vista de su aplicabilidad, sólo se necesita contar con una balanza y un compás de pliegues cutáneos; el tiempo requerido para completar las mediciones es relativamente corto. La sumatoria de 4 pliegues, además, provee información sobre la grasa subcutánea de diferentes segmentos corporales.

La debilidad que se puede señalar es que la determinación de pliegues cutáneos necesita del entrenamiento previo del evaluador a fin de evitar un error considerable, y que la ecuación podría desviarse del patrón en unos 1,5 kg.

Este trabajo muestra la primera ecuación desarrollada y validada para niños/as argentinos, lo cual le confiere un valor significativo en términos de utilidad, aplicabilidad y originalidad, pero se necesitan más desarrollos para contar con modelos que contengan otras variables y si fuera posible, que reduzcan la desviación con respecto al patrón para hacerlos más exactos.

## Bibliografía

- 1) Altman, D. G. y Bland, J. M. (1994). Diagnostic tests. 1: Sensitivity and specificity. *BMJ II*; 308(6943): 1552. doi: 10.1136/bmj.308.6943.1552.
- 2) Bland, J. M., y Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1(8476), 307–10.

- 3) Bland, J. M., y Altman, D. G. (1994). Some examples of regression towards the mean. *BMJ*, 309(6957), 780. doi: 10.1136/bmj.309.6957.780.
- 4) Eckhardt, C. L., Adair, L. S., Caballero, B., Avila, J., Kon, I.Y., Wang, J. y Popkin, B. M. (2003). Estimating body fat from anthropometry and isotopic dilution: a four-country comparison. *Obes Res.*, 11(12):1553-62. doi: 10.1038/oby.2003.207.
- 5) Fabiansen, C., Yaméogo, C. W., Devi, S., Friis, H., Kurpad, A., y Wells, J. C. (2017). Deuterium dilution technique for body composition assessment: resolving methodological issues in children with moderate acute malnutrition. *Isotopes Environ Health Stud.*, 53(4):344-355. doi: 10.1080/10256016.2017.1295043.
- 6) Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. (4th ed.). México: McGraw Hill.
- 7) Hoon Lee, Keum, N., Hu, B. F., Orav, J., Rimm, E. B., Sun, Q., Willett, W., Giovannucci, E. L. (2017). Development and validation of anthropometric prediction equations for lean body mass, fat mass and percent fat in adults using the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2006. *Br J Nutr*, 118(10), 858-866. DOI: 10.1017/S0007114517002665.
- 8) Kuriyan, R. (2018). Body composition techniques. *Indian J Med Res* 148, 648-658. DOI: 10.4103/ijmr.IJMR\_1777\_18.
- 9) Kurtner, M. H., Nachtsheim, C. J., y Neter, J. (2004). *Applied linear statistical models* (4th ed.). Philadelphia: McGraw Hill.
- 10) Lin, L. I. (1989). A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*, 45(1), 255-68.
- 11) Monyeki, M.A., Sedumedi, C.M., Reilly, J.J., Janssen, X., Kruger, H.S., Kruger, R. y Loechl, C.U. (2022). Birth Weight and Body Composition as Determined by Isotopic Dilution with Deuterium Oxide in 6- to 8-Year-Old South African Children. *Children* 9, 1597. <https://doi.org/10.3390/children9101597>.
- 12) Ndagire, C.T., Muyonga, J. H., Odur, B. y Nakimbugwe, D. (2018). Prediction equations for body composition of children and adolescents aged 8-19 years in Uganda using deuterium dilution as the reference technique. *Clin Nutr ESPEN*, 28, 103-109. doi: 10.1016/j.clnesp.2018.09.004.

- 13) Plasqui, G., Hoed, D. M., Bonomi, A. y Westerterp, K. R. (2009). Body composition in 10-13-year-old children: a comparison between air displacement plethysmography and deuterium dilution. *Int J Pediatr Obes.*, 4(4):397-404. doi: 10.3109/17477160902952472.