



## **Evolución de los parámetros bioeléctricos asociados a la edad en niños y adolescentes de 2 a 16 años**

Evolution of age-associated bioelectrical parameters in children and adolescents aged 2-16 years

Taira Batista Luna<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9770-8061>

José Luis García Bello<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8238-8402>

Héctor Manuel Camué Ciria<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1551-7841>

Agustín Garzón Carbonell<sup>3</sup> <https://orcid.org/0009-0007-5809-4627>

Ana de la Caridad Román<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6084-9423>

Alcibíades Lara Lafargue<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4727-7456>

Néstor Juan Rodríguez de la Cruz<sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8136-2710>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Centro UASD Nagua. Nagua, República Dominicana.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Recinto San Francisco de Macorís. San Francisco de Macorís, República Dominicana.

<sup>3</sup>Universidad de Oriente. Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA). Santiago de Cuba, Cuba.

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Santo Domingo, República Dominicana.

\*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: [jgarcia44@uasd.edu.do](mailto:jgarcia44@uasd.edu.do)

### **RESUMEN**

**Introducción:** Los cambios fisiológicos que se manifiestan en niños y adolescentes durante su crecimiento y desarrollo impactan de forma significativa en su vida adulta.

<http://scielo.sld.cu>

<https://revmedmilitar.sld.cu>



**Objetivo:** Evaluar mediante el análisis del vector de impedancia bioeléctrica la evolución de los cambios fisiológicos en 2 muestras de niños y adolescentes.

**Métodos:** Se utilizaron 2 muestras de niños y adolescentes de ambos sexos, una cubana de 1067 individuos y otra italiana de 1823, procedentes de 2 bases de datos. Se realizó el nomograma y el ajuste lineal a cada muestra, basado en modelo matemático de la forma  $y = mx + b$ , para caracterizar la trayectoria de los datos de cada muestra.

**Resultados:** En la muestra cubana los vectores medios de impedancia se solapan desde el grupo etario 2 años hasta el grupo de 12 años. A partir de los 13 años, los vectores de ambos sexos se separan. En la muestra italiana, estos vectores se solapan desde el grupo etario 2 años hasta el grupo de 13 años. A partir de los 14-15 años, los vectores de ambos sexos se separan. Ambas muestras siguieron una línea recta decreciente con el aumento de la edad.

**Conclusiones:** Los cambios que ocurren en los vectores bioeléctricos, desde la niñez hasta la adolescencia, se deben a modificaciones en los estadios que llevan de la niñez a la pubertad, desde el punto de vista fisiológico.

**Palabras clave:** adolescencia; composición corporal; crecimiento y desarrollo; impedancia bioeléctrica; resistencia eléctrica.

## ABSTRACT

**Introduction:** The physiological changes that manifest in children and adolescents during their growth and development have a significant impact on their adult life.

**Objective:** To evaluate the evolution of physiological changes in 2 samples of children and adolescents using bioelectrical impedance vector analysis.

**Methods:** Two samples of infant-juvenile populations of both sexes were used, a Cuban sample of 1067 individuals and an Italian sample of 1823, from two databases. The nomogram and the linear fit to each sample were performed, based on a mathematical model of the form  $y = mx + b$  characterize the trajectory of the data of each sample.

**Results:** In the Cuban sample, the mean impedance vectors overlap from the 2 age group to the 12 age group. From the age of 13 years, the vectors of both sexes separate. In the Italian sample, these vectors



overlap from the age group 2 years to the age group 13 years. From the 14 to 15 age group, the vectors of both sexes are separate. Both samples followed a straight line, decreasing with increasing age.

**Conclusions:** The changes that occur in the bioelectrical vectors from childhood to adolescence are due to modifications in the stages that lead from childhood to puberty from the physiological point of view.

**Keywords:** adolescence; bioelectrical impedance; body composition; electrical resistance; growth and develop.

Recibido: 09/10/2023

Aprobado: 27/08/2024

## INTRODUCCIÓN

Los niños y adolescentes cambian su composición corporal a medida que crecen, con diferencias importantes en el periodo puberal. Los cambios en el contenido y distribución de la masa grasa, masa muscular y fluidos corporales también pueden producirse como consecuencia del estilo de vida, principalmente debido a alteraciones en la nutrición y la actividad física.<sup>(1)</sup> Por lo tanto, el seguimiento de la composición corporal es muy importante para la evaluación del crecimiento adecuado en los niños y adolescentes. Existen pruebas de que los cambios antropométricos que se producen durante la infancia y la adolescencia pueden predecir la composición corporal y la salud en la edad adulta.<sup>(1,2)</sup>

Una de las herramientas empleadas para estas determinaciones es el análisis por bioimpedancia eléctrica (BIA, por sus siglas en inglés), técnica que se basa en la oposición de los tejidos al paso de una corriente eléctrica alterna.<sup>(3,4)</sup> La misma permite evaluar la composición corporal a través de los parámetros bioeléctricos, los cuales aportan información sobre los cambios que ocurren en el organismo, para la evaluación del estado de salud del individuo.<sup>(5,6,7)</sup> La BIA ha sido muy utilizada en varias investigaciones biomédicas.<sup>(8,9,10)</sup>

Uno de los parámetros bioeléctricos determinado es la impedancia eléctrica ( $Z$ ), la cual está en función de: la resistencia eléctrica ( $R$ ) y la reactancia capacitiva ( $X_c$ ), ambas expresadas en Ohm ( $\Omega$ ). La  $R$ ,

<http://scielo.sld.cu>

<https://revmedmilitar.sld.cu>



representa la resistencia de los tejidos al paso de una corriente eléctrica; mientras que la  $X_c$ , es la oposición adicional debido a la capacitancia de los tejidos y las membranas celulares.<sup>(11,12)</sup>

Cuando la  $R$  y la  $X_c$  se miden a 50 kHz, se normalizan por la talla ( $H$ ) de los sujetos ( $R/H$  y  $X_c/H$ ), expresándose en Ohm/metro ( $\Omega/m$ ). La relación entre estos parámetros normalizados se representa en un gráfico  $RX_c$  mediante elipses de tolerancia y confianza. Esta modalidad de la BIA, se denomina análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA, por sus siglas en inglés). Dicha variante permite conocer el estado de hidratación y nutrición de los individuos.<sup>(13,14,15)</sup> En ella el vector está formado por 3 componentes:  $R$ ,  $X_c$  y ángulo de fase ( $\Phi$ ).<sup>(16,17)</sup>

En la actualidad, existe interés en el BIVA para la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes. Este análisis contribuye al diagnóstico, tratamiento y determinación de las necesidades nutricionales.<sup>(18,19)</sup> Esta técnica también se emplea en el estudio de los factores de riesgo para salud y el desarrollo adecuado en niños y adolescentes sanos.<sup>(20,21,22)</sup>

El objetivo de este estudio es evaluar mediante el análisis del vector de impedancia bioeléctrica la evolución de los cambios fisiológicos en 2 muestras de niños y adolescentes de 2 a 16 años, durante su crecimiento y desarrollo, mediante el análisis del vector de impedancia bioeléctrica a partir de un modelo matemático de la forma  $y = mx + b$ .

## MÉTODOS

### Diseño

Estudio analítico, retrospectivo y transversal; realizado en el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, entre enero y marzo de 2024. Se utilizaron 2 bases de datos de niños y adolescentes sanos, de ambos sexos.

### Sujetos

La muestra cubana, tomada de la población de niños y adolescentes de Santiago de Cuba, fue de 1063 individuos (Base de datos parámetros bioeléctricos, ISBN: 978-959-207-679-2).<sup>(23)</sup> La muestra italiana, tomada de las regiones del norte, centro y sur de Italia, estuvo constituida por 1827 individuos (Base de



datos suministrada por *De Palo* y otros).<sup>(24)</sup> Ambas muestras abarcan el intervalo de edad que va desde 2 años hasta 16 años, e incluyen individuos que no exceden el 90 percentil para el índice de masa corporal. Los datos de niños y adolescentes de ambas muestras fueron recogidos durante el curso escolar y las visitas médicas periódicas.

## Variables

Las variables utilizadas para la investigación fueron: talla (cuantitativa ordinal continua); sexo (cualitativa nominal dicotómica. Según genotipo clasificada en femenino o masculino); edad (cuantitativa continua. Con escala de clasificación: 2-3; 4-5; 6-7; 8-9; 10-11; 12; 13-16); resistencia eléctrica normalizada (cuantitativa ordinal continua); y reactancia capacitiva normalizada original y estimada (cuantitativa ordinal continua).

## Procedimientos

Para el estudio poblacional cubano, la medición de los parámetros bioeléctricos se realizó con el analizador de bioimpedancia modelo BioScan 98<sup>®</sup> (Biológica Tecnología Médica S.L., Barcelona, España). Para el estudio poblacional italiano se utilizó el analizador RJL (BIA-101, RJL/Akern Systems, Clinton Twp, MI, USA). En ambos casos, para la medición de los parámetros bioeléctricos, se empleó el método tetrapolar ipsilateral derecho. Se suministró una corriente de 800  $\mu\text{A}$ , a través de los electrodos de inyección. La caída de voltaje fue registrada con los electrodos detectores. La frecuencia de trabajo fue 50 kHz. Se siguieron los protocolos establecidos por la National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement<sup>(25)</sup> de 1994, para la determinación de la bioimpedancia corporal total.

## Procesamiento

Los parámetros bioeléctricos R y Xc obtenidos por la medición, fueron normalizados por la talla (H) de los individuos, en las 2 muestras analizadas, obteniéndose R/H y Xc/H. La Xc/H estimada se obtuvo de un modelo matemático de la forma

$$y = mx + b \quad (1)$$

donde



$$y = \frac{X_{c\ est}}{H}$$

y

$$x = \frac{R_{orig}}{H}$$

La diferencia entre la Xc/H estimada y original fue obtenida por la expresión:

$$D = \frac{X_{c\ est}}{H} - \frac{X_{c\ orig}}{H} \quad (2)$$

El error relativo fue calculado por la fórmula:

$$E_r = \frac{[X_{c\ est} - X_{c\ orig}]}{X_{c\ orig}} \times 100\% \quad (3)$$

En el análisis vectorial de cada muestra se utilizó la distribución normal bivalente de R/H y Xc/H para calcular, en ambos sexos y cada grupo de edad, el intervalo de confianza bivalente del 95 % para el vector de impedancia media. Además, se calculó la diferencia entre la Xc/H original y estimada y el error relativo. Para el análisis de vectores individuales de cada muestra se utilizó la distribución normal bivariada de R/H y Xc/H, y se calcularon los intervalos de tolerancia bivariados del 95 %, 75 % y 50 % para cada grupo de edad y sexo. En el análisis, se aplicó la prueba  $T^2$  de Hotellings para comparar vectores medios de los individuos femeninos y masculinos, en sus muestras.<sup>(26)</sup>

A partir de los vectores de impedancia se realizaron los nomogramas; y luego su ajuste lineal. El modelo matemático de la forma  $y = mx + b$ , también caracterizó la trayectoria de los datos correspondientes a las muestras estudiadas.



Para el procesamiento de la información y obtención de gráficos se utilizó el programa Matlab versión 7.1.1 para Windows, en una computadora con procesador Intel, núcleo i3 a 3,3 GHz, ubicada en el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Santiago de Cuba, Cuba.

## Aspectos bioéticos

La investigación fue evaluada y aprobada por el Comité de ética y el Consejo científico del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. El estudio se desarrolló teniendo en cuenta los principios éticos de la Declaración de Helsinki.

## RESULTADOS

### Muestra cubana

Los valores del polinomio de grado 1 obtenidos, después del ajuste lineal, fueron

$$p_1 = 0,0840$$

y

$$p_2 = 8,1073$$

El polinomio que describe la trayectoria de estos vectores es:

$$y = p_1x + p_2 \quad (4)$$

Luego de evaluar este polinomio, sustituyendo  $x$  por el valor de la R/H en (4), se obtuvieron los valores aproximados de la Xc/H original y la Xc/H estimada.

La tabla 1 muestra los valores de la R/H, la Xc/H original y estimada, su diferencia y el error relativo para la muestra cubana.





**Tabla 1** - Valores de los parámetros bioeléctricos normalizados, por grupo etario, en la muestra cubana

Grupo etario	R/H original (Ω/m)	Xc/H original (Ω/m)	Xc/H estimada (Ω/m)	Diferencia (Ω/m)	Error relativo (%)
2-3	741	70	70,1632	0,1632	0,23
4-5	651	63	62,7183	0,2817	0,45
6-7	578	57	56,6796	0,3204	0,56
8-9	513	51	51,3026	0,3026	0,59
10-11	461	47	47,0011	0,0011	0,00
12	419	43	43,5267	0,5267	1,22
13-16 (M)	413	43	43,0346	0,0346	0,08
13-16 (F)	335	37	36,5781	0,4219	1,14

R/H: resistencia eléctrica normalizada; Xc/H: reactancia capacitiva normalizada;

M: masculino; F: femenino.

En la tabla 1, se observa que el error relativo en todos los casos se encuentra entre 0,00 y 1,22 % (la media es: 0,48 %). La estimación de los valores de la Xc, a partir de la R, es satisfactoria.

La ecuación de la recta de la forma pendiente-intercepto se denota por la ecuación (1):

$$y = mx + b \quad (1)$$

Donde m es la pendiente y b el intercepto.

Al comparar las ecuaciones (1) y (4),  $m = y$ ;  $y = b = p_2$

Se deduce que  $m = 0,0827$  es la pendiente de la recta, y  $b = 8,8652$ . De ahí que, al sustituir m y b de la ecuación (4), se obtenga la siguiente ecuación:

$$y = 0,0827x + 8,8652 \quad (5)$$

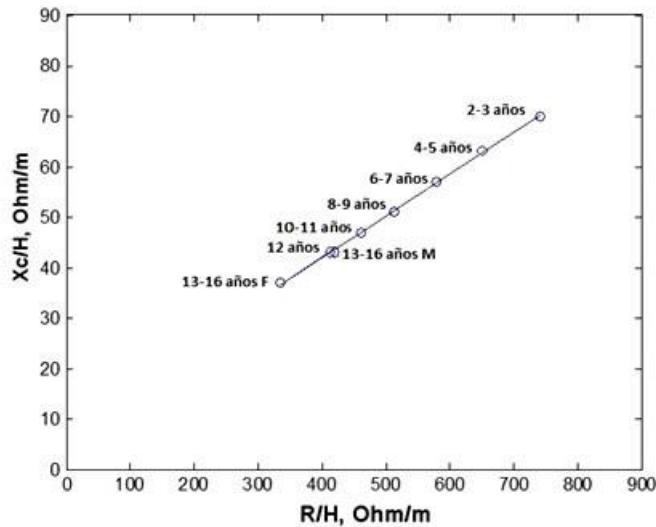
Siendo  $x = R$





La ecuación (5) describe la trayectoria del crecimiento y desarrollo, en la muestra cubana de niños y adolescentes (de 2 a 16 años).

La figura 1 muestra los nomogramas, a partir de vectores medios de impedancia con elipses del 95 % de confianza de la muestra cubana, después del ajuste.



F: femenino; M: masculino; Xc: reactancia capacitiva ( $\Omega$ ); R: resistencia eléctrica ( $\Omega$ ); H: talla (m); Xc/H: reactancia capacitiva normalizada con la talla ( $\Omega/m$ ); R/H: resistencia eléctrica normalizada con la talla ( $\Omega/m$ ).

**Fig. 1** - Vectores medios de impedancia con elipses del 95 % de confianza, luego del ajuste lineal. Los nomogramas de la muestra de niños y adolescentes cubana sana (1063 individuos de ambos sexos), estratificados por grupo etario. Esto se deriva de la prueba de  $T^2$ .

En la figura 1, las elipses de confianza del 95 % de los vectores medios de impedancia se solapan desde el grupo etario 2-3 años hasta el grupo de 12 años. No ocurre así a partir de los 13 años, donde los vectores de ambos sexos se separan.

### Muestra italiana

En la muestra italiana, los valores del polinomio de grado 1 obtenidos, después del ajuste lineal fueron

$$p_1 = 0,0594$$



y

$$p_2 = 18,4314$$

Luego de evaluar este polinomio, sustituyendo  $x$  por el valor de la R/H, así como  $p_1$  y  $p_2$  en la ecuación (4), se obtuvieron los valores aproximados de la Xc/H original y estimada.

La tabla 2 muestra los valores de la R/H, la Xc/H original y estimada, su diferencia y el error relativo para esta muestra.

**Tabla 2** - Valores de los parámetros bioeléctricos normalizados para la muestra italiana

Grupo etario	R/H original ( $\Omega/m$ )	Xc/H original ( $\Omega/m$ )	Xc estimada ( $\Omega/m$ )	Diferencia ( $\Omega/m$ )	Error relativo (%)
2-3	751	60	63,0399	3,0339	4,89
4-5	672	58	58,3474	0,3474	0,59
6-7	600	56	54,0707	1,9293	2,10
8	561	54	51,7642	2,2355	3,55
9	527	52	49,7346	2,2654	3,36
10-11	486	48	47,2992	0,7008	0,08
12	440	44	44,5669	0,5669	1,29
13	403	41	42,3691	1,3691	3,34
14-15 (M)	402	42	42,3097	0,3097	0,74
14-15 (F)	338	37	38,5082	1,5082	4,08

R/H: resistencia eléctrica normalizada; Xc/H: reactancia capacitiva normalizada;

M: masculino; F: femenino.

En la tabla 2, se observa que el error relativo se encuentra entre 0,08 y 4,89 % (la media es 2,92 %). Esto indica que la estimación de los valores de la Xc/H, a partir de la R/H, es satisfactoria. Sin embargo, estos errores muestran diferencias al ser comparados con los de la muestra cubana en la tabla 1. No obstante, en los gráficos RXc de cada muestra se observa la misma tendencia por grupo etario.



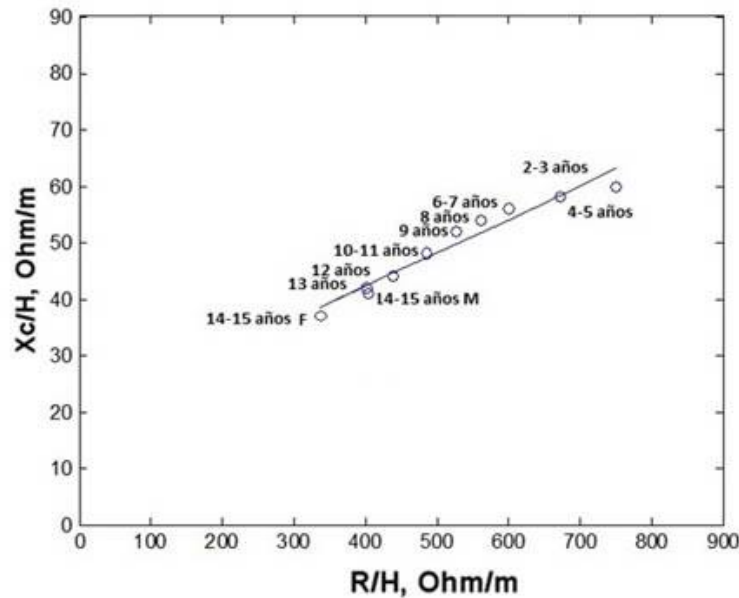
La pendiente de la recta que describe la trayectoria del crecimiento y desarrollo desde la infancia (a partir de 2 años) hasta la adolescencia (14-15 años) es  $m = 0,0594$  y el intercepto es  $b = 18,4314$ . Al sustituir  $m$  y  $b$  en la ecuación (2), se obtiene:

$$y = 0,0594x + 18,4314 \quad (6)$$

Siendo  $x = R$

La ecuación (6) corresponde a la recta que describe la trayectoria del crecimiento y desarrollo desde la infancia (desde 2 años) hasta la adolescencia (14-15 años), de acuerdo con los datos de *De Palo T* y otros.<sup>(24)</sup>

En la figura 2 se observan los nomogramas, a partir de vectores medios de impedancia con elipses del 95 % de confianza de la muestra italiana, después del ajuste.



F: femenino; M: masculino; Xc: reactancia capacitiva ( $\Omega$ ); R: resistencia eléctrica ( $\Omega$ ); H: talla (m); Xc/H: reactancia capacitiva normalizada con la talla ( $\Omega/m$ ); R/H: resistencia eléctrica normalizada con la talla ( $\Omega/m$ ).

**Fig. 2** - Vectores medios de impedancia con elipses del 95 % de confianza, luego del ajuste lineal. Los nomogramas de la muestra de niños y adolescentes italiana sana (1823 individuos de ambos sexos), estratificados por grupo etario. Esto se deriva de la prueba de  $T^2$ .



En la figura 2, las elipses de confianza del 95 % de los vectores medios de impedancia se solapan desde el grupo etario 2-3 años hasta el grupo de 13 años. A partir de los 14-15 años, los vectores de ambos sexos se separan.

La tendencia de las elipses de confianza del 95 % de diferentes grupos etarios es que los valores medios siguen una línea recta de la forma  $y = 0,0827x + 8,8652$  para la muestra cubana,  $y = 0,0594x + 18,4214$  para la italiana. En ambos casos, medida que aumenta la edad, disminuyen los valores medios de los parámetros bioeléctricos R y Xc.

## DISCUSIÓN

Este estudio evidencia que las elipses de confianza del 95 % se solapan en los grupos etarios desde 2 hasta 12 años (en ambos sexos), según la prueba  $T^2$  de Hotellings.<sup>(26)</sup> Sin embargo, a partir de los 13 años estas elipses tienen comportamientos diferentes en ambos sexos. Este comportamiento sugiere la existencia de una relación entre la posición del vector medio, con respecto a la del gráfico RXc, correspondiente a una línea recta. Dicho comportamiento, pudiera responder a la fisiología del organismo durante su crecimiento y desarrollo físico posnatal. Este proceso presenta características comunes en todos los individuos, que al ser analizadas junto con la historia genética familiar, permiten determinar si el crecimiento es normal o no.<sup>(27,28)</sup>

Las diferencias en los errores relativos de ambas muestras pueden ser debido a dos factores. En primer lugar, se estudian muestras de característica diferentes en lo que se refiere a región geográfica, calidad de vida, aspectos biopsicosociales, entre otros. En segundo lugar, está el uso de 2 tecnologías diferentes por 2 grupos de investigación para el mismo objetivo. Estos aspectos no afectan la interpretación de los resultados ya que el comportamiento de las muestras analizadas en el gráfico RXc es el mismo.

Los componentes del crecimiento y desarrollo en la adolescencia incluyen cambios puberales, crecimiento físico; así como desarrollo cognitivo y psicosocial. En esta etapa se adquiere la capacidad reproductiva, lo que, unido al crecimiento rápido y los cambios morfológicos, modifican el fenotipo. Esto pudiera explicar la separación de las elipses de confianza del 95 % a partir de los 13 años, edad incluida



en la etapa de la adolescencia. Este resultado sugiere que el desplazamiento significativo de la media del vector de bioimpedancia, a partir de este grupo etario, se debe a la ocurrencia de cambios evidentes en el cuerpo, relacionados con el pico puberal o el proceso de maduración biológica, donde el cuerpo sufre cambios notables en sus proporciones y composición.<sup>(27,28)</sup>

Sin embargo, *Redondo M* y otros<sup>(29)</sup> estudiaron una población española de niños y adolescentes entre 4 y 18 años de edad, en la cual el vector impedancia media se desplazó en todos los grupos de edad. También, encontraron diferencias relacionadas con el sexo en este vector, en todos los rangos de edad. Concluyen al plantear que, entre los adolescentes, los patrones de desplazamiento del vector, asociados con el crecimiento y desarrollo normal en todos los grupos, pueden ser debido al proceso de maduración.

*Więch P* y otros<sup>(30)</sup>, demostraron que en una población de niños y adolescentes (10-18 años) la masa grasa disminuye con la edad para ambos sexos; aunque los mayores valores se observan en el sexo femenino en cada grupo etario. Concluyen que, durante la adolescencia, las diferencias en la distribución de la masa grasa están relacionadas con el sexo. También *Więch P* y otros<sup>(30)</sup>, y *Almeida Y* y otros<sup>(31)</sup>; sugieren que la evaluación del estado nutricional en estos grupos requiere de métodos dinámicos como la bioimpedancia.

Conocer la ecuación que describe el comportamiento de la evolución del crecimiento para individuos sanos, basado en la relación entre los parámetros bioeléctricos, permite predecir futuros valores de la  $X_c$ , conociendo los valores de la  $R$  y viceversa. A partir de los parámetros bioeléctricos, mediante la aplicación de ecuaciones predictivas, se puede estimar la composición corporal. Esto es posible debido a que estos parámetros están muy relacionados con este aspecto.<sup>(32,33)</sup>

Este trabajo sugiere que los cambios que ocurren en los vectores bioeléctricos, desde la niñez (2-10 años) hasta la adolescencia (11-16 años), se deben a modificaciones en los estadios que llevan de la niñez a la pubertad, desde el punto de vista fisiológico. La pubertad es un periodo de maduración biológica asociado a la madurez somática. Esta etapa, está marcado por el surgimiento de las características sexuales secundarias, estirón de crecimiento y modificaciones en la composición corporal.<sup>(34,35)</sup> Estos cambios se reflejan en el almacenamiento y distribución del tejido muscular, óseo, magro y graso.<sup>(31,36)</sup> Todo lo anterior demuestra la importancia del monitoreo de la composición corporal durante la etapa escolar, pues sus componentes pueden predecir las características en la edad adulta.<sup>(37)</sup> Esta información se



obtiene a partir de la R y la Xc, luego de trazarse gráfico R/H contra Xc/H (en las elipses de confianza), y la trayectoria obtenida para las 2 muestras, también permite la predicción de los cambios a producirse desde la niñez hasta la adolescencia.

Las diferencias entre las muestras cubana e italiana pueden ser debido a factores genéticos, sociales, nutricionales, medio ambientales y étnicos. En este último aspecto, *Khan S* y otros<sup>(38)</sup> consideran que se necesitan más estudios para lograr una mayor validación en niños menores de 10 años, entre diversas etnias y razas.

La búsqueda de la relación de estos vectores con la evolución de los parámetros fisiológicos, en esta etapa de la vida, pretende contribuir a fortalecer las estrategias para predecir posibles trastornos o enfermedades, durante el crecimiento y desarrollo del niño y el adolescente.

Los cambios que ocurren en los vectores bioeléctricos, desde la niñez hasta la adolescencia, se deben a modificaciones en los estadios que llevan de la niñez a la pubertad, desde el punto de vista fisiológico.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología de República Dominicana, al proyecto 2020-2A2-102 (FONDOCYT), y al Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Universidad de Oriente, Cuba; por contribuir a la realización de este trabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Thibault R, Genton L, Pichard C. Body composition: why, when and for who? [Internet]. Clin Nutr 2012; 31(4):435-47. DOI: [10.1016/j.clnu.2011.12.011](https://doi.org/10.1016/j.clnu.2011.12.011)
2. Adami F, Benedet J, Takahashi LAR, da Silva Lopes A, da Silva Paiva L, de Vasconcelos FAG. Association between pubertal development stages and body adiposity in children and adolescents [Internet]. Health Qual Life Outcomes. 2020; 18(1):1-9. DOI: [10.1186/s12955-020-01342-y](https://doi.org/10.1186/s12955-020-01342-y)
3. de Castro JAC, de Lima TR & Silva DAS. Body composition estimation in children and adolescents by bioelectrical impedance analysis: A systematic review [Internet]. Journal of bodywork and movement therapies. 2018; 22(1):134-146. DOI: [10.3945/an.113.005371](https://doi.org/10.3945/an.113.005371)

<http://scielo.sld.cu>

<https://revmedmilitar.sld.cu>





4. Ballarin G, Alicante P, Di Vincenzo O, Scalfi L. Bioelectrical impedance analysis (BIA)-derived phase angle in children and adolescents: a systematic review [Internet]. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 2022; 75(2):120-30. DOI: [10.1097/MPG.00000000000003488](https://doi.org/10.1097/MPG.00000000000003488)
5. Moonen HPFX, Van Zanten ARH. Bioelectric impedance analysis for body composition measurement and other potential clinical applications in critical illness [Internet]. *Current Opinion in Critical Care*. 2021; 27(4):344. DOI: [10.1097/MCC.0000000000000840](https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000840)
6. Luengpradidgun L, Chamroonkul N, Sripongpun P, Kaewdech A, Tanutit P, Ina N, et al. Utility of handgrip strength (HGS) and bioelectrical impedance analysis (BIA) in the diagnosis of sarcopenia in cirrhotic patients [Internet]. *BMC Gastroenterology*. 2022; 22(1):1-8. DOI: [10.1186/s12876-022-02236-7](https://doi.org/10.1186/s12876-022-02236-7)
7. Hioka A, Akazawa N, Okawa N, Nagahiro S. Extracellular water-to-total body water ratio is an essential confounding factor in bioelectrical impedance analysis for sarcopenia diagnosis in women [Internet]. *European Geriatric Medicine*. 2022; 13(4):789-94. DOI: [10.1007/s41999-022-00652-2](https://doi.org/10.1007/s41999-022-00652-2)
8. Roehrich L, Suendermann S, Just IA, Knierim J, Mulzer J, Mueller M, et al. Safety of bioelectrical impedance analysis in advanced heart failure patients [Internet]. *Pacing and Clinical Electrophysiology*. 2020; 43(10):1078-85. DOI: [10.1111/pace.14018](https://doi.org/10.1111/pace.14018)
9. Kozhevnikova AV, Belyanin OL, Vlasova OL. Experimental Testing of a Method for Objective Registration of the Pain Syndrome [Internet]. *Biophysics*. 2021; 66(6):1032-6. DOI: [10.1134/S0006350921060075](https://doi.org/10.1134/S0006350921060075)
10. Kechagias D, Chatzipapas C, Karaglani M, Tilkeridis K, Ververidis A, Drosos G. Efficacy of bioelectrical impedance analysis for the evaluation of physical impairment in chronic low back pain. Results from a cohort study [Internet]. *Folia Medica*. 2021; 63(6):919-27. DOI: [10.3897/folmed.63.e59311](https://doi.org/10.3897/folmed.63.e59311)
11. Lebidowska A, Hartman-Petrycka M, Błońska-Fajfrowska B. How reliable is BMI? Bioimpedance analysis of body composition in underweight, normal weight, overweight, and obese women [Internet]. *Irish Journal of Medical Science*. 2021; 190(3):993-8. DOI: [10.1007/s11845-020-02403-3](https://doi.org/10.1007/s11845-020-02403-3)





12. Vasold KL, Parks AC, Phelan DM, Pontifex MB, Pivarnik JM. Reliability and validity of commercially available low-cost bioelectrical impedance analysis [Internet]. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 2019; 29(4):406-10. DOI: [10.1123/ijsnem.2018-0283](https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0283)
13. Mascherini G, Zappelli E, Leone B, Musumeci G, Totti V, Iruiria A, et al. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in renal transplant recipients during an unsupervised physical exercise program [Internet]. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2020; 60(4):594-600. DOI: [10.23736/S0022-4707.19.10181-8](https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.10181-8)
14. Cuevas MDLAE, Durán LXC, Carsi XA, Ortiz AJG, Acevedo SR, Cisneros SL, et al. Agreement between vector analysis and body composition measurements by four types of bioelectrical impedance technology in hemodialysis patients [Internet]. *Nutrición Hospitalaria*. 2022; 39(5):1047-57. DOI: [10.20960/nh.04005](https://doi.org/10.20960/nh.04005)
15. De la Cruz Marcos S, Redondo del Río MP, de Mateo Silleras B. Applications of Bioelectrical Impedance Vector Analysis (BIVA) in the Study of Body Composition in Athletes [Internet]. *Applied Sciences*. 2021; 11(21):9781. DOI: [10.3390/app11219781](https://doi.org/10.3390/app11219781)
16. Sugizaki CS, Queiroz NP, Silva DM, Freitas AT, Costa NA, Peixoto MR. Comparison of bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) to 7-point subjective global assessment for the diagnosis of malnutrition [Internet]. *Brazilian Journal of Nephrology*. 2021; 44(2):171-8. DOI: [10.1590/2175-8239-JBN-2021-0099](https://doi.org/10.1590/2175-8239-JBN-2021-0099)
17. Miranda-Alatríste PV, Colín-Ramírez E, Atilano-Carsi X, Cruz Rivera C, Espinosa-Cuevas Á. Estado de hidratación por vectores de impedancia y su asociación con desenlaces clínicos, bioquímicos y mortalidad en pacientes con enfermedad renal crónica [Internet]. *Nutrición Hospitalaria*. 2022; 39(5):1037-46. DOI: [10.20960/nh.03970](https://doi.org/10.20960/nh.03970)
18. Stagi S, Silva AM, Jesus F, Campa F, Cabras S, Earthman CP, et al. Usability of classic and specific bioelectrical impedance vector analysis in measuring body composition of children [Internet]. *Clinical Nutrition*. 2022; 41(3):673-9. DOI: [10.1016/j.clnu.2022.01.021](https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.01.021)
19. Łuszczki E, Bartosiewicz A, Kuchciak M, Dereń K, Oleksy Ł, Adamska O, et al. Longitudinal analysis of resting energy expenditure and body mass composition in physically active children and adolescents [Internet]. *BMC Pediatr*. 2022; 22(1):260. DOI: [10.3390/nu11061215](https://doi.org/10.3390/nu11061215)



20. Wells JC. Body composition of children with moderate and severe undernutrition and after treatment: a narrative review [Internet]. BMC Medicine. 2019; 17(1):215.  
DOI: [10.1186/s12916-019-1465-8](https://doi.org/10.1186/s12916-019-1465-8)
21. Tarupi W, Lepage Y, Felix ML, Monnier C, Hauspie R, Roelants M, et al. Referencias de peso, estatura e índice de masa corporal para niñas y niños ecuatorianos de 5 a 19 años de edad [Internet]. Archivos Argentinos de Pediatría. 2020 [acceso: 10/01/2023]; 118(2):117-24. Disponible en: <https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2020/v118n2a08.pdf>
22. Uribe MCO, Arce DCO, Navarrete CE. Factores de riesgo en el crecimiento y desarrollo de niños prescolares [Internet]. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica. 2019 [acceso: 10/01/2023]; 38(4):496-500. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/559/55964256021/55964256021.pdf>
23. Nescolarde L, Núñez A, Bogónez P, Lara A, Vaillant G, Morales R, et al. Reference values of the bioimpedance vector components in a Caribbean population [Internet]. e-SPEN Journal. 2013; 8(4):141-4. DOI: [10.1016/j.clnme.2013.04.004](https://doi.org/10.1016/j.clnme.2013.04.004)
24. De Palo T, Messina G, Edefonti A, Perfumo F, Pisanello L, Peruzzi L, et al. Normal values of the bioelectrical impedance vector in childhood and puberty [Internet]. Nutrition. 2000; 16(6):417-24. DOI: [10.1016/s0899-9007\(00\)00269-0](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(00)00269-0)
25. National Institutes of Health. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement [Internet]. Am J Clin Nutr. 1996; 64(3):524-32. DOI: [10.1093/ajcn/64.3.524s](https://doi.org/10.1093/ajcn/64.3.524s)
26. Alves HJ, Ferreira DF. Proposition of new alternative tests adapted to the traditional T2 test [Internet]. Communications in Statistics-Simulation and Computation. 2022; 51(5):2287-2300. DOI: [10.1080/03610918.2019.1693596](https://doi.org/10.1080/03610918.2019.1693596)
27. Moore SA, Cumming SP, Balletta G, Ramage K, Eisenmann JC, Baxter Jones AD, et al. Exploring the relationship between adolescent biological maturation, physical activity and sedentary behavior: a systematic review and narrative synthesis [Internet]. Annals of Human Biology. 2020; 47(4):365-83. DOI: [10.1080/03014460.2020.1805006](https://doi.org/10.1080/03014460.2020.1805006)
28. Oliveira M, Henrique RS, Queiroz DR, Salvina M, Melo WV, dos Santos MA. Anthropometric variables, propulsive force and biological maturation: a



- mandatory analysis in young swimmers [Internet]. *European Journal of Sport Science*. 2021; 21(4):507-14. DOI: [10.1080/17461391.2020.1754468](https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1754468)
29. Redondo-del-Río MP, Camina-Martín MA, Marugán-de-Miguelsanz JM, de-Mateo-Silleras B. Bioelectrical impedance vector reference values for assessing body composition in a Spanish child and adolescent population [Internet]. *American Journal of Human Biology*. 2017; 29(4):e22978. DOI: [10.1002/ajhb.22978](https://doi.org/10.1002/ajhb.22978)
30. Więch P, Sałacińska I, Bączek M, Bazaliński D. The nutritional status of healthy children using bioelectrical impedance and anthropometric measurement [Internet]. *Jornal de Pediatria*. 2022; 98(2):161-7. DOI: [10.1016/j.jpmed.2021.05.009](https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2021.05.009)
31. Almeida YL, Maia CSC, Barros NE, Moreno LA, Carioca AAF, Loureiro AC. Is bioelectrical impedance vector analysis a good indicator of nutritional status in children and adolescents? [Internet]. *Public Health Nutrition*. 2021; 24(14):4408-16. DOI: [10.1017/S1368980021002226](https://doi.org/10.1017/S1368980021002226)
32. Watanabe T, Ishida N, Takaoka M, Tsujimoto K, Kondo K, Isoda R, et al. Bioelectrical impedance analysis for perioperative water management in adult cardiovascular valve disease surgery [Internet]. *Surgery Today*. 2021; 51(6):1061-7. DOI: [10.1007/s00595-020-02184-3](https://doi.org/10.1007/s00595-020-02184-3)
33. Ward LC, Brantlov S. Bioimpedance basics and phase angle fundamentals [Internet]. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. 2023; 24(3):381-91. DOI: [10.1007/s11154-022-09780-3](https://doi.org/10.1007/s11154-022-09780-3)
34. Sumner JA, Colich NL, Uddin M, Armstrong D, McLaughlin KA. Early experiences of treath, but not deprivation, are associated with accelerated biological aging in children and adolescents [Internet]. *Biological Psychiatry*. 2019; 85(3):268-78. DOI: [10.1016/j.biopsych.2018.09.008](https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2018.09.008)
35. Baxter-Jones AD, Barbour-Tuck EN, Dale D, Sherar LB, Knight CJ, Cumming SP, et al. The role of growth and maturation during adolescence on team-selection and short-term sports participation [Internet]. *Annals of Human Biology*. 2020; 47(4):316-23. DOI: [10.1080/03014460.2019.1707870](https://doi.org/10.1080/03014460.2019.1707870)
36. Orsso CE, González MC, Maisch MJ, Haqq AM, Prado CM. Using bioelectrical impedance analysis in children and adolescents: pressing issue [Internet]. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2022; 76(5):659-65. DOI: [10.1038/s41430-021-01018-w](https://doi.org/10.1038/s41430-021-01018-w)
37. Abou El Ella SS, Barseem NF, Tawfik MA, Ahmed AF. BMI relationship to the onset of puberty: assessment of growth parameters and sexual maturity changes in Egyptian children and adolescents of



both sexes [Internet]. Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism. 2020; 33(1):121-128. DOI: [10.1515/jpem-2019-0119](https://doi.org/10.1515/jpem-2019-0119) 38. Khan S, Xanthakos SA, Hornung L, Arce-Clachar C, Siegel R, Kalkwarf HJ. Relative accuracy of bioelectrical impedance analysis for assessing body composition in children with severe obesity [Internet]. Journal of pediatric gastroenterology and nutrition. 2020; 70(6):129-35. DOI: [10.1097/MPG.0000000000002666](https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000002666)

## Conflictos de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

## Contribuciones de los autores

Conceptualización: *Taira Batista Luna, Ana de la Caridad Román, Agustín Garzón Carbonell, Alcibíades Lara Lafargue.*

Análisis formal: *Taira Batista Luna, José Luis García Bello, Néstor Juan Rodríguez de la Cruz Agustín Garzón Carbonell.*

Investigación: *Ana de la Caridad Román, Alcibíades Lara Lafargue, Agustín Garzón Carbonell, Taira Batista Luna, José Luis García Bello, Néstor Juan Rodríguez, Héctor Manuel Camué Ciria.*

Metodología: *Alcibíades Lara Lafargue, Taira Batista Luna, Héctor Manuel Camué Ciria, Ana de la Caridad Román, Agustín Garzón Carbonell.*

Supervisión: *Héctor Manuel Camué Ciria, Agustín Garzón Carbonell, Ana de la Caridad Román, Alcibíades Lara Lafargue.*

Validación: *Taira Batista Luna, José Luis García Bello, Néstor Juan Rodríguez.*

Visualización: *Agustín Garzón Carbonell, Ana de la Caridad Román, Héctor Manuel Camué Ciria.*

Redacción – borrador original: *Ana de la Caridad Román, Agustín Garzón Carbonell, Héctor Manuel Camué Ciria, Alcibíades Lara Lafargue.*

Redacción – revisión y edición: *Ana de la Caridad Román, Agustín Garzón Carbonell, Héctor Manuel Camué Ciria.*