

# Valoración del crecimiento físico por medio de la proporcionalidad corporal en escolares peruanos que viven a moderada altitud

## *Assessment of physical growth through body proportionality in Peruvian children living at moderately elevated altitudes*

Rossana Gomez Campos<sup>1,3</sup>  
Jefferson Eduardo Hespagnol<sup>2</sup>  
Miguel de Arruda<sup>1</sup>  
Carlos Pablos Abella<sup>3</sup>  
Maria Fargueta<sup>3</sup>  
Marco Antonio Cossio-Bolanos<sup>1</sup>

**Resumen** – La estrategia del Phantom es un instrumento para medir la proporcionalidad corporal que permite comparar el crecimiento de los segmentos y dimensiones corporales. El objetivo del presente estudio radica en valorar el crecimiento físico por medio de la proporcionalidad corporal de escolares de 6 a 12 años que viven a moderada altitud. El estudio es de tipo descriptivo Transversal. Participaron de la investigación 482 damas y 473 varones de 6 a 12 años de condición socioeconómica media. Los escolares fueron seleccionados de forma probabilística estratificada de un total de 6659 alumnos. Se evaluó las medidas antropométricas de peso (kg), estatura (m), cinco pliegues cutáneos (mm), cuatro circunferencias corporales y cuatro diámetros óseos. El análisis de la proporcionalidad se efectuó por medio del modelo teórico del Phantom propuesto por Ross y Wilson (1974). Los resultados del Z-score del Phantom para ambos géneros muestran valores negativos de forma general para el peso corporal (-3,7 a -1,7), pliegues cutáneos (0,5 a -1,5) y circunferencias corporales (-0,9 a -1,3). A su vez, los diámetros óseos evidencian valores positivos en todas las edades y en ambos géneros (1,0 a 3,2). Los resultados sugieren que los escolares de moderada altitud se caracterizan por presentar un lento crecimiento respecto al peso corporal, pliegues cutáneos y circunferencias corporales y en relación a los diámetros óseos muestran una tendencia a la robustez.

**Palabras clave:** Altitud; Escolares; Crecimiento; Proporcionalidad.

**Abstract** – *The strategy of our approach involves the use of an instrument for measuring body proportionality for the purpose of comparing growth of segments to body dimensions. The objective of this descriptive transversal study is to assess physical growth through body proportionality of school children, aged 6 to 12 years, living at moderately elevated altitudes. Study participants included 482 females and 473 males ranging in ages from 6 to 12 years and possessing middle socioeconomic status. The students were selected from a stratified probability segment of 6,659 students. In all, we evaluated: anthropometric measurements of weight (kg), height (m), five skinfolds (mm), four body perimeters and four body-bone diameters. Proportionality analyses were performed using the Phantom theoretical model proposed by Ross and Wilson (1974). The results of the Phantom Z-scores for both genders show generally negative values for body weight (-3.7 to -1.7), skinfold thickness (0.5 to -1.5), and body circumference (-0.9 to -1.3). In turn, bone diameters show positive values in all ages as well as in both genders (1.0 to 3.2). The results suggest that school children living at moderately elevated altitudes are characterized by slow growth correlated to body weight; on the other hand, skinfold thicknesses and body circumferences in relation to bone diameters exhibit a tendency to robustness.*

**Key words:** Altitude; Growth; Proportionality; School children.

1 Universidad Estadual de Campinas. Facultad de Educación Física. Campinas, SP. Brasil

2 Pontificia Universidad Católica de Campinas. Facultad de Educación Física. Campinas, SP. Brasil.

3 Universidad Católica de Valencia. Instituto de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Valencia, España.

Recibido en 21-01-2012  
Aceptado en 17-07-2012



Licence  
Creative Commons

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento físico ha sido definido clásicamente por Meredith<sup>1</sup> como la secuencia de modificaciones somáticas que sufre un organismo biológico en su historia de vida ontogenética o, alternativamente, como toda la serie de cambios anatómicos y fisiológicos que tienen lugar entre el comienzo de la vida prenatal y el cierre de la senectud. Este proceso constituye un encadenamiento de fenómenos de orden celular, fisiológicos y morfológicos, predeterminados genéticamente y modificables por los fenómenos que traslucen al medio ambiente<sup>2</sup>. Para su valoración son necesarios patrones de curvas referenciales. De hecho, la estatura y el peso corporal son los parámetros más comunes para valorar el crecimiento físico y el estado nutricional de niños y adolescentes, independientemente de la región geográfica, aunque la valoración del área grasa y muscular es una posibilidad para una mejor interpretación del crecimiento físico y de la composición corporal<sup>3</sup>. En este sentido, las variables antropométricas son aceptadas como importantes instrumentos en el control de la salud y la evaluación del estado nutricional de los niños<sup>4</sup>, a la vez que permite valorar el impacto de los factores ambientales y genéticos en la adaptación biológica de las poblaciones humanas, tanto del nivel del mar, como de altitud<sup>2</sup>.

De esa forma, varios son los estudios que han sido desarrollados en regiones geográficas de altitud<sup>5-7</sup>, que se utilizaron las normas referenciales de la OMS y NCHS para estudiar el crecimiento físico de niños y adolescentes.

Sin embargo, es sorprendente destacar la ausencia de estudios nacionales e internacionales en relación al uso y la aplicación de la estrategia del Phantom para la valoración y el seguimiento del crecimiento físico de niños y adolescentes de moderadas y elevadas altitudes. Pues, de hecho, la proporcionalidad es considerada como área de la cineantropometría, conjuntamente con la composición corporal y el somatotipo. Por lo que su importancia radica en diferenciar grupos específicos<sup>8</sup>, sirviendo para la predicción inmediata del éxito en varios deportes y para verificar similitudes y diferencias entre atletas<sup>9</sup> y no atletas; incluso el modelo del Phantom unisexuado es un intento ambicioso para comparar el crecimiento de los segmentos y dimensiones corporales, tanto dentro de una población como entre poblaciones<sup>10</sup>, lo que permitiría determinar la capacidad de madurez en función de una estatura arbitraria adulta. Por otra parte, algunos estudios han señalado que las condiciones medioambientales influyen en el desarrollo de las proporciones corporales de niños y adolescente que viven en condiciones estresantes de hipoxia<sup>5-7</sup>. Tales estudios utilizaron como norma los patrones referenciales que a menudo utilizan el peso y la estatura. En este sentido, Carter y Ackland<sup>11</sup> advierten sobre la necesidad de controlar el sesgo que se produce al trabajar con medidas absolutas en los estudios morfológicos, y recomiendan la aplicación de métodos de análisis tales como la proporcionalidad. Desde esa perspectiva, la estrategia del Phantom ofrece una descripción y análisis más detallado de las proporciones corporales, permitiendo la cuantificación de las diferencias

de proporcionalidad<sup>12</sup>. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio radica en valorar el crecimiento físico por medio de la proporcionalidad corporal en escolares de 6 a 12 años que viven a moderada altitud.

## PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS

### Tipo de estudio

La investigación corresponde a un diseño descriptivo transversal, a través del cual se estudió a escolares de ambos sexos, de 6 a 12 años, pertenecientes al nivel primario de educación Básica Regular del sistema Educativo Peruano. En el Perú, la educación Básica Regular comprende tres niveles: Inicial (3-6 años), Primaria (6-12 años) y Secundaria (12-16 años). Todos los escolares se encontraban matriculados en las escuelas públicas del área urbana del distrito de José Luis Bustamante y Rivero de la provincia de Arequipa, Perú. Esta ciudad está ubicada a 2320 metros sobre el nivel del mar y es considerada como moderada altitud<sup>13</sup>.

### Muestra

Para el estudio se seleccionaron de forma intencional 4 centros educativos públicos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero. El universo estuvo compuesto por un total de 6659 alumnos de condición socioeconómica media, siendo 3300 hombres y 3359 mujeres. Para calcular el tamaño de la muestra se tomó la hipótesis más desfavorable (0,50), precisión de (0,05) para un intervalo de confianza de IC del 95% y el tamaño óptimo fue de 955 sujetos (14,34%), 473 hombres y 482 mujeres, respectivamente.

Para determinar la condición socioeconómica media, se aplicó un cuestionario propuesto por Cossio-Bolaños<sup>14</sup>, en el que se incluyen 7 preguntas, que permitieron identificar a los escolares de condición socioeconómica media por medio de una escala que va 12 a 75 puntos, donde valores  $\leq 35$  puntos indican condición baja, valores entre 35-59 puntos indican condición media y  $\geq 60$  puntos especifican condición alta. En este sentido, por lo general, en el Perú, los niños y adolescentes que frecuentan las escuelas de zonas urbano-marginales son de baja condición socioeconómica y los que viven en zonas rurales de altitud son de clase muy baja.

Para entender la realidad sociocultural del Perú es necesario comprender la diversidad cultural autóctona influenciada por el constante mestizaje con la cultura occidental europea, así como el aporte de importantes migraciones principalmente del lejano oriente y del África subsahariana. En este sentido, la estructura étnica de la muestra estudiada es considerada mestiza, ya que el idioma principal que utilizan los escolares para la comunicación entre sus familias y su entorno social es el castellano. A su vez, se consideró como un segundo indicador el apellido de los escolares estudiados, donde la muestra total presentaba una mezcla de apellidos entre Amerindios (cobrizos) y blancos. Según la revista *The World Fact Book*<sup>15</sup> del centro de inteligencia de los Estados Unidos, el Perú está conformado por 45% de Amerindios, 37% de mestizos (mezcla de amerindio con blanco),

15% de blancos y 3% de negros, japoneses y chinos. El protocolo de la presente investigación fue aprobado por el comité de ética IDUNSA 002-2009.

### Procedimientos utilizados

Para definir el grupo etario se utilizó el registro de nacimiento de cada alumno, que fue providenciado por cada centro educativo, así como también, la autorización para la realización de datos y los respectivos permisos por parte de los directores de cada institución educativa.

Todos los padres y/o apoderados de los escolares fueron informados sobre el propósito del estudio y los procedimientos a ser aplicados. Para ello, se elaboró una carta de consentimiento libre y aclarado, autorizando la realización de las medidas antropométricas a los escolares.

Para la evaluación de las variables antropométricas se adoptó las normas y sugerencias propuestas por la “International Society for the Advancement of Kinanthropometry” ISAK<sup>16</sup>. Las mediciones realizadas fueron: masa corporal (kg), se evaluó con una balanza digital de marca Tanita; estatura (m), se evaluó utilizando un estadiómetro de aluminio de marca Seca; circunferencias corporales (cm), se evaluó a través de una cinta métrica de nylon (Seca) las circunferencias del brazo derecho relajado, tórax entre la inspiración y expiración (punto meso-esternal), cadera (a la altura del trocánter mayor) y pantorrilla media; pliegues cutáneos (mm), fueron considerados el tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal y pantorrilla media, evaluados mediante un calibrador de grasa Harpenden; diámetros óseos (cm), se utilizó un paquímetro de marca seca para evaluar el diámetro óseo biestiloideo de la muñeca, biepicondileo del codo, bicondíleo del fémur y bimaleolar del tobillo.

Para la valoración de la proporcionalidad se utilizó la estrategia del Phantom, diseñado por Ross y Wilson<sup>17</sup> y revisado por Ross y Ward<sup>12</sup>.

Esta estrategia se basa en un modelo humano unisexuado de referencia para realizar un dispositivo de cálculo para cuantificar las diferencias proporcionales<sup>17</sup>. Los resultados del Phantom expresan valores numéricos de Z-score, cuyo significado implica el aumento o disminución de la variable antropométrica evaluada, donde el valor de Z-score puede ser positivo, el cual significa que el sujeto o muestra es proporcionalmente mayor que el Phantom y si es negativo significa que proporcionalmente es más pequeño que el Phantom para ese elemento.

### Calidad de las medidas

Todas las variables antropométricas fueron evaluadas dos veces, con el objetivo de garantizar y dar una mayor calidad a las medidas antropométricas. Este procedimiento se aplicó a cada 10 sujetos, totalizando 45 damas y 45 varones. Todas las medidas fueron realizadas por un único evaluador altamente entrenado con certificación ISAK nivel III.

El error técnico de las variables antropométricas oscilan entre 1 a 3% y el coeficiente de reproducibilidad fluctúa entre 0,85 a 0,99, respectivamente.

## Análisis estadístico

Para verificar la distribución normal de la muestra se utilizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Las variables antropométricas fueron caracterizadas por medio de la estadística descriptiva de la media aritmética ( $X$ ) y desviación estándar ( $DE$ ). Las comparaciones entre géneros se llevó a cabo por medio del test “t” para muestras independientes ( $p < 0,05$ ) y para comparar entre series de edades se utilizó ANOVA de dos vías ( $p < 0,05$ ). Para verificar la proporcionalidad de las variables de crecimiento físico se utilizó el Z-score del Phantom propuesto por Ross, Wilson<sup>17</sup>. El procesamiento estadístico se efectuó en hojas de cálculo Excel y en el programa estadístico Sigma Estat, 8.0.

## RESULTADOS

La tabla 1 muestra las características antropométricas de los escolares peruanos de moderada altitud expresados en media y desviación estándar. Los valores del peso corporal, estatura, cinco pliegues cutáneos, cuatro diámetros óseos y cuatro circunferencias corporales se encuentran expresados en valores absolutos. Los promedios muestran valores ascendentes con el transcurso de la edad en ambos géneros.

Los niños de ambos géneros muestran similar comportamiento respecto al peso y la estatura desde los 6 hasta los 12 años, donde las damas presentan una ligera superioridad en relación a los varones.

Respecto a los pliegues cutáneos, las damas muestran mayor cantidad de tejido adiposo en los 5 pliegues cutáneos; sin embargo, en cuanto a los diámetros óseos no se verificó diferencias significativas, puesto que en ambos géneros se observa valores similares hasta los 12 años. En el caso de las circunferencias corporales del brazo, tórax y pantorrilla los promedios muestran valores similares hasta los 12 años. En cambio, en la circunferencia de la cadera, este comportamiento es similar hasta los 9 años; luego, las damas muestran valores superiores en relación a los varones.

Los valores absolutos del peso corporal expresados en Z-score (Phantom) se observan en la figura 1. Los resultados muestran valores negativos en todas las fases etarias y en ambos géneros. De hecho, los Z-escores de los escolares estudiados evidencian menor peso corporal que el modelo teórico del Phantom; a su vez, muestran una tendencia ascendente con el transcurso de la edad hasta los 12 años, aproximándose al modelo adulto. En general, las damas presentan mayor peso corporal en todas las series de edades en relación a los varones.

Los valores de los pliegues cutáneos expresados en Z-score del Phantom se observan en la figura 2. Los resultados evidencian que las damas presentan valores positivos en el pliegue cutáneo tricípital desde los 6 hasta los 12 años, y en relación a los demás pliegues, los valores son negativos en todas las edades; sin embargo, en los varones no se observa el mismo comportamiento, sobre todo en cuanto al pliegue tricípital, don-

de, muy por el contrario, los cinco pliegues cutáneos (incluido el pliegue tricipital) muestran valores negativos en relación al modelo teórico del Phantom. Por consiguiente, las damas muestran mayor adiposidad en relación a los varones en todas las fases etarias. A su vez, en la figura 2 se observa en los escolares de ambos géneros el aumento de la cantidad de tejido adiposo de forma más acelerada en las damas y más lenta en los varones, puesto que las damas, a los 12 años, prácticamente muestran valores similares que el modelo teórico del Phantom; no obstante, en los varones, este fenómeno parece estar un tanto atrasado y se presentaría en edades más avanzadas.

**Tabla 1.** Variables de crecimiento físico de escolares peruanos de moderada altitud.

Variables	6 años		7 años		8 años		9 años		10 años		11 años		12 años	
	niños	niñas												
	(n=56)	(n=80)	(n=67)	(n=61)	(n=68)	(n=63)	(n=73)	(n=58)	(n=59)	(n=63)	(n=71)	(n=76)	(n=79)	(n=81)
Masa Corporal (kg)	21,81 (2,24)	22,48 (2,62)*	22,91 (3,92)	24,62 (3,45)*	25,88 (3,55)	26,57 (3,04)*	29,38 (3,80)	30,38 (4,62)*	33,25 (4,05)	37,2 (5,37)*	37,01 (4,83)	38,92 (5,96)*	42,04 (6,32)	43,67 (5,12)*
Estatura (m)	1,14 (0,05)	1,19 (0,05)	1,18 (0,05)	1,23 (0,04)	1,25 (0,05)	1,26 (0,06)	1,28 (0,04)	1,32 (0,06)	1,36 (0,07)	1,4 (0,06)	1,43 (0,05)	1,44 (0,05)	1,47 (0,07)	1,51 (0,05)
Pliegues (mm)														
Tricipital	9,01 (1,99)	10,53 (2,17)*	9,03 (2,70)	11,38 (2,96)*	9,29 (2,50)	12,09 (2,08)*	9,55 (3,10)	13,1 (2,09)*	10,81 (2,22)	13,11 (3,15)*	11,58 (2,68)	13,56 (2,91)*	11,08 (3,69)	15,61 (3,26)*
Subescapular	5,4 (1,08)	6,96 (2,30)*	5,7 (1,76)	7,58 (2,77)*	5,91 (1,64)	9,11 (2,08)*	6,95 (2,49)	9,88 (2,69)*	7,52 (2,49)	9,17 (2,90)*	7,78 (2,94)	11,33 (3,69)*	8,19 (2,76)	13,57 (3,36)*
Supra-iliaca	6,64 (1,89)	8,73 (3,18)*	7,24 (3,94)	8,94 (3,39)*	8,25 (4,13)	9,34 (2,24)*	8,32 (4,30)	11,86 (3,34)*	10,77 (4,16)	9,99 (3,77)*	9,68 (5,25)	12,93 (5,19)*	11,44 (6,28)	17,27 (4,02)*
Abdominal	6,54 (1,89)	9,42 (3,04)*	7,78 (3,53)	10,02 (3,72)*	8,30 (3,45)	11,40 (2,91)*	8,97 (4,35)	12,49 (3,75)*	12 (4,13)	14,24 (3,95)*	11,94 (6,29)	13,73 (5,79)*	13,12 (7,77)	17,62 (4,90)*
Pantorrilla	8,11 (2,12)	9,56 (2,05)*	7,69 (2,88)	9,90 (2,08)*	7,91 (2,41)	10,22 (2,27)*	8,71 (2,89)	11,07 (2,58)*	10,46 (2,06)	11,69 (2,45)*	10,33 (2,93)	13,11 (3,11)*	10,36 (3,68)	14,77 (2,30)*
Diámetros (cm)														
Codo	4,99 (0,25)	5,08 (0,27)	5,16 (0,31)	5,13 (0,34)	5,32 (0,35)	5,27 (0,29)	5,51 (0,30)	5,37 (0,48)	5,85 (0,44)	5,98 (0,35)	5,95 (0,51)	5,69 (0,49)	6,4 (0,47)	6,10 (0,29)
Muñeca	4,23 (0,23)	4,13 (0,19)	4,40 (0,20)	4,39 (0,65)	4,59 (0,25)	4,53 (0,40)	4,64 (0,23)	4,61 (0,35)	4,91 (0,37)	5,00 (0,40)	4,99 (0,44)	4,89 (0,23)	5,37 (0,31)	5,32 (0,64)
Rodilla	7,51 (0,42)	7,47 (0,40)	7,81 (0,46)	7,60 (0,37)	8,07 (0,38)	7,88 (0,38)	8,23 (0,52)	7,9 (0,54)	8,75 (0,46)	8,67 (0,52)	8,81 (0,60)	8,51 (1,02)	9,46 (0,59)	8,87 (0,84)
Tobillo	5,36 (0,55)	5,27 (0,26)	5,44 (0,35)	5,36 (0,40)	5,79 (0,44)	5,67 (0,40)	5,93 (0,43)	5,81 (0,63)	6,06 (0,40)	6,18 (0,61)	6,26 (0,41)	6,1 (0,36)	6,67 (0,45)	6,83 (2,17)
Circunferencias (cm)														
Brazo	16,70 (1,08)	17,00 (1,10)	17,23 (1,37)	17,40 (1,51)	17,49 (1,43)	17,64 (1,08)	18,07 (1,27)	18,59 (1,81)	19,03 (1,06)	19,54 (1,84)	19,91 (2,29)	20,45 (2,50)	21,18 (1,82)	21,84 (1,58)
Tórax	59,33 (2,51)	59,56 (3,39)	61,89 (4,44)	61,61 (3,84)	63,14 (3,38)	64,67 (3,33)	64,52 (2,77)	66,03 (5,04)	69,33 (3,97)	69,13 (4,64)	69,18 (4,98)	71,95 (5,63)	73,59 (5,37)	75,16 (5,50)
Cadera	61,13 (3,47)	63,31 (3,20)	62,69 (4,29)	64,39 (4,49)	65,45 (4,13)	66,51 (3,89)	67,9 (4,86)	69,66 (6,14)	70,53 (5,22)	75,87 (5,68)*	74,10 (4,73)	76,18 (6,46)*	78,68 (5,18)	82,47 (4,66)*
Pantorrilla	23,10 (2,41)	23,26 (1,22)	23,35 (1,68)	24,06 (0,99)	24,21 (1,94)	24,51 (1,54)	25,63 (1,53)	25,69 (1,89)	27,78 (4,15)	27,40 (2,59)	27,74 (3,84)	28,28 (3,97)	29,70 (2,16)	29,44 (2,39)

\*  $p < 0,05$ . Diferencia significativa en relación a las damas de la misma edad.

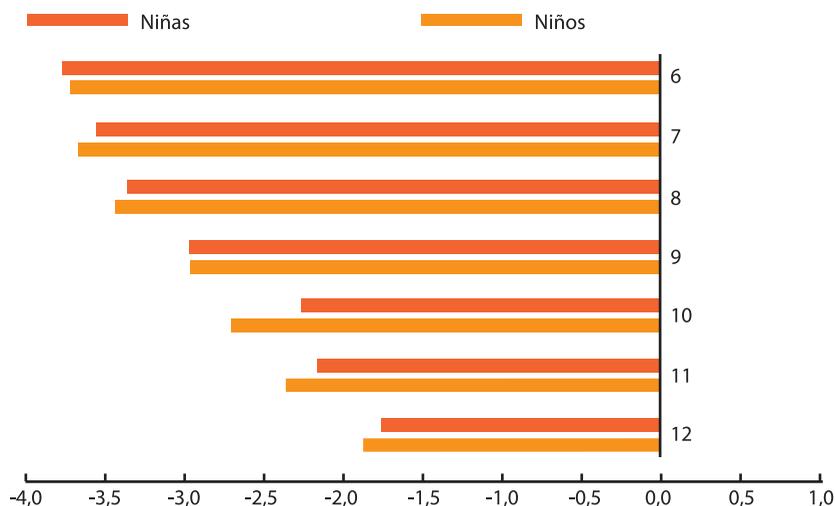


Figura 1. Valores del peso corporal expresados en Z-escore del "Phantom" de escolares peruanos de moderada altitud.

Por lo tanto, de forma general, tanto damas y varones muestran valores de tejido adiposo inferiores al Phantom, lo que puede ser interpretado como una muestra de escolares con características delgadas, con bajos niveles de adiposidad y con tendencia al aumento de los pliegues cutáneos durante la etapa de la adolescencia tardía.

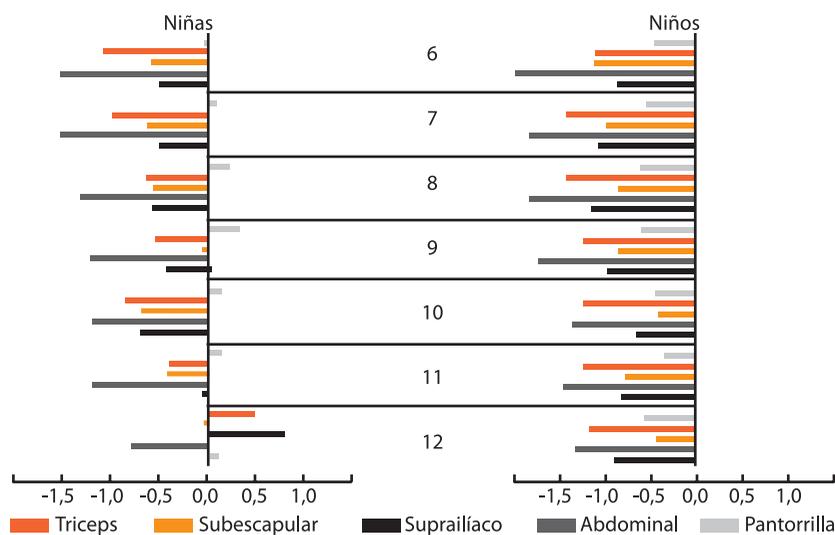
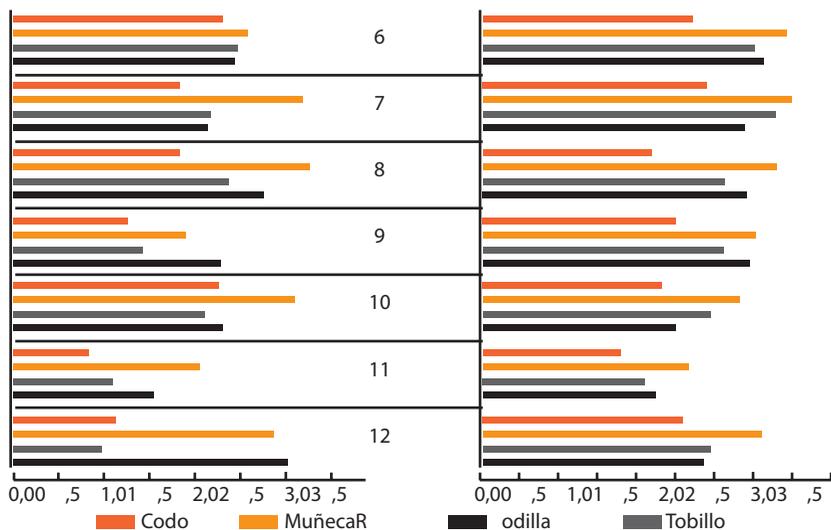


Figura 2. Valores de los pliegues cutáneos expresados en Z-escore del "Phantom" de escolares peruanos de moderada altitud.

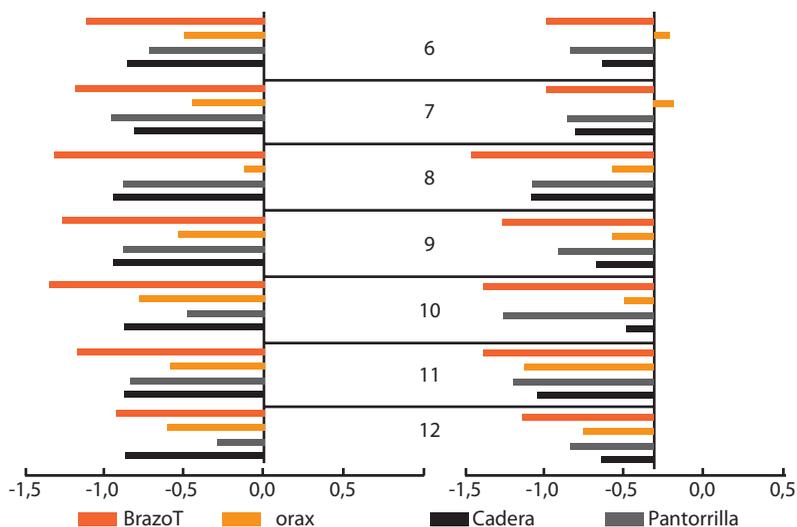
Los valores del Z-escore del Phantom de los diámetros óseos se observan en la figura 3. Para ambos géneros y series de edades, los resultados muestran valores positivos desde los 6 hasta los 12 años. Estos resultados evidencian que los niños del presente estudio muestran mayor complexión en los cuatro diámetros óseos en relación al modelo teórico del Phantom. En este sentido, tanto damas y varones manifiestan una contextura gruesa en todas las series de edades, donde el diámetro biestiloideo de la muñeca es el que presenta mayor anchura (grosor) en relación al modelo teórico del Phantom. Por lo tanto, el comportamiento de los diámetros óseos a lo largo

de las edades es similar para ambos géneros, manteniéndose relativamente estables por lo menos hasta los 12 años.



**Figura 3.** Valores de los diámetros óseos expresados en Z-escore "Phantom" de escolares peruanos de moderada altitud.

Los valores de las circunferencias corporales expresados en Z-escores del Phantom se observan en la figura 4. Los resultados evidencian que tanto en damas, como en varones las circunferencias corporales muestran valores negativos en relación al Phantom, a excepción de la circunferencia del tórax en los varones en que se puede observar valores positivos. En este sentido, de forma general, los escolares estudiados muestran predominancia hacia la delgadez, y con tendencia a alcanzar los valores del Z-escore del Phantom en futuras edades (adolescencia tardía). A su vez, se destaca que los valores de las circunferencias corporales presentan similar comportamiento en los escolares de ambos géneros.



**Figura 4.** Valores de las circunferencias corporales expresados en Z-escores del "Phantom" de escolares peruanos de moderada altitud.

## DISCUSIÓN

Las características antropométricas ofrecen, sin lugar a dudas, una singular riqueza de información que puede ser aprovechada para analizar el tamaño corporal, el somatotipo, composición corporal y la proporcionalidad de niños, adolescentes y adultos. En este sentido, el uso de la estrategia del Phantom permitió determinar cambios en las proporciones corporales de escolares de moderada altitud, puesto que, en cuanto la estatura aumenta con el transcurso de la edad, algunas proporciones no lo hacen, y otras permanecen relativamente constantes desde los 6 hasta los 12 años. Por lo tanto, el Phantom es una herramienta útil en estudios antropométricos cuando se realizan comparaciones en un mismo individuo, entre individuos, entre el promedio de un grupo y un individuo y entre promedios de dos muestras<sup>18</sup>.

### Peso corporal

Los valores absolutos del peso corporal y la estatura en ambos géneros aumentan con el transcurso de la edad hasta los 12 años, al igual que otros estudios internacionales de nivel del mar<sup>19,20</sup>, e inclusive de elevadas altitudes<sup>5,7</sup>, donde se observa un crecimiento ascendente con el transcurso de la edad; a su vez, las damas presentan mayor peso corporal y ligera superioridad en estatura en relación a los varones en todas las series de edades. En relación al Z-escore del phantom, los resultados evidencian valores negativos para ambos géneros y, a su vez, muestran una tendencia al aumento del peso con el transcurso de la edad, donde las damas presentan mayor peso corporal en relación a los varones desde los 6 hasta los 12 años. Este patrón de dimorfismo sexual, observado en el presente estudio, puede ser considerado como prematuro, puesto que Pucciarelli et al<sup>17</sup> consideran dos tipos de dimorfismo, sexual: temprano y tardío, donde el primero se manifiesta en etapas prepuberales y el segundo en etapas puberales. En este sentido, Shephard et al.<sup>10</sup> consideran que probablemente se deba a una progresiva y una mayor acumulación de grasa subcutánea presentada desde los primeros años de la escuela primaria, que, por lo general, según Tanner<sup>22</sup>, se atribuye a factores genéticos y hormonales. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que factores culturales podrían estar comprometidos en la superioridad femenina. A su vez, el peso corporal expresado en Z-escore (Phantom) muestra una tendencia de aproximación al peso adulto, conforme la edad cronológica avanza; de esta manera, Ross, Ward<sup>12</sup> consideran que a los 12 años el patrón general de crecimiento se aproxima a la edad adulta. Con todo, en la muestra de escolares de moderada altitud, este hecho aún no se observa, por lo que los resultados sugieren tal aproximación en edades futuras.

Por otro lado, cuando comparamos con los valores absolutos de la OMS<sup>23</sup>, los escolares de ambos géneros del presente estudio muestran mayor peso corporal, lo que hace suponer un posible sobrepeso en esta muestra. Sin embargo, los valores positivos observados en los diámetros óseos permiten

afirmar la posibilidad de presentar un mayor peso óseo, lo que en parte podría explicar el mayor peso corporal en ambos géneros. Incluso, los valores negativos de tejido adiposo podrían evidenciar bajos niveles de masa grasa. Por lo tanto, el exceso de peso corporal podría estar determinado por el mayor peso óseo, y no por exceso de grasa corporal, que por lo general los niños y adolescentes obesos suelen presentar debido a factores genéticos, inactividad física, y patrones de alimentación<sup>24</sup>. En consecuencia, a pesar de que en la investigación no se realizó el fraccionamiento del peso corporal en compartimientos corporales, no debe ser considerada como una limitante del estudio, puesto que los valores positivos de la proporcionalidad de los diámetros óseos muestran una clara superioridad de robustez en relación al modelo teórico del Phantom.

### Pliegues cutáneos

En líneas generales, las damas del presente estudio mostraron mayor cantidad de tejido adiposo en relación a los varones, tanto en valores absolutos como en los Z-escores del Phantom desde los 6 hasta los 12 años. En este sentido, la literatura describe similitud en cuanto al nivel de adiposidad durante toda la etapa de la infancia en ambos géneros<sup>25</sup>, siguiendo patrones análogos de crecimiento. No obstante, la magnitud y el momento de los cambios se suele observar generalmente a partir del inicio de la adolescencia y posteriormente en la adultez. A su vez, en el estudio se observó que tanto damas y varones presentan valores negativos en todos los pliegues cutáneos, a excepción del pliegue tricípital, donde las damas presentan valores positivos en el Z-escore del Phantom. Este hecho de dimorfismo encontrado en el estudio podría deberse, según Tanner<sup>22</sup>, a procesos adaptativos alcanzados principalmente por una mejor canalización del crecimiento en las mujeres, puesto que retienen reservas de energía, como lo muestran los pliegues cutáneos evaluados. Por lo tanto, las mujeres son menos proclives a desviarse de los límites de los canales normales de crecimiento en relación a los hombres<sup>17</sup>.

Por otro lado, respecto a los valores negativos observados en los pliegues cutáneos, tanto en damas como en varones, el modelo teórico del Phantom indica que los escolares se caracterizan por ser delgados. A su vez, conforme la estatura crece en función de la edad cronológica, los pliegues cutáneos muestran una tendencia al aumento de la cantidad de tejido graso, siendo más acelerado en las damas y más lento en los varones; puesto que las damas a los 12 años prácticamente mostraron valores similares al modelo teórico del Phantom y los varones mostrarían tal tendencia en edades futuras. En consecuencia, de acuerdo al patrón general de crecimiento Ross, Ward<sup>26</sup> se considera que los niños a la edad de los 12 años se acercan a los valores del Phantom y alcanzan proporciones corporales similares a la edad adulta. Por lo tanto, el hecho de que los varones aún no se aproximen a los valores del Phantom a los 12 años, podría deberse a los efectos que produce la altitud, puesto que los resultados sugieren que el fenómeno de la hipoxia retardaría el crecimiento de los pliegues cutáneos en los varones. Sin embargo, fac-

tores nutricionales podrían estar comprometidos y actuar en interacción durante el proceso de crecimiento y desarrollo. Por lo tanto, como se vio anteriormente, las tasas de crecimiento son más sensibles a los cambios medioambientales en los varones que en las de las mujeres<sup>27</sup>.

### Diámetros óseos

El crecimiento físico y la maduración biológica se ven afectados por varios factores que actúan de forma independiente o en conjunto para modificar el potencial genético de un niño. En este sentido, la altitud no parece ejercer ningún tipo de efecto sobre los diámetros óseos, puesto que los valores del Z-score del Phantom mostraron valores positivos en todos los diámetros óseos, tanto en damas como en los varones. Estos resultados evidencian una mayor robustez por parte de los escolares de Arequipa ubicados a 2320 msnm., puesto que, en cuanto la estatura aumenta con el transcurso de la edad, los diámetros óseos permanecen relativamente estables hasta los 12 años. Este hecho parecería estar relacionado con factores étnicos, puesto que Eveleth, Micozzi<sup>28</sup> destacan que mestizos de Perú, Bolivia, Guatemala y México son generalmente robustos y de baja estatura, lo que explicaría en parte los resultados encontrados. Aunque Shepard et al<sup>10</sup> advierten que el uso del Phantom es peligroso para inferir las diferencias étnicas y de otro tipo, sin embargo, puede ayudar a mostrar las diferencias de los patrones de crecimiento entre los niños y adolescentes sin el establecimiento de un sexo como norma de referencia. En este sentido, los varones presentan valores relativamente superiores en relación a las damas en todos los diámetros óseos. Esto indicaría una pequeña diferencia de dimorfismo entre ambos géneros, Si bien, por lo general, estas diferencias se suelen observar en la adolescencia donde las damas se caracterizan por ser más delgadas que los varones<sup>26</sup>. Consecuentemente, se necesitan de más investigaciones para aclarar los motivos por los cuales los diámetros óseos fueron proporcionalmente grandes en relación al modelo teórico del Phantom y se mantuvieron relativamente estables, por ejemplo, ampliando el rango de edad e incrementado variables de longitud con la intención de explicar mejor el crecimiento óseo (diámetro y longitud) en escolares que viven en moderadas y elevadas altitudes.

### Circunferencias corporales

El altiplano andino durante mucho tiempo ha sido foco de investigaciones en relación a la adaptación a la altitud por una serie de razones, entre ellas, la relativa accesibilidad, especies que florecen en la región, presencia de poblaciones indígenas y la participación temprana en el campo<sup>29</sup>. En este sentido, los hallazgos a elevadas altitudes, en relación a variables que engloban proporciones corporales evaluadas de forma absoluta, han indicado que los niños tienen un periodo prolongado tardío de crecimiento, donde, por lo general, muestran mayor circunferencia del tórax y pantorrilla, mayor capacidad pulmonar y relativamente bajos valores de pliegues cutáneos en relación a los que habitan en el nivel del mar<sup>5,30</sup>. De hecho, en el presente estudio, a través del uso del modelo teórico del Phantom, se evidenció va-

lores negativos respecto a las circunferencias corporales en ambos géneros, salvo en los varones que se observó a la edad de 7 y 8 años valores positivos en la circunferencia del tórax. Esto permite destacar que los escolares de Arequipa, que viven a moderada altitud, muestran un patrón pequeño de crecimiento en relación a las circunferencias corporales. Puesto que, en cuanto la estatura aumenta con la edad cronológica, las circunferencias corporales se mantienen relativamente estables hasta los 12 años, tanto en damas como en los varones; por lo que se prevé que en edades más avanzadas las circunferencias puedan alcanzar valores de adultos. Estos hallazgos podrían deberse a los efectos que ejerce la hipoxia sobre el crecimiento físico, como ya fue observado anteriormente con los pliegues cutáneos. Por lo tanto, el patrón de dimorfismo sexual en las circunferencias podría observarse de forma tardía durante la etapa de la adolescencia. A su vez, las pequeñas proporciones de las circunferencias observadas a través del Phantom probablemente lleguen a asemejarse al modelo adulto en edades superiores a los 12 años, lo que confirmaría, de alguna forma, un pequeño retraso en las circunferencias corporales. Por otro lado, no se descarta la posibilidad de que los hábitos de alimentación puedan afectar también los resultados obtenidos, por lo que se sugiere la realización de más estudios en escolares de moderadas y elevadas altitudes.

En suma, la falta de control del estado nutricional, los hábitos de alimentación, nivel de actividad física y maduración biológica podrían originar sesgo en los resultados del estudio, por lo que de forma general se consideran como posibles limitaciones, los que deberían ser tomados en consideración durante el análisis de los resultados; incluso el tipo de validez (interna) del Phantom entra en discusión, aunque no es una razón consistente como para dejar de usar esta estrategia. Por lo tanto, sugerimos para futuras investigaciones controlar tales variables con la intención de generalizar los resultados a otras latitudes con similares características al del presente estudio.

## CONCLUSIONES

A través del uso de la estrategia del Phantom, los resultados sugieren que los escolares de moderada altitud se caracterizan por presentar un crecimiento lento en relación al peso corporal, pliegues cutáneos y circunferencias corporales, lo que podría estar directamente relacionado con la altitud; a su vez, los valores positivos observados en los diámetros óseos permiten caracterizar a los escolares de moderada altitud como robustos (complejidad gruesa).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Meredith HV. Toward a working concept of physical growth. *Am J Orthodon Oral Surg* 1945;31:440-58.
2. Cossio-Bolaños MA, De Arruda M, Núñez Álvarez V, Lancho Alonso JL. Efectos de la altitud sobre el crecimiento físico en niños y adolescentes. *Rev Andal Med Deporte* 2011;4(2):71-6

3. Malina RM. Ratios and derived indicators in the assessment of nutritional status. In: Himes JH, editor. *Anthropometric Assessment of Nutritional Status*. New York: Wiley-Liss 1991. p. 151-171.
4. Onis M, Habicht JD. Anthropometric reference data for international use; recommendations from a world health organization expert committee. *Am J Clin Nutr* 1996;64:650-8.
5. Frisancho AR, Baker PT. Altitude and growth – A study of the pattern of physical growth of a high altitude Peruvian Quechua population. *Am J Phys Anthropol* 1970; 32:279-92.
6. Stinson S. The physical growth of high altitude Bolivian Aymara children. *Am J Phys Anthropol* 1980;52(3):377-85.
7. Pawson I, Huicho L, Muro M, Pacheco A. Growth of children in two economically diverse Peruvian high-altitude communities. *Am J Hum Biol* 2001;13(3):323-40.
8. Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. In: McDougall JD, Weuger HA, Green HJ, *Physiological testing of the high performance athlete*. Champaign: Human Kinetics Books. 1991. p.223-308.
9. Ackland TR, Schreiner AB, Kerr DA. Absolute size and proportionality characteristics of World Championship female basketball players. *J Sports Sci* 1997;15:485-90.
10. Shephard RJ, Labarre R, Jéquier JC, Lavalée H, Rajic M, Volle M. The “Unisex Phantom,” Sexual Dimorphism, and Proportional Growth Assessment. *Am J Phys Anthropol* 1985;67:403-12
11. Carter JEL, Ackland TR. Sexual dimorphism in the physiques of world championship divers. *J Sport Sci* 1998;6(4):317-329.
12. Ross WD, Ward R. Human Proportionality and Sexual Dimorphism. In: Hall RL. editor. *Sexual dimorphism in homo sapiens: a question of size*. New York: Praeger. 1982. p. 317-361
13. Bartsch P, Saltin B, Dvorak J. Consensus statement on playing football at different altitude. *Scand J Med Sports* 2008;18(suppl.1):96-9.
14. Cossio-Bolaños MA. Crecimiento físico e desempenho motor em crianças de 6-12 anos de condição socioeconômica média da área urbana de Arequipa (Perú). Dissertação de mestrado. Unicamp/FEF. Campinas, 2004.
15. The World FactBook (CIA): The work of a nation. The centre of intelligence. Available from:<[#https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2075.html?countryName= Perú&countryCode=pe&regionCode=sa](https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2075.html?countryName=Perú&countryCode=pe&regionCode=sa)&# > [2011 jun 14].
16. Marfel-Jones M, Olds TO, Steward A. Carter JEL. *International Standards for Anthropometric Assessment*. Published by the International Society for the Advancement of Kinanthropometry. Pochefstroom, South Africa. 2006.
17. Ross WD, Wilson NC. A stratagem for proportional growth assessment. *Acta Paediatr Belg* 1974; 28 (Suppl.):169-82.
18. Berral De la Rosa F, Rodriguez-Anez CR. O estudo das características físicas do homem por meio da proporcionalidade. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2002; 4(1):53-66.
19. Guedes DP, Guedes JR. Somatotipo de crianças e adolescentes do Município de Londrina-Parana-Brasil. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 1999; 1(1):7-17.
20. Madureira AS, Sobral F. Estudo comparativo de valores antropométricos entre escolares brasileiros e portugueses. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 1999;1(1):53-9.
21. Pucciarelli H, Carnese F, Pinotti L, Guimarey L, Goicoechea A. Sexual dimorphism in schoolchildren of the Villa IAPI Neighborhood (Quilmes, Buenos Aires, Argentina). *Am J Phys Anthropol* 1993;92:165-72
22. Tanner JM. *Growth at adolescence*. Oxford: Blackwell 1962.
23. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. Assessment of differences in linear growth among populations in the WHO Multicentre Growth Reference Study. *Acta Paediatr Suppl* 2006;450:56-65.
24. Chia DJ, Boston BA. Childhood obesity and the metabolic syndrome. *Adv Pediatrics* 2006;53:23-53

25. Malina RM, Bouchard C. Growth maturation and physical activity. Champaign, Human Kinetics 1991.
26. Ross WD, Ward R. Human Proportionality and Sexual Dimorphism. Kines 303-Kinanthropometry. Available from: <http://www.sfu.ca/~ward/HumProp.pdf> [2004 Jun 03].
27. Stini WA. Sexual dimorphism and nutrient reserves. In: Hall RL, editor. Sexual Dimorphism in Homo sapiens. New York: Praeger 1982; p. 391-419
28. Eveleth PB, Micozzi MS. Antropometría en el niño y enfermedades crónicas en el adulto. In: Cusminsky M, Moreno E, editors. Crecimiento y desarrollo. OPS, Whashington 1988; p. 20-219.
29. Rupert JL, Hochachka PW. Genetic approaches to understanding human adaptation to altitude in the Andes. J Exp Biol 2001;204:3151-60.
30. Greksa LP. Developmental responses to high altitude hypoxia in Bolivian children of European ancestry: A test of the developmental adaptation hypothesis. Am J Hum Biol 1990;2:603-12.

**Corresponding author**

Rossana Gómez Campos  
Av. Erico Verissimo 701. Ciudad  
Universitaria  
CEP. 13083-851. Campinas, SP. Brasil.  
E-mail: rossanagomez\_c@hotmail.com