

# Comparación del crecimiento físico de niños y adolescentes que viven a moderada y elevada altitud del Perú

## Comparison of physical growth of children and adolescents living at moderate and high altitude in Peru

Lucila SÁNCHEZ-MACEDO<sup>1</sup>, Rubén VIDAL-ESPINOZA<sup>2</sup>, José Damián FUENTES LÓPEZ<sup>1</sup>, Luis QUISPE MAMANI<sup>1</sup>, Nelly MAMANI QUISPE<sup>1</sup>, Silo CHUQUICALLATA PARICAHUA<sup>1</sup>, Marco COSSIO-BOLAÑOS<sup>3</sup>, Rossana GOMEZ-CAMPOS<sup>3</sup>

1 Universidad Nacional del Altiplano del Puno, Puno, Arequipa.

2 Universidad Católica Silva-Henriquez, Santiago, Chile.

3 Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

Recibido: 28/junio/2023. Aceptado: 2/octubre/2023.

### RESUMEN

**Introducción:** El crecimiento físico (CF) está determinado por factores genéticos y ambientales que producen variaciones en la población de las diferentes regiones del mundo.

**Objetivo:** Comparar el CF lineal de niños y adolescentes que viven a moderada y elevada altitud del Perú.

**Metodología:** Se efectuó un estudio trasversal (comparativo) en niños y adolescentes que viven a moderada (2.178 metros) y elevada altitud (4.349 metros) del Perú. Se estudió a 563 escolares (276 niños y 287 niñas) de dos regiones geográficas de Puno (Perú). Se evaluó el peso, la estatura y circunferencia del brazo derecho. Se utilizó la referencia de la organización mundial de la salud (OMS) para categorizar el Z-Score por sexo y edad específica.

**Resultados:** Los niños de moderada altitud presentaron mayor peso corporal en todas las edades ( $p < 0,05$ ), sin embargo, en la estatura, a edades iniciales hubo diferencias entre ambas altitudes y en durante la adolescencia hubo valores similares. En la circunferencia del brazo no se observó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los niños de ambas altitudes en todas las edades. La estatura de los niños y niñas de ambas altitudes presentaron Z-Score negativas,

siendo más profundas en los niños de elevada altitud (niños  $-0.38$  a  $-1.41$  y niñas  $-0.77$  a  $-1.80$  Z-Score) en relación a las que viven en moderada altitud (niños  $-0.05$  a  $-1.30$  y niñas  $-0.06$  a  $-1.40$  Z-Score).

**Conclusión:** Este estudio demostró que los niños de ambos sexos de 5 a los 16 años que viven a elevadas y moderadas altitudes del Perú, presentaron patrones de crecimiento lineal disminuidos en relación a la referencia de la OMS, además, los niños que viven a elevada altitud presentaron estaturas inferiores durante la niñez cuando fueron comparados con los de moderada altitud, sin embargo, durante la adolescencia evidenciaron un rápido crecimiento, nivelándose con sus similares de moderada altitud.

### PALABRAS CLAVES

Crecimiento, altitud, estatura, Perú.

### ABSTRACT

**Introduction:** Physical growth (FC) is determined by genetic and environmental factors that produce variations in the population in different regions of the world.

**Objective:** To compare the linear FC of children and adolescents living at moderate and high altitude in Peru.

**Methodology:** A cross-sectional (comparative) study was carried out in children and adolescents living at moderate (2,178 meters) and high altitude (4,349 meters) in Peru. A total of 563 school children (276 boys and 287 girls) from two

**Correspondencia:**  
Rossana Gomez Campos  
rossaunicamp@gmail.com

geographical regions of Puno (Peru) were studied. Weight, height and right arm circumference were evaluated. The reference of the World Health Organization (WHO) was used to categorize the Z-Score by sex and specific age.

**Results:** Children of moderate altitude presented higher body weight at all ages, however, in height, at initial ages there were differences between both altitudes and during adolescence there were similar values. In arm circumference, no significant differences were observed between children of both altitudes at all ages. The height of boys and girls of both altitudes presented negative Z-Score, being deeper in children of high altitude (boys -0.38 to -1.41 and girls -0.77 to -1.80 Z-Score) in relation to those living in moderate altitude (boys -0.05 to -1.30 and girls -0.06 to -1.40 Z-Score).

**Conclusion:** This study demonstrated that children of both sexes from 5 to 16 years of age living at high and moderate altitudes in Peru, presented diminished linear growth patterns in relation to the WHO reference, in addition, children living at high altitude presented lower heights during childhood when compared to those at moderate altitude, however, during adolescence they showed rapid growth, leveling with their peers at moderate altitude.

## KEY WORDS

Growth, altitude, height, Peru.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento somático es un proceso complejo resultante de la hiperplasia, la hipertrofia y la agregación celular que determina cambios progresivos en las dimensiones corporales<sup>1</sup>.

En general, el crecimiento físico (CF) está determinado por factores genéticos y medioambientales. Estos factores producen variaciones poblacionales en diversas regiones del mundo. Por ejemplo, en términos de cantidad de musculatura, adiposidad, crecimiento físico, y del estado nutricional pueden atribuirse a varios factores asociados como el sexo y la etnia, la ingesta dietética, los hábitos alimentarios, los patrones de ejercicio físico, el estatus socioeconómico, altitud, la carga de enfermedades infecciosas, entre otras<sup>2-6</sup>.

En ese contexto, estudiar el CF en niños y adolescentes que viven en condiciones geográficas extremas es sumamente relevante, pues durante mucho tiempo ha sido un foco de atención para los investigadores que tratan de comprender los vínculos entre el entorno físico y los patrones de variación cultural y física del ser humano<sup>2</sup>.

De hecho, los patrones de CF se han interpretado como respuesta adaptativa a las tensiones ambientales de gran altitud (por ejemplo, hipoxia, frío, nutrición, radiación ultravioleta y terrenos accidentados y difíciles)<sup>6,7,10</sup>, por lo que estas condiciones geográficas requieren una mayor actividad física y fisiológica de los niños, que los que viven en condiciones de

baja altitud<sup>11,12</sup>, además, recientemente se ha informado que vivir a mayor altitud puede estar asociado con un lento crecimiento infantil e incluso para los niños que viven en entornos domésticos ideales<sup>13</sup>.

Por lo tanto, este estudio se propuso como objetivo, comparar el CF lineal de niños y adolescentes que viven a moderada y elevada altitud del Perú.

## METODOLOGÍA

### Tipo de estudio y muestra

Se efectuó un estudio trasversal (comparativo) en niños y adolescentes que viven a moderada y elevada altitud del Perú. La selección de la muestra fue no-probabilística, se estudió a 563 escolares (276 niños y 287 niñas) de dos regiones geográficas de Puno (Perú).

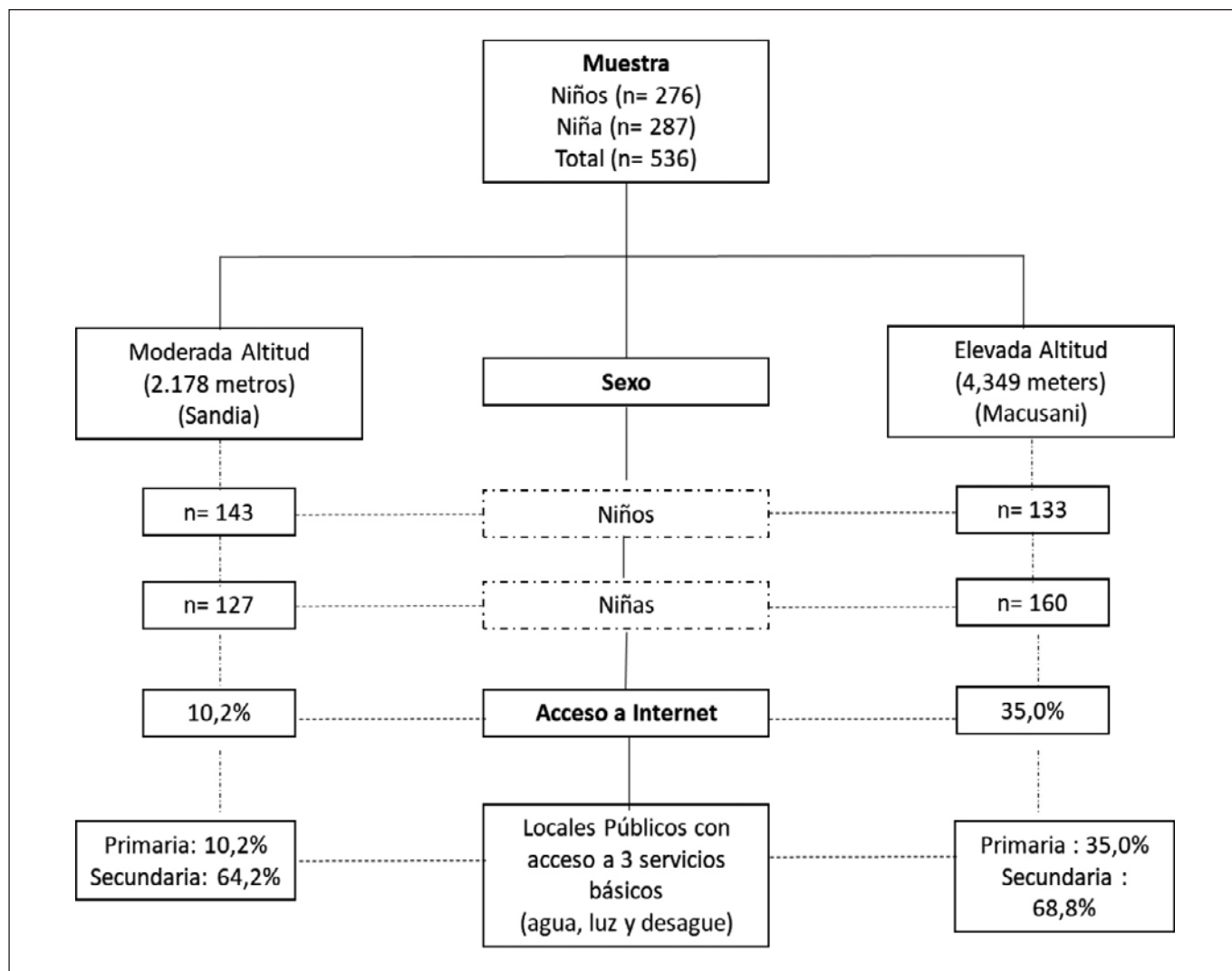
### Localización del estudio

El departamento de Puno está localizado 3,812 metros sobre el nivel del mar y está a orillas del Lago Titicaca (al sudeste del País, en la meseta del Collao) y limita con la Paz (Bolivia) y la economía de la población radica en la producción de la minería, agricultura, ganadería y turismo. Puno tiene 13 provincias en todo el departamento (Carabaya, Moho, Chucuito, Ayaviri, Lampa, Azángaro, Yunguyo, Huancané, Collao, San Román, San Antonio de Putina y Sandia).

Las provincias que se incluyeron en este estudio fueron: Carabaya (Macusani) localizada a 4.349 metros sobre el nivel del mar (elevada altitud) y la Sandia localizada a 2.178 metros sobre el nivel del mar (moderada altitud). La figura 1 describe la distribución de la muestra según edad, sexo, altitud y acceso a los servicios básicos. En esencia, la provincia de Macusani (elevada altitud) presentó mayor acceso a internet (35%) en relación a Sandia (10.2%), además, el 35 y 65% de los locales públicos (colegios primarios y secundarios) de Macusani presentaron mayor acceso a los tres servicios básicos (agua, luz y desagüe) en relación a Sandia. El Índice de desarrollo humano (IDH) del Perú para el año 2012 fue de 0.51, de Lima, la capital del Perú fue de 0.63 y del departamento de Puno fue de 0.39<sup>14</sup>.

Todos los escolares estudiados se encontraban matriculados en los colegios públicos de nivel primario y secundario de ambas provincias. Para el estudio se consideró el colegio más representativo de cada provincia, especialmente el que abarca la mayor cantidad de estudiantes de nivel primario (6 a 12 años) y secundario (12 a 16 años). Estos escolares pertenecen a la clase media baja, pues los ingresos económicos diarios de una familia peruana de 4 integrantes por lo general variaban entre 8,0 y 19,0 dólares estadounidenses<sup>15</sup>.

Todos los padres y/o tutores de los escolares estudiados fueron informados del objetivo del estudio y firmaron el consentimiento informado, además, los niños y adolescen-



**Figura 1.** Distribución de los niños y adolescentes estudiados según edad, sexo, altitud y acceso a servicios básicos

tes firmaron el asentimiento informado para participar de forma voluntaria en el estudio. Todo el procedimiento de recolección de datos se llevó a cabo de acuerdo a la Declaración de Helsinki para seres humanos. Además, fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA, Perú).

### **Técnicas y procedimientos**

El equipo de evaluadores estuvo conformado por cuatro profesionales en educación física con amplia experiencia en la evaluación antropométrica. Todo el equipo se trasladó a ambas distritos y colegios para evaluar las medidas antropométricas entre abril y julio del 2012. Las mediciones se efectuaron en las instalaciones de cada uno de los colegios acondicionando una sala para la recolección de datos.

Se elaboró fichas individuales y grupales para registrar los datos, como fecha de nacimiento, fecha de evaluación y

datos antropométricos. Se adoptó el protocolo estándar propuesto por la "sociedad internacional de cineantropometría" (ISAK) según lo descrito por Ross, Marfell-Jones<sup>16</sup>. El peso se midió utilizando una escala digital Tanita (Reino Unido, Ltd.) con una precisión de 100g. La estatura de pie se midió con un estadiómetro portátil (Hamburgo Seca, Ltd.) con una precisión de 0,1 mm., de acuerdo con el Plano de Frankfurt. La circunferencia del brazo derecho relajado (cm) se midió con una cinta métrica, manteniéndose el sujeto en una posición relajada con los brazos colgando al lado del cuerpo.

Se utilizó la referencia de la organización mundial de la salud<sup>17</sup> para categorizar la estatura según Z-Score por sexo y edad específica. Todas las variables antropométricas se midieron dos veces. El error técnico de medición relativo (TEM%) para las 4 medidas antropométrica oscilaron entre 1.0 y 1.8%.

## Estadística

La normalidad de los datos se verificó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Se efectuó el análisis estadístico descriptivo de la media aritmética, desviación estándar y rango. Para determinar las diferencias entre ambos sexos y entre ambas altitudes se aplicó la "prueba T" de student para muestras independientes. Se calculó también el tamaño del efecto (d) según Cohen<sup>17</sup>. En todos los casos se adoptó  $p < 0.05$ . Los cálculos se efectuaron en planillas de Excel y en SPSS 18,0.

## RESULTADOS

Las características antropométricas de los niños y adolescentes que viven a moderada y elevada altitud del Perú, se observan en la tabla 1 y figura 2. En el peso corporal hubo diferencias significativas entre ambas altitudes en ambos sexos

( $p < 0,05$ ), los niños y niñas de moderada altitud presentaron mayor peso corporal en todas las edades, sin embargo, en la estatura, en edades iniciales hubo diferencias entre ambas altitudes en ambos sexos (en los niños desde los 5-6 años hasta los 11-12 años y en las niñas desde los 5-6 años hasta los 9-10 años) ( $p < 0,05$ ). En las demás edades no hubo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), observándose valores similares de estatura durante la adolescencia. En la circunferencia del brazo no se observó diferencias significativas entre a los niños de ambas altitudes en todas las edades (ambos sexos) ( $P > 0,05$ ).

La media de las puntuaciones del Z-Score de la estatura para los niños y adolescentes de moderada y elevada altitud se observan en la figura 3. La estatura de los niños y niñas de ambas altitudes presentaron Z-Scores negativas, siendo más profundas en los niños de elevada altitud (niños -0.38 a -1.41 y niñas -0.77 a -1.80 Z-Score) en relación a las que viven en moderada altitud (niños -0.05 a -1.30 y niñas -0.06 a -1.40 Z-Score).

**Tabla 1.** Características antropométricas de niños y adolescentes que viven a moderada y elevada altitud del Perú

Edades (años)	Elevada altitud (4.349 metros)							Moderada Altitud (2.178 metros)						
	n	Peso (kg)		Estatura (cm)		C. Brazo (cm)		n	Peso (kg)		Estatura (cm)		C. Brazo (cm)	
		X	DE	X	DE	X	DE		X	DE	X	DE	X	DE
Niños														
5-6	20	19,7	3,3	110,4	8,0	15,6	1,0	40	21,8*	3,6	112,7*	5,2	16,5	1,5
7-8	10	23,7	3,6	120,4	7,2	16,5	1,3	24	26,7*	5	123,5*	5,9	17,8	2,1
9-10	23	27,8	4,4	128,3	9,1	17,5	1,5	21	32,8*	7,2	132,0*	4,9	19,7	2,8
11-12	36	35,9	6,2	141,4	8,2	19,4	2,1	29	39,7*	5,6	144,2*	6,5	20,9	2,2
13-14	28	42,5	7,5	154,1	8,0	20,8	2,4	17	44,3*	7,1	154,0	7,1	21,5	2,2
15-16	16	50,5	5,1	164,9	9,1	22,4	1,4	12	55,2*	3,3	162,7	4,8	23,6	1,4
Total	133	34,3	11,2	138,4	19,2	18,9	2,8	143	33,1	11,4	132,2	17,2	19,1	3,0
Niñas														
5-6	18	17,8	2,2	105,1	4,9	15,4	1,2	26	19,7*	2,0	109,9*	4,1	16,1	0,9
7-8	21	20,9	2,1	116,5	4,9	16,2	1,1	16	24,6*	3,6	120,2*	9,2	17,2	1,5
9-10	27	28,3	4,5	129,2	6,6	17,8	1,5	26	30,7*	6,9	132,7*	6,1	18,2	1,9
11-12	27	37,7	4,7	143,1	6,9	19,6	1,5	34	39,3*	6,6	143,7	7,2	20,2	2,0
13-14	41	43,0	7,0	150,1	5,8	21,3	1,9	14	47,9*	7,8	149,9	6,4	22,0	2,4
15-16	26	49,4	4,0	152,3	4,0	23,7	1,5	11	55,3*	10,5	153,9	5,0	24,3	1,8
Total	160	34,9	11,9	136,3	17,3	19,5	3,2	127	34,0	12,7	133,1	16,5	19,1	3,0

X: promedio, DE: desviación estándar, C: Circunferencia, \*: Diferencia significativa en relación a elevada altitud.

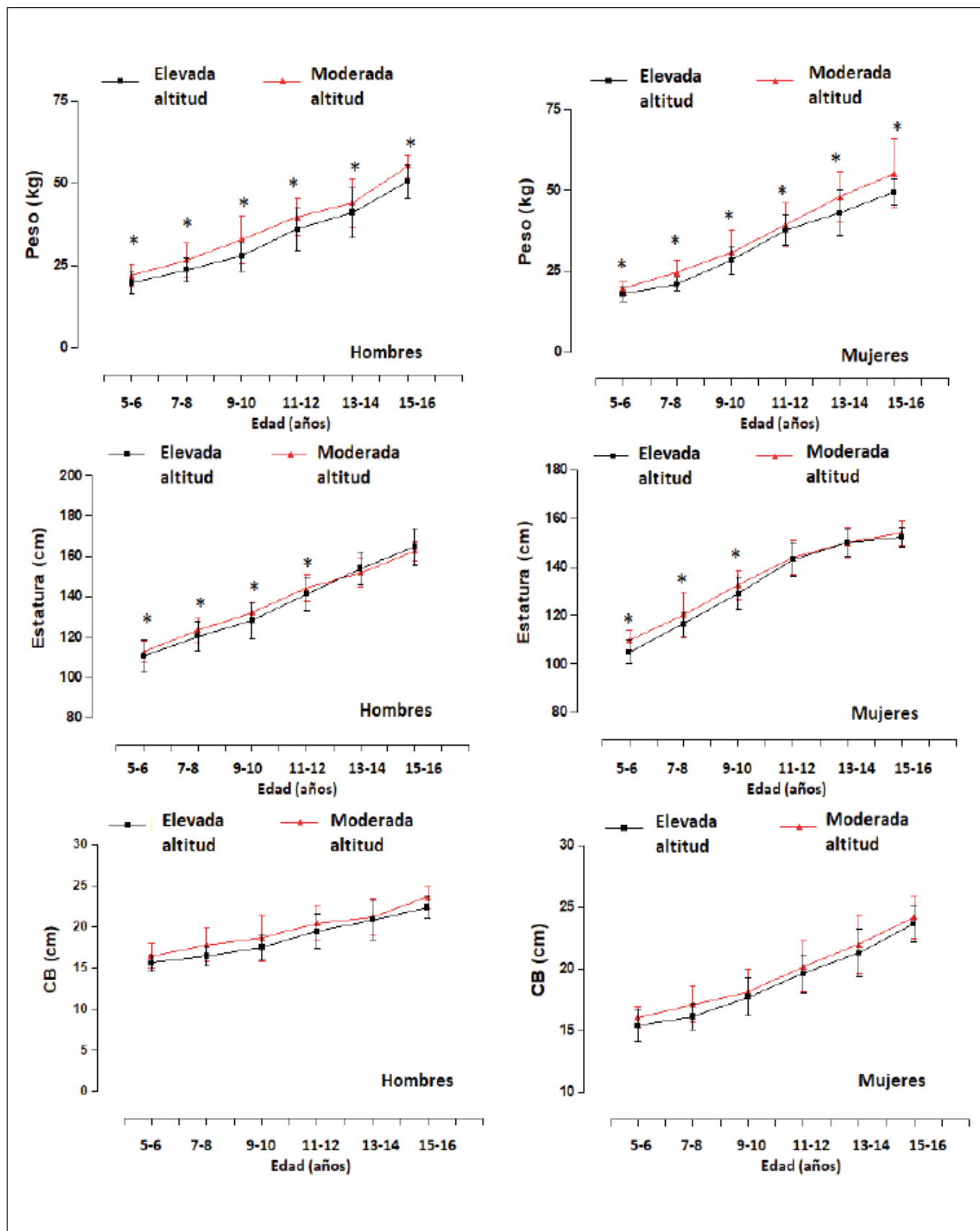


Figura 2. Comparación de los Patrones de crecimiento físico de niños y adolescentes que viven a moderada y elevada altitud del Perú

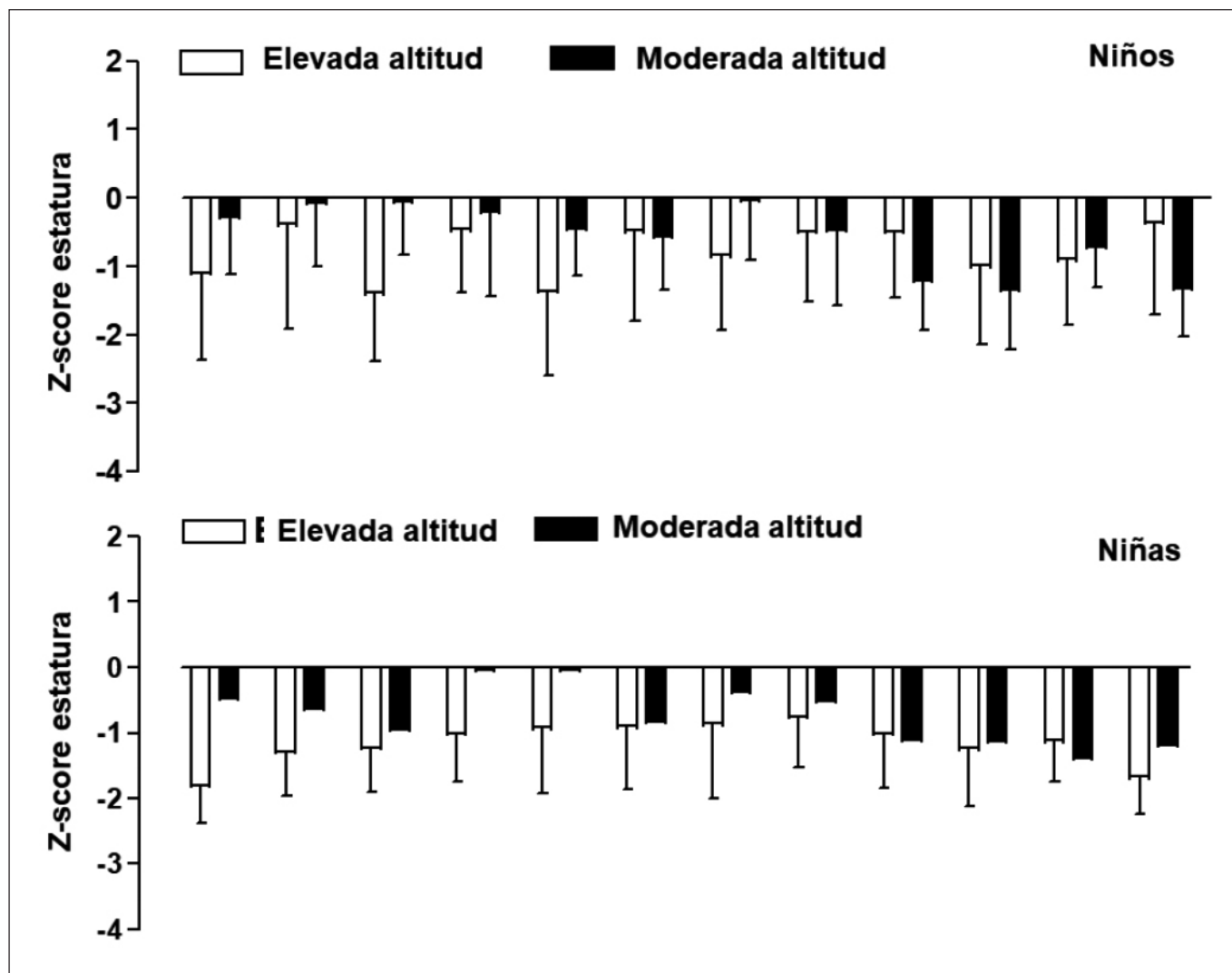


Figura 3. Puntuaciones z de la estatura de niños y adolescentes de moderada y elevada altitud del Perú

## DISCUSIÓN

El estudio tuvo como objetivo comparar el CF lineal de niños y adolescentes que viven a moderada y elevada altitud del Perú. Los resultados indican que los niños de ambos sexos que viven a moderada altitud presentaron mayor estatura desde los 5 hasta los 11-12 años en los hombres y en las mujeres desde los 5 hasta los 9-10 años, posteriormente durante la adolescencia los valores son similares. Además, cuando se comparó con la referencia de la OMS, ambas muestras de estudio (de moderada y elevada altitud) presentaron Z-Score negativos, evidenciando un claro retraso en el crecimiento lineal, siendo más agudo en los niños y adolescentes que viven a elevada altitud.

Estos hallazgos son consistentes con algunos estudios que se han efectuado en regiones de moderadas<sup>18,19</sup> y elevadas altitudes,<sup>6,20,21</sup> donde se han evidenciado valores inferiores

de estatura con referencias internacionales y con sus contrapartes que viven en regiones del nivel del mar<sup>10</sup>.

Otros estudios recientes han destacado que el crecimiento lineal disminuye entre 28 a 29% en niños que viven por encima de los 2.000 metros e incluso son mayores los riesgos cuando viven a una altitud mayor a los 3.000 metros<sup>22,23</sup>.

Estas evidencias coinciden con nuestros hallazgos, puesto que los valores del e Z-Score para la estatura fueron negativos en ambos sexos y ambas regiones en relación a la referencia de la OMS<sup>24</sup>. De hecho, durante la niñez, los escolares de elevada altitud presentaron valores inferiores de estatura en comparación con los de moderada altitud, sin embargo, durante la adolescencia las diferencias de estatura entre ambas regiones desaparecieron. Esto indica que el crecimiento y el desarrollo durante la adolescencia son susceptibles a cambios nutricionales, ambientales y esto puede ser consi-



derado como una oportunidad para influir en la estatura adulta y mitigar el retraso del crecimiento físico a edades más avanzadas<sup>25</sup>.

En esencia, los efectos negativos de la altitud en el crecimiento lineal de los niños y adolescentes parecen ser robustos a la inclusión de posibles variables de confusión, como la pobreza y el aislamiento económico<sup>26</sup>, pues estos factores son típicos de las regiones de altitud e incluso la región de Puno para el año 2012, presentaba un IDH de 0,39 en relación a la capital (Lima) con 0,63 y el país con 0,51<sup>14</sup>. Esto evidencia una clara diferencia en el crecimiento económico entre regiones del Perú, lo que afecta al desarrollo socioeconómico de estas regiones y consecuentemente, los escasos de alimentos y la malnutrición energético proteica suelen ser factores que originan el retraso en el crecimiento físico a edades tempranas<sup>27</sup>.

Además, por otro lado, las regiones y entornos de gran altitud que están escasamente poblados por personas que viven en los márgenes sociales y económicos pueden presentar desafíos particulares para la construcción de infraestructura, la prestación de servicios de salud y la mejora de la agricultura<sup>26</sup>, lo cual, pueden ser factores que también pueden ser determinantes a la hora de analizar el crecimiento lineal de estas poblaciones.

En general, este estudio presenta algunas limitaciones, dado que no fue posible evaluar niños de baja altitud (nivel del mar) y los hábitos de alimentación, pues esta información hubiera ayudado a interpretar nuestros hallazgos, además, la selección de la muestra fue no-probabilística, esto limita la generalización de los resultados, sin embargo, destacamos que es uno de los primeros estudios que proporciona información actualizada y en las regiones de moderada y elevada altitud del Perú, las que son de difícil acceso. Esta información puede servir para futuras comparaciones y verificar líneas de tendencia en estas poblaciones, e incluso, como sugiere Calderón et al<sup>28</sup>, los resultados encontrados en regiones de altitud como Puno (Perú), pueden ser utilizados para desarrollar e implementar intervenciones de salud para mejorar la salud y la calidad de vida de las poblaciones indígenas que viven en el sur de Perú/norte de Bolivia<sup>28</sup>.

## CONCLUSIÓN

Este estudio demostró que los niños de ambos sexos de 5 a los 16 años que viven a elevadas y moderadas altitudes del Perú, presentaron patrones de crecimiento lineal disminuidos en relación a la referencia de la OMS, además, los niños de ambos sexos que viven a elevada altitud presentaron estaturas inferiores durante la niñez cuando fueron comparados con los de moderada altitud, sin embargo, durante la adolescencia evidenciaron un rápido crecimiento, nivelándose con sus similares de moderada altitud. Estos resultados sugieren evaluación periódica del crecimiento físico para monitorizar los cambios en el tiempo.

## REFERENCIAS

1. Beunen G, Baxter-Jones ADG, Mirwald RL, Thomis M, Lefevre J, Malina RM, Bailey DA. Intraindividual allometric development of aerobic power in 8-to 16-year-old boys. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(3):503-10.
2. Pawson IG, 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. <https://doi.org/10.1002/ajhb.1056>
3. He Q, Horlick M, Thornton J, Wang J, Pierson RN. Jr, Heshka S, Gallagher D. Sex-specific fat distribution is not linear across pubertal groups in a multiethnic study. *Obes Res.* 2004;12:725-33.
4. Singh J, Mondal N. Use of upper-arm anthropometry as measure of body composition and nutritional assessment in children and adolescents (6-20 Years) of Assam, Northeast India. *Ethiop J Health Sci.* 2014;24:243-52.
5. Senbanjo IO, Oshikoya KA, Njokanma OF. Upper arm composition and nutritional status of school children and adolescents in Abeokuta, Southwest Nigeria. *World J Pediatr.* 2014;10:336-42.
6. Cossio-Bolaños MA, Sanchez-Macedo L, Lee Andruske C, Fuentes-López J, Limachi-Flores M, Apaza-Cruz J, Mamani-Velásquez D, Mamani-Luque O, Sulla-Torres J, Gomez-Campos R. Physical growth and body adiposity patterns in children and adolescents at high altitudes in Peru: Proposed percentiles for assessment. *Am J Hum Biol.* 2020;32(5):e23398.
7. Frisancho AR, Borkan GA, Klayman JE. Pattern of growth of lowland and highland Peruvian Quechua of similar genetic composition. *Hum. Biol.* 1975;47: 233-43. <https://digitalcommons.wayne.edu/humbiol/vol47/iss3/4/>
8. Stinson S. The physical growth of high altitude Bolivian Aymara children. *Am. J. Phys. Anthropol.* 1980;52: 377-85
9. Little BB, Malina RM, Pena Reyes ME, Bali Chavez G. Altitude effects on growth of indigenous children in Oaxaca, Southern Mexico. *Am J Phys Anthropol.* 2013;152(1):1-10.
10. Artiningrum NT, Suryobroto B, Widiyani T. Physical growth of Sasak children at different altitudes in Lombok Island. *Hayati Journal of Biosciences.* 2014;21(3):101-10.
11. Malhotra P, Singh PP, Singh SP, Sidhu LS. Physical growth of high altitude Spitian boys. *Journal of Human Ecology.* 2006;20:147-51.
12. Singh SP, Singh P, Malhotra P, Sidhu LS. Somatotypes of high altitude Spitian boys. *Journal of Human Ecology.* 2007;22:129-33.
13. Baye K, Hirvonen K. Evaluation of Linear Growth at Higher Altitudes. *JAMA Pediatr.* 2020;174(10):977-984.
14. PME 2015. Perú Ministerio de Educación PME (2017). Puno: cómo vamos en educación?. Estadística de la calidad educativa ESCALE, pp 1-37. [https://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12799/4717/Puno%](https://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12799/4717/Puno%20)
15. López-Calva LF, Ortiz-Juarez E. A Vulnerability Approach to the Definition of the Middle Class. Policy Research Working Paper 5902, World Bank, Washington, DC.2011.
16. Ross WD, Marfell-Jones M.J. Kinanthropometry. *Physiological Testing of Elite Athlete; Human Kinetics: Champaign, IL, USA.*1991. p. 223-308.

17. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ, 1988; Lawrence Erlbaum
18. Cossio-Bolaños M, Gómez-Campos RG, Andruske CL, Flores AV, Luarte-Rocha C, Olivares PR, García-Rubio J, de Arruda M. Physical Growth, Biological Age, and Nutritional Transitions of Adolescents Living at Moderate Altitudes in Peru. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(10):12082-94.
19. Díaz-Bonilla E, Torres-Galvis CL, Gómez-Campos R, de Arruda M, Pacheco-Carrillo J, Cossio-Bolaños M. Weight, height and body mass index of children and adolescents living at moderate altitude in Colombia. *Arch Argent Pediatr*. 2018;116(2):e241-e250.
20. Greksa LP. Effect of altitude on the physical growth of upper-class children of European ancestry. *Ann Hum Biol* 1985;12:225-32.
21. Harris NS, Crawford PB, Yangzom Y, Pinzo L, Gyaltzen P, Hudes M. Nutritional and health status of Tibetan children living at high altitudes. *N Engl J Med*.2001;344(5):341-7.
22. Roman EM, Bejarano IF, Alfaro EL, Abdo G, Dipierri JE. Geographical altitude, size, mass and body surface area in children (1-4 years) in the Province of Jujuy (Argentina). *Annals of Human Biology*. 2015;42(5):431-438.
23. Mohammed SH, Habtewold TD, Abdi DD, Alizadeh S, Larijani B, Esmailzadeh A. The relationship between residential altitude and stunting: Evidence from >26,000 children living in highlands and lowlands of Ethiopia. *British Journal of Nutrition*. 2020;123(8):934-941.
24. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bulletin of the World Health Organization*. 2007;85(9):660-667.
25. Campisi SC, Carducci B, Söder O, Bhutta ZA. The Intricate Relationship between Chronic Undernutrition, Impaired Linear Growth and Delayed Puberty. *Innocenti Working Papers*. 2018.
26. Shively G, Schmiess J. Altitude and early child growth in 47 countries. *Popul Environ*. 2021;43(2):257-288.
27. Niermeyer S, Andrade Mollinedo P, Huicho L. Child health and living at high altitude. *Arch Dis Child*. 2009;94(10):806-11.
28. Calderón M, Alvarado-Villacorta R, Barrios M, Quiroz-Roblado D, Guzmán Naupay DR, Obregón A, Calderón Chávez S, Glaser L, Carnero AM, Cortez-Vergara C, Iglesias Quilca D, Colque González J, Moore D. Health need assessment in an indigenous high-altitude population living on an island in Lake Titicaca, Perú. *Int J Equity Health*. 2019;18:94.