

Patrones Antropométricos y Consumo Máximo de Oxígeno (VO₂) entre Niños Escolares Chilenos Aymaras y No Aymaras de 10 a 12 Años, que Viven en Altura (3.500 msnm) y en la Planicie (500 msnm)

Anthropometric Patterns and Oxygen Consumption (VO₂) of School-children Aymara and Non-aymara of 10-12 Years, Living in High Altitude (3500m) and the Plain (500 m), from Chile

*Espinoza-Navarro, O.; *Vega, C.; *Urrutia, A.; *Moreno, A. & **Rodríguez, H.

ESPINOZA-NAVARRO, O.; VEGA, C.; URRUTIA, A.; MORENO, A. & RODRÍGUEZ, H. Patrones antropométricos y consumo máximo de oxígeno (VO₂) entre niños escolares chilenos aymaras y no aymaras de 10 a 12 años, que viven en altura (3.500 msnm) y en la planicie (500 msnm). *Int. J. Morphol.*, 27(4):1313-1318, 2009.

RESUMEN:El objetivo del estudio fue comparar peso, talla, índice de masa corporal (IMC) y consumo de oxígeno (VO₂ max) en una muestra de 73 alumnos de 10 a 12 años del poblado de Putre a 3500 metros de altitud (n=31) y del pueblito de San Miguel de Azapa, que lo hacen a 500 metros de altitud (n=42). Los sujetos fueron evaluados según, procedencia, sexo y etnia aymará y No aymará. Los resultados muestran una disminución significativa de los patrones antropométricos de niños y niñas de Putre en comparación con los de San Miguel de Azapa. Los aymará de Putre damas y varones presentan un IMC bajo lo normal (<20). Los varones aymará de San Miguel de Azapa presentan un peso significativamente mayor que los varones no aymará, sin embargo todos los alumnos de San Miguel expresan un IMC de normales. La distancia recorrida en metros (Test de 6 minutos de carrera continua) y el consumo máximo de oxígeno expresado en litros por minuto (VO₂), no presentan diferencias significativas según sexo, etnia y localidad de origen de los niños y niñas en estudio. Se concluye que el ambiente multiestresante de la altura (hipoxia hipobárica, bajas temperaturas y el nivel socioeconómico), tendría un gran impacto en el crecimiento infantil y el consumo máximo de oxígeno, lo que posiblemente reflejarían mecanismos adaptativos de los niños y niñas de Putre.

PALABRAS CLAVE: Aymará, altura, VO₂, IMC.

INTRODUCCIÓN

Los seres humanos han ocupado las altas mesetas y valles de las montañas de los Andes y el Himalaya durante miles de años. La altura representa un ambiente extremo. El ser humano siempre se ha caracterizado por su adaptabilidad a las diversas adversidades que puede ofrecer nuestro planeta, pero en este caso hay un límite. La disminución de la presión barométrica y, consecuentemente, una menor presión parcial de oxígeno, es un factor muy limitante. Sin embargo, hay poblaciones como los quechuas y aymará en los Andes y los tibetanos y sherpas en el Himalaya, que viven y se reproducen en cotas cercanas a los 5.000 metros. A partir de los 5.500 metros la presión barométrica es la mitad que a nivel del mar y la vida permanente por encima de esta cota se considera imposible (Moore, 2001; Niermeyer *et al.*, 2001).

Los procesos evolutivos pueden haber actuado de manera diferente en las poblaciones colonizadoras y causar los distintos modelos de adaptación. La concentración de hemoglobina tiene heredabilidad significativa en las muestras de los Andes y el tibetano. La saturación de oxígeno no tiene herencia en la muestra de los Andes, pero si entre los tibetanos en que un gen autosómico dominante ha sido detectado como responsable de ello (Beall, 2006).

Los fenómenos adaptativos reflejan los efectos de la transmisión selectiva de variables genéticas y ambientales a través de cientos de generaciones. En las poblaciones indígenas andinas, estas se centran especialmente en la absorción, distribución y utilización del oxígeno en niños y adultos. Es-

* Department of Biology, Faculty of Sciences, Universidad de Tarapacá, Chile.

**Laboratory of Biology of Reproduction ICBM Faculty of Medicine, Universidad de Chile.

The work was financed by Universidad de Tarapacá (Arica-Chile) Research Project UTA: N° 4705.

tos factores impactan finalmente en la morfología del pecho, metabolismo y la hematología. (Rupert & Hochachka, 2001; Beall)

Es evidente que los componentes, la antigüedad y la genética son importantes para determinar la supervivencia y la calidad de vida a gran altura. Los seres humanos han vivido en los Andes por unos 12.000 años, dando tiempo suficiente para la adaptación a la gran altitud. (Gonzales, 2007).

En Chile, así como en Perú, Bolivia y Argentina, el ambiente de altura es originado por la influencia del macizo andino llamado altiplano.

La población aymará en Chile se concentra en la zona Norte, en la franja precordillerana y altiplánica, con una densidad 48.477 individuos (Censo 2002). De los cuales solo 2.397 aymará residen en sus territorios originarios.

La localidad de Putre se encuentra a 3 horas de distancia de la ciudad de Arica a una altitud de 3.500 msnm, con una población de 1.203 habitantes de los cuales el 52,9% es originario aymará. Se caracteriza por un clima desértico y estepárico de altura, con una amplitud térmica de hasta 30°C, con valores mínimos en la noche de -10°C y hasta 20°C en el día.

San Miguel de Azapa con una altitud de 500 metros, es un poblado rural ubicado a 12 km de Arica, con una población de 833 habitantes con un gran porcentaje de aymará, dedicados a la agricultura del valle de Azapa (Gobierno de Chile, 2006).

En las poblaciones andinas de altura a las condiciones geoclimáticas del ambiente se suman situaciones socioeconómicas restrictivas, que limitan el acceso a una buena nutrición y a un adecuado control higiénico sanitario. Factores que serán de enorme importancia en la expresión del crecimiento lineal de los individuos (Harris *et al.*, 2001; Bejarano *et al.*, 2004; Moreno *et al.*, 2006).

Los estudios antropométricos de composición corporal, estado nutricional e índice de masa corporal (IMC) son excelentes referentes del estado nutricional de la población (Obert *et al.*, 1994; WHO, 1999; Silva *et al.*, 2005). La antropometría y el IMC, tienen como finalidad conocer las características nutricionales y morfológicas de una población (Silva *et al.*; Martínez *et al.*, 2008).

Los factores de altitud y estatus socioeconómico también se expresan en el rendimiento aeróbico y anaeróbico. La reducción de la capacidad aeróbica y anaeróbica no podría ser explicada totalmente por factores antropométricos. Similares conclusiones plantean Moore *et al.*; Chia (2006) y Keller (2008). Billat *et al.* (2003), sin embargo, encuentra que la

capacidad aeróbica en altura no se alteraría. Beneke *et al.* (2007) determinan que el rendimiento anaeróbico en niños es menor que en los adolescentes, pero con un mejor metabolismo aeróbico en los niños.

El objetivo de este estudio fue comparar los patrones de peso, talla, IMC y consumo máximo de oxígenos en niños y niñas aymará y no aymará, de 10 a 12 años, que viven en Putre a 3.500 metros de altitud, en relación a niños de igual condición del poblado de Azapa ubicado 500 metros sobre el nivel del mar (msnm).

MATERIAL Y MÉTODO

Los participantes fueron 73 niños y niñas, todos sanos y físicamente activos de escuelas municipalizadas de Putre (n=31) y San Miguel de Azapa (n=42). Este estudio agrupó al total de la población estudiantil de 5° y 6° año básico de ambos establecimientos. Ninguno de los alumnos había participado en algún plan programa de entrenamiento físico. Luego de firmar el consentimiento informado por los apoderados, se procedió a registrar los datos.

La evaluación de los sujetos se realizó en la jornada de las mañanas y en dos ocasiones, en sus respectivos colegios y en forma separada para niños y niñas. Para la obtención del peso y la talla se utilizó estadiómetro con báscula incorporada, marca Fitness, modelo D-339.2 (USA). Para los test de campo se utilizaron cronómetro digital y cinta métrica.

El índice de masa corporal (IMC) se calculó por la fórmula de peso dividido por la altura al cuadrado (P/A^2), clasificándolos en: enflaquecidos, normales, sobrepeso y obeso (WHO, 1999). Estos resultados fueron diferenciados por sexo y etnia.

La pertenencia a la etnia aymará se determinó por la utilización de los apellidos, ampliamente usado en genética de poblaciones, debido a la alta correlación que existe entre estos y la frecuencia de genes característicos de una determinada etnia (Schull & Rothhammer, 1977).

Los test para determinar el rendimiento físico fueron de tipo indirectos o de campo para facilitar la realización de evaluación masiva. El consumo de oxígeno (VO₂), se realizó mediante el test de campo de 6 minutos de carrera continua, recorriendo la mayor distancia posible en metros, posteriormente se calculó el VO₂ max (Diaz, 2009).

Los resultados obtenidos fueron registrados y analizados estadísticamente, según el programa SPSS 14.0 (2006).

RESULTADOS

La Tabla I muestra los promedios totales alcanzados en Putre y Azapa, según sexo, donde se observa una disminución significativa del peso de los niños y niñas de Putre con respecto a la población de Azapa. En la talla sólo se muestra una disminución significativa en niñas de Putre respecto a niñas de Azapa. Esto expresa que el índice de masa corporal (IMC) de los estudiantes, tanto de niñas como niños, sea clasificado como de enflaquecidos (<20). Sin embargo, no se aprecian diferencias en el consumo máximo de oxígeno ni en la distancia recorrida, en los 6 minutos de carrera continua entre ambas poblaciones de estudio.

La Tabla II compara los parámetros obtenidos en la población de Putre, según sexo y etnia aymarará y No aymarará. Los varones aymarará presentan un peso significativamente

menor que los residentes No aymarará. El IMC de niñas y niños aymarará de Putre expresan niveles bajo lo normal o enflaquecidos. Las mujeres de Putre No aymarará presentan un IMC de enflaquecidas y los varones No aymarará IMC de normalidad (>20). No se encontraron diferencias significativas en el consumo máximo de oxígeno, expresando valores sobre los 3,0 litros por minuto.

En la Tabla III se presenta los resultados obtenidos al evaluar la población de San Miguel de Azapa, donde los varones aymarará presentan un aumento significativo del peso, respecto a varones No aymarará. Sin embargo el IMC de todos los estudiantes de San Miguel de Azapa, expresan índices de normalidad. No se observan diferencias significativas en los valores del VO₂ max en este conjunto.

Tabla I. Peso, Talla, IMC y VO₂, según sexo de estudiantes de Putre y Azapa, Chile.

Localidad	Sexo	Peso (Kg)	Talla (mt)	IMC	Distancia (mt)	VO ₂ max L/min
Putre	Varones	36 ± 7 *	1,45 ± 0,37	17,2 enflaquecidos	943 ± 165	3720 ± 361
	Damas	35 ± 6 *	1,42 ± 0,05 *	17,4 enflaquecidas	749 ± 151	3318 ± 258
Azapa	Varones	51 ± 15	1,47 ± 0,09	23,2 Normales	875 ± 148	3566 ± 321
	Damas	50 ± 13	1,46 ± 0,06	23 Normales	823 ± 143	3400 ± 282

*p≤ 0,05

Tabla II. Peso, Talla, IMC y VO₂, según sexo de estudiantes aymara y No aymara de Putre, Chile.

Etnia	Sexo	Peso (Kg)	Talla (mt)	IMC	Distancia (mt)	VO ₂ max L/min
Aymara	Varones	35,15 ± 7,7	1,45 ± 0,06	16,92 enflaquecidos	960 ± 173	3,756 ± 378
	Damas	35,63 ± 6,6	1,42 ± 0,06	17,64 enflaquecidas	761 ± 148	3,277 ± 291
No aymara	Varones	46,38 ± 8,11**	1,44 ± 0,08	22,23 Normales	877 ± 144	3,574 ± 314
	Damas	34,33 ± 2,52	1,4 ± 0,02	17,33 enflaquecidas	654 ± 157	3,394 ± 80

*p≤0,05 **p≤0,01

Tabla III. Peso, Talla, IMC y VO₂, según sexo de estudiantes aymara y No aymara de Azapa, Chile.

Etnia	Sexo	Peso (Kg)	Talla (mt)	IMC	Distancia (mt)	VO ₂ L/min
Aymara	Varones	52,25 ± 8,46 *	1,49 ± 0,1	23,06 Normales	873 ± 148	3,559 ± 320
	Damas	49 ± 11	1,47 ± 0,03	22,68 normales	800 ± 154	3,353 ± 302
No aymara	Varones	48,9 ± 7,19	1,45 ± 0,09	23,4 Normales	873 ± 155	3,577 ± 339
	Damas	50,3 ± 15,4	1,46 ± 0,07	23,3 Normales	847 ± 138	3,445 ± 272

*p≤0,05

Los resultados de la Tabla IV muestran los parámetros comparativos de las poblaciones de Putre y San Miguel de Azapa según la etnia aymará y el sexo. Los niños y niñas aymará de Putre, presentan peso y talla significativamente menores con respecto a la población aymará de San Miguel de Azapa, lo que se expresa en un IMC con índices de enflaquecidos y enflaquecidas respectivamente.

En la Tabla V se observan los parámetros comparativos de niños y niñas No aymaras entre Putre y San Miguel de Azapa. No existen diferencias significativas en la población masculina en cuanto a peso y talla, con valores de IMC normales. Sin embargo las damas No aymaras de Putre presentan peso y talla significativamente menores que en San Miguel de Azapa, con un IMC bajo lo normal (17,33).

Tabla IV. Peso, Talla, IMC y VO₂, según sexo de los niños aymara de Putre y Azapa, Chile.

Sexo	Lugar	Peso	Talla	IMC
Varones	Putre	35,15 ± 7,7**	1,45 ± 0,06*	17,0 (enflaquecidos)
	Azapa	52,25 ± 8,46	1,49 ± 0,1	23,0 (normales)
Damas	Putre	35,6 ± 6,6**	1,42 ± 0,06*	17,6 (enflaquecidas)
	Azapa	49 ± 8,1	1,47 ± 0,03	22,8 (normales)

*p≤0,05 **p≤0,01

Tabla V. Peso, Talla, IMC y VO₂, según sexo de los niños No-aymara de Putre y Azapa, Chile.

Sexo	Lugar	Peso	Talla	IMC
Varones	Putre	46,3 ± 8,1	1,44 ± 0,08	22,0 (normales)
	Azapa	48,9 ± 7,1	1,45 ± 0,1	23,4 (normales)
Damas	Putre	34,33 ± 2,5*	1,4 ± 0,02*	17,33 (enflaquecidas)
	Azapa	50,3 ± 8,1	1,46 ± 0,07	23,3 (normales)

*p≤0,05

DISCUSIÓN

La altura representa un factor evolutivo de gran importancia por su acción sobre las poblaciones expuestas a ella, donde se conjugan otras condicionantes como hipoxia, amplitud térmica, baja humedad, escaso aporte nutricional y alta radiación solar. El estudio de estas poblaciones por tanto involucra la interacción de todas estas variables. Además no se puede olvidar las condicionantes genéticas donde estos factores medioambientales permitirán la expresión o no de este potencial genético (Bejarano *et al.*).

Valores fisiológicos anormales a nivel del mar son muy frecuentes en la altura en niños sanos y estos valores pueden además variar según la etnia y el grado de exposición a la altura, expresando una adaptación fenotípica, caracterizada por una reducción moderada del crecimiento lineal en los niños (Huicho *et al.*, 2001).

Frisancho *et al.* (1999) encuentran un descenso de la ventilación en relación a la altura comparando respuestas entre niños y adultos en poblaciones tibetanas de altura. Otros autores determinan que la saturación de oxígeno para niños y adultos se altera, pero que esto indicaría una adaptación fisiológica a la altura en el tiempo (Gamponi *et al.*, 1998).

Similares conclusiones con respecto al transporte de oxígeno y espirometría presentan Moore; Rupert & Hochchka y Havryk *et al.* (2002). Finalmente, en los trabajos realizados por Beall se concluye que la expresión de 2 o 3 fenotipos diferentes serían responsables en el contenido de oxígeno arterial, con diferentes modelos evolutivos y adaptativos entre población de altura, sobre todo en la concentración de hemoglobina y la saturación de O₂.

Los resultados de este estudio determinaron que nuestra población infantil andina presenta menores índices de peso y talla, con un IMC bajo lo normal (<20), similares a resultados presentados por otros autores, donde las características biométricas de peso y talla e IMC, fueron más bajas que población en la llanura, con un retraso equivalente a dos años (Obert *et al.*). Weitz *et al.* (2000) encuentra lo mismo en poblaciones tibetanas. Harris *et al.* y Moreno *et al.* al analizar poblaciones tibetanas y andinas respectivamente asocian el retraso en el crecimiento más a factores de desnutrición que a la altitud geográfica per se. Un estudio realizado por Dittmar (1997), determinó que la población de Putre está bien nutrida y sana y que el somatotipo aymará se caracteriza por masa corporal grande

en relación a la altura, con miembros inferiores relativamente cortos. Sin embargo agrega que las diferencias en el crecimiento lineal podría ser atribuido a factores alimentarios con utilización preferencial de hidratos de carbono como combustible metabólico.

Respecto al consumo máximo de oxígeno (VO₂) en nuestra investigación no encontramos diferencias significativas entre las poblaciones en estudio, con valores de entre 3,277 hasta 3,756 litros de O₂ por minuto. Esto indicaría que los niños de Putre expresan una adaptación característica a la altura andina. En población andina Brutsaert *et al.* (2003), observaron que los indígenas quechuas están más adaptados que los aymará a la reducción del consumo máximo de oxígeno.

Las poblaciones residentes en altura en el altiplano chileno viven en un ambiente multiestresante de hipoxia hipobárica, aridez, bajas temperaturas y una relativa pobreza y desnutrición, donde el nivel socio económico o el grado de autoctonía tienen más importancia en el crecimiento infantil y juvenil que la misma altura. Por tanto, en los ambientes de altura no se podría hablar de una morfofisiología única de adaptación. Al analizar el somatotipo y el desarrollo de la actividad física en niños, Silva *et al.* y Keller llegaron a similares conclusiones.

CONCLUSIONES

Las poblaciones de niños y niñas del poblado de Putre (3.500 m de altitud en el altiplano chileno), presentan índices de peso, talla e IMC significativamente más bajos que igual población estudiantil localizada en San Miguel de Azapa (500 m de altitud).

Las niñas y los niños aymará de Putre, presentan peso y talla significativamente menores que las niñas y niños No aymará de Putre. Todos los estudiantes aymará presentan un IMC de enflaquecidos (<20).

Todos los estudiantes que viven en San Miguel de Azapa (500 m de altitud), presentan un IMC de normales. Sin embargo, los niños aymará expresan un peso significativamente más grande que los valores No aymará

La distancia recorrida en metros (Test de 6 minutos de carrera continua) y el consumo máximo de oxígeno expresado en litros por minuto (VO₂), no presentan diferencias significativas según sexo, etnia y localidad de origen de los niños y niñas en estudio, lo que posiblemente reflejaría los mecanismos adaptativos de ellos en Putre, a la altura de los Andes.

ESPINOZA-NAVARRO, O.; VEGA, C.; URRUTIA, A.; MORENO, A. & RODRÍGUEZ, H. Anthropometric patterns and oxygen consumption (VO₂) of school-children Aymara and Non-aymara of 10-12 years, living in high altitude (3500m) and the plain (500 m), from Chile. *Int. J. Morphol.*, 27(4):1313-1318, 2009.

SUMMARY: The objective of this study was to evaluate weight, height, body mass index (BMI) and oxygen consumption (VO₂ max) in a sample of 73 students of 10 to 12 years from Putre to 3500 meters of altitude (n = 31) and San Miguel de Azapa, 500 meters of altitude (n = 42). Subjects were grouped according origin, gender, and aymara and non-aymara ethnic. The results show a significant decrease in anthropometric patterns in children of Putre compared with students from San Miguel de Azapa. Girls and boys Aymara of Putre have a BMI below normal (<20). Boys Aymara from San Miguel de Azapa have a significantly greater weight than boys non-aymara, however all students from San Miguel express a normal BMI. The distance traveled in meters (Test of 6 minutes of continuous running) and maximal oxygen consumption in liters per minute (VO₂), not show significant differences by gender, ethnicity and geographic origin. We conclude that multistressful environment of the high altitude (hypobaric hypoxia, low temperatures and socioeconomic status), would have a major impact on child growth, and maximum oxygen consumption, possibly reflecting adaptive mechanisms of boys and girls from Putre.

KEY WORDS: Aymara; High altitude; VO₂; BMI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beall, C. Andean, Tibetan, and Ethiopian patterns of adaptation to high-altitude hypoxia. *Integ. Comp. Biol.*, 46(1):18-24, 2006.
- Benke, R.; Hütler, M. & Leithäuser, M. Anaerobic performance and metabolism in boy and male adolescents. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 101(6): 671.77, 2007.
- Bejarano, I.; Dipieri, J.; Alfaro, E.; Quispe, Y.; Quero, L.; Abdo, G. & Vazquez, M. Patrones de crecimiento y evaluación nutricional de la población jujeña. *Cuadernos FHYCS-UNJu.*, 22:195-210, 2004.
- Billat, V. L.; Lepretre, P. M.; Heubert, R. P.; Koralsztein, J. P. & Gazeau, FP. Influence of acute moderate hypoxia on time to exhaustion at vVO₂max in acclimatized runners. *Int. J. Sports Med.*, 24:9-14, 2003.

- Brutsaert, T.; Parra, E.; Shriver, M.; Gamboa, A.; Palacios, J.; Rivera, M. *et al.* Spanish genetic admixture is associated with larger O₂ max decrement from sea level to 4,338 m in Peruvian Quechua. *J. Appl. Physiol.*, 95: 519-28, 2003.
- Censo, 2002. *Instituto Nacional de Estadística. Estadísticas sociales de los pueblos indígenas de Chile*. Maval Publicaciones, Santiago-Chile.
- Chia, Y. Aerobic energy contribution to maximal exercise in children. *Biol. Sport.*, 23(2):117-25, 2006.
- Diaz, J. Potencia anaeróbica e capacidade vital de alunos aymará em duas situações geográficas diferentes. *Fit. Perf. J.*, 8(3):164-73, 2009.
- Dittmar, M. Linear growth in weight, stature, sitting height and leg length, and body proportions of aymará school-children living in a hypoxic environment at high altitude in Chile. *Z. Morphol. Anthropol.*, 81(3):333-44, 1997.
- Frisancho, A. R.; Julioa, P.; Barcelona, V.; Kudyba, C.; Amayo, G.; Davenport, G. *et al.* Developmental components of resting ventilation among high-and low-altitude Andean children and adults. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 109(3): 295-301, 1999.
- Gamponi, M. J.; Babaali, H. & Yugar, R.H. Reference values for pulse oximetry at high altitude. *Arch. Dis. Child.*, 78: 461-5, 1998.
- Gobierno de Chile, 2006. http://gobiernodechile.cl/canal_regional/datos_geograficos.as
- Gonzales, G. Oxygen Transport at High Altitude: An Integrated Perspective. *Resp. Physiol. Neurobiol.*, 158(2-3):18-24, 2007.
- Harris, N.; Crawford, P.; Yanzom Y.; Lobsang, P. & Gyaltzen, P. Nutritional and health status of Tibetan children living at high altitudes. *N. Engl. J. Med.*, 344(5):341-7, 2001.
- Havryk, A.; Gilbert, M. & Burgess, K. Spirometry values in Himalayan high altitude residents (Sherpas). *Resp Physiol Neurobiol.*, 132(2):223-32, 2002.
- Huicho, L.; León-Velarde, F.; Rivera-Chira, M.; Pacheco, A.; Muro M. & Silva, J. Oxygen saturation and heart rate in healthy school children and adolescents living at high altitude. *Am. J. Hum. Biol.*, 13(6):761-70, 2001.
- Keller, B. Development of fitness in Children: The influence of gender and physical activity. *Am. J. Lifestyle Med.*, 2: 58-74, 2008.
- Martínez, C.; Silva, H.; Collipal, E. & Carrasco, V. Descripción del somatotipo e IMC en una muestra de adolescentes de colegios municipalizados de la ciudad de Temuco-Chile. *Int. J. Morphol.*, 26(3):653-7, 2008.
- Moore, L. Human genetic adaptation to high altitude. *High Altitude Med. Biol.*, 2(2):257-79, 2001.
- Moreno, S.; Madorran, M.; Bejarano, I. & Dipieri J. Crecimiento longitudinal en poblaciones de altura andinas. ¿Existe un patrón propio de estos ecosistemas?. *Observatorio Medioambiental*, 9:155-69, 2006.
- Niermeyer, S.; Zamudio, S. & Moore, L. *The people in high altitude: An exploration of human adaptation*. Ed. Horbein & Schoane. pp: 43-88. Marcel Dekker Inc. Seattle, Washington-USA.2001.
- Obert, P.; Fellman, N.; Falgairette, G.; Bedu, M.; Van Praagh, E.; Kemper, H.; Post, B. *et al.* The importance of socioeconomic and nutritional conditions rather than altitude on the physical growth of pubertal Andean highland boys. *Ann. Hum. Biol.*, 21(2):145-54, 1994.
- Rupert, J. & Hochachka P. The Evidence for Hereditary Factors Contributing to High Altitude Adaptation in Andean Natives: A Review. *High Altitude Med. Biol.*, 2(2):235-256, 2001.
- Schull, W. J. & Rothhammer. *A multinational Andean genetic and health program: Rationales and design for a study of adaptation to hypoxia of altitude*. In Genetic and Non-Genetic Components of Physiological variability. Ed. J.S. Wiener, SSHB. 17: 139-69. London, 1977.
- Silva, H.; Collipal, E.; Martínez, C. & Bruneau J. Evaluación de los componentes del somatotipo e índice de masa corporal en escolares del sector precordillerano de IX Región, Chile. *Int. J. Morphol.*, 23(2): 195-99, 2005.
- SPSS Inc. Advanced statistic for Windows. Version 14.0 Chicago, USA, 2006.
- Weitz, C. A.; Garruto, R. M.; Chin, C. T.; Liu, J. C.; Liu, R. L. He, X. Growth of Qinghai Tibetans living at three different high altitudes. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 11(1): 69-88, 2000.
- World Health Organization. (WHO). *The use and interpretation of anthropometry*. Technical report series N° 854. Geneva, 1999.
- Dirección para correspondencia:
Prof. Dr. Omar Espinoza-Navarro
Laboratory of Biology of Reproduction and Development
Universidad de Tarapacá
Casilla 7/D
Velásquez 1775
Arica-CHILE
- E mail: oespinoz@uta.cl

Recibido : 31-08-2009
Aceptado: 27-10-2009