

Crecimiento longitudinal en poblaciones de altura andinas. ¿Existe un patrón propio de estos ecosistemas?

Susana MORENO ROMERO¹, María Dolores MADORRÁN SERRANO¹,
Ignacio BEJARANO² y José E. DIPIERRI²

¹Dpto. de Zoología y Antropología Física. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid. España

²Instituto de Biología de la Altura. Universidad Nacional de Jujuy. Argentina
junrub@telefonica.net

Recibido: 22 de febrero de 2006

Aceptado: 6 de marzo de 2006

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es comprobar si el patrón de crecimiento clásicamente descrito para las poblaciones andinas de altura es igualmente aplicable a todas ellas. Se analiza la estatura y el modelo de crecimiento longitudinal en escolares entre 6 y 18 años pertenecientes a tres grupos humanos de la provincia de Jujuy, situada en el extremo noroccidental argentino. Uno de Susques (3675 m.s.n.m.) y dos de San Salvador de Jujuy (1250m.s.n.m.), capital de la provincia, que difieren en nivel socioeconómico y composición genética. Así mismo se comparan estas poblaciones con otras de países vecinos. Los resultados muestran que el nivel socioeconómico o grado de autoctonía tienen más importancia relativa como determinantes del crecimiento infantil y juvenil que la altitud geográfica *per sé*. En consecuencia, no parece apropiado hablar de una morfofisiología específica para las poblaciones humanas de altitud elevada.

Palabras clave:

Longitudinal growth in Andean high-altitude populations.
Is there a specific pattern for these ecosystems?

ABSTRACT

The objective of the present study is to verify if the classical growth pattern described for Andean high-altitude populations is equally applicable to all of them. Stature and longitudinal growth pattern is analyzed in scholars between 6 and 18 years old belonging to three human groups of the province of Jujuy, located in the Argentine noroccidental furthest end. One of these groups is Susques (3675 m.s.n.m.) and the other two, ubicated in San Salvador de Jujuy (1250m.s.n.m.), differs in socioeconomic level and genetic background. These populations are also compared with neighboring countries other ones. The results show that socioeconomic level or autochthony degree has more relative importance than geographic altitude *per sé* as childhood and youth growth determinants. Consequently, it does'nt seem appropriate to talk about a specific high altitude peoples morphophysiology.

Keywords:

SUMARIO: 1. Introducción. 2. Material y métodos. 3. Resultados. 4. Discusión. 5. Conclusiones. 6. Bibliografía.

1. INTRODUCCIÓN

Las regiones de altitud elevada se asocian habitualmente a una climatología extrema de bajas temperaturas, escasa humedad relativa, alta radiación solar e hipoxia derivada de la baja presión atmosférica (Frisancho 1981). La severidad de dichas condiciones, unida al relieve propio de estas zonas, determina a su vez un importante grado de aislamiento poblacional y escasos recursos disponibles. En consecuencia, los asentamientos humanos de los ecosistemas de altura son por lo general de tipo rural y su economía precaria o de subsistencia, basada en la agricultura y ganadería. Estas poblaciones han experimentado históricamente escasa movilidad y, por tanto, son altamente endógamas, poco mestizadas y mantienen un fuerte componente genético autóctono en comparación a otros grupos geográficamente próximos pero ubicados a menor altitud (Demarchi *et al.* 2000; Dipierri *et al.* 1999 y 2000).

Algunas investigaciones han apuntado que ciertas características antropobiológicas son específicas de los medios de gran altitud considerando que tendrían relación con procesos de adaptabilidad a un ambiente extremo. Concretamente, en la región de los Andes, se ha descrito que los individuos que han nacido y se han desarrollado en zonas de altitud elevada suelen presentar bajo peso al nacimiento así como un crecimiento lento y prolongado que se traduce en un menor tamaño corporal en la edad adulta. Fenómenos como el estirón puberal, la maduración ósea y sexual parecen estar igualmente retrasados frente a las pautas de desarrollo general (Frisancho y Baker 1970; Hoff 1974; Beall *et al.* 1977; Frisancho 1978; Mueller *et al.* 1978; Stinson 1980; Beall 1981; Ocampo *et al.* 1986; Frisancho 1993; Leonard *et al.* 1995; Moreno-Romero *et al.* 2003; Lomaglio *et al.* 2005.) Algunos autores otorgan a la hipoxia un papel de primer orden en la determinación de este comentado patrón auxológico (Schutte *et al.* 1983), mientras que otros dan mayor importancia a los factores de tipo energético-nutricional (Greksa *et al.* 1984; Freyre & Ortiz 1988; Leonard *et al.* 1990; De Meer *et al.* 1993; Leatherman *et al.* 1995).

Ahora bien, a una misma cota altitudinal, las condiciones geoclimáticas o el grado de aislamiento pueden variar considerablemente en función de la latitud, longitud y ubicación concreta de la región considerada. De la misma forma, difieren las peculiaridades demográficas, socioeconómicas o el nivel de heterosis y, en este sentido, conforme han proliferado los estudios sobre crecimiento en poblaciones de altura, se ha puesto de manifiesto que la pluralidad genética y ambiental en estos lugares dificulta la asociación de las características somáticas con un factor concreto (De Meer *et al.* 1993; Leatherman *et al.* 1995). Téngase en cuenta que en la cor-

dillera de los Andes viven hoy en día, por encima de los 2000 m.s.n.m., nada menos que 14 millones de personas, que pertenecen a un gran número de comunidades que, lógicamente, no pueden ser homogéneas desde el punto de vista étnico o sociocultural.

La pregunta que cabe hacerse es si el modelo auxológico tradicionalmente descrito es común para todas ellas o dicho de otro modo, si podemos seguir hablando de las poblaciones de altura como una entidad con un patrón específico que necesariamente desemboca en una morfofisiología concreta. Nuestro objetivo en el presente trabajo es esclarecer esta cuestión a partir de un estudio de crecimiento llevado a cabo en tres comunidades argentinas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Las comunidades analizadas se encuentran en la provincia de Jujuy, situada en el extremo noroccidental de la República Argentina e integrada en la denominada área andina meridional. Jujuy posee una orografía que hace de ella una región de grandes contrastes y un marcado gradiente altitudinal —desde los 4000 hasta los 360 m.s.n.m.— en función del cual la provincia se divide en cuatro regiones geográficas con características ecológicas y socioeconómicas claramente diferenciadas que incluyen desde el altiplano andino hasta las selvas subtropicales de montaña o Yungas (figura 1). De mayor a menor altitud estas son la región de la Puna con una

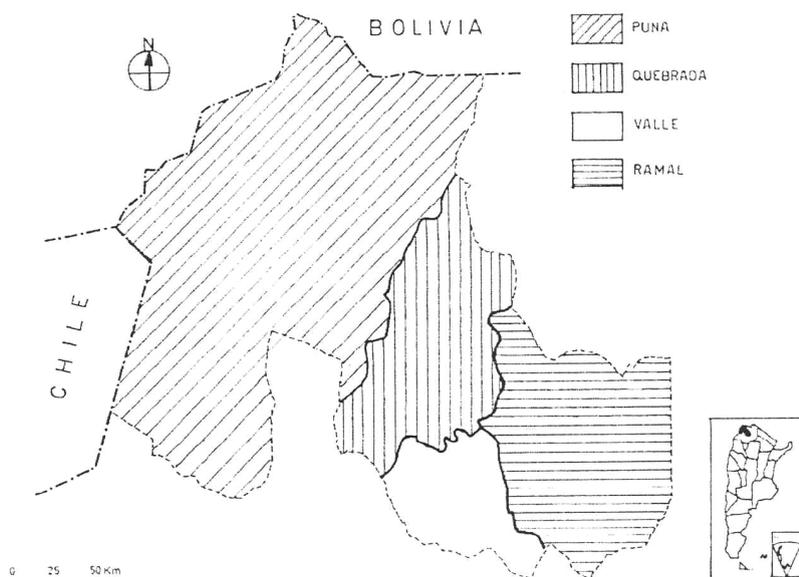


Figura 1. Situación y divisiones fisiográficas de la provincia de Jujuy.

altitud media de 3500 m.s.n.m., la Quebrada con 2500 m.s.n.m., los Valles (1500 m.s.n.m.) y en último lugar la región del Ramal (500 m.s.n.m.).

La población de altura estudiada corresponde a la localidad de Susques, capital del departamento con el mismo nombre por la que pasa el trópico de capricornio y que se sitúa a 3675 m.s.n.m. Susques se halla en la puna desértica andina de los salares, zona que forma parte de la segunda meseta más alta del mundo después del Tibet. Como poblaciones de menor nivel altitudinal se estudiaron dos muestras de distinto nivel socioeconómico de la capital de la provincia, San Salvador de Jujuy situada en la región de los valles a 1259 m.s.n.m.

La diferencia de altitud entra Susques (S) y San Salvador de Jujuy (S.S.J.), determina importantes diferencias climáticas que atañen a la presión atmosférica (S: 652mm Hg; S.S.J.: 869mm Hg.), a la humedad relativa (S: 47%; S.S.J.: 74%), precipitaciones (media anual = S: 190mm; S.S.J.: 861mm) y temperatura (media de mínimas del mes más frío = S: -13°C ; S.S.J.: $4,2^{\circ}\text{C}$), siendo la amplitud térmica diaria una de las variables que mejor indican lo extremo de este ecosistema de altura— S: $20,6^{\circ}\text{C}$ (30); S.S.J.: $13,1^{\circ}\text{C}$ - (Buitrago 2000).

Ambas localidades difieren además en el grado de urbanización lo cual acentúa el contraste en la disponibilidad de recursos y en las características socioeconómicas de ambos medios. Aun siendo la capital del departamento Susques tenía en 2001 poco más de 1100 habitantes (1140) frente a los 233.754 de San Salvador de Jujuy (INDEC 2001).

Susques ha estado sometida a un importante grado de aislamiento hasta hace poco más de 15 años cuando se inauguró el Paso de Jama que constituye la única vía de paso entre el NOA y Chile. Sin embargo, aún con parte de esta carretera ya asfaltada, la mala calidad y dificultad de algunos tramos hacen que la comunicación entre ambas ciudades sea relativamente escasa. Mayoritariamente la economía es de subsistencia, basada principalmente en la cría de llamas.

La comentada construcción del Paso de Jama y el establecimiento de las funciones y gendarmería y Aduana en Susques fomentó otras alternativas laborales ante las cuales muchos susqueños abandonaron su actividad económica tradicional. Sin embargo, el carácter temporal de gran parte de los nuevos empleos ha originado una importante tasa de paro, agudizada por la crisis económica argentina 2001-2002. Las viviendas construidas de adobe son bastante precarias. Los servicios básicos son de reciente aparición y deficientes. Por lo que respecta a la atención sanitaria solo existe un Puesto de Salud con cuatro médicos para más de 9200 Km².

Aunque Jujuy es la provincia más pobre de las que constituyen la región económica del Noroeste argentino y por tanto del país, su capital San Salvador de Jujuy es una urbe pujante, con una economía dinámica y diversificada, que concentra la mayor actividad laboral de la provincia. Dispone de aeropuerto nacional y comunicación terrestre nacional e internacional a través de múltiples vías y es ciudad de paso de una de las principales vías del MERCOSUR. La cobertura sanitaria es adecuada, existiendo diversos hospitales públicos.

La muestra analizada en Susques consta de 435 escolares entre 6 y 19 años, que constituyen la casi totalidad de los asistentes a las dos únicas escuelas de la locali-

dad. En San Salvador de Jujuy, como muestra de nivel socioeconómico bajo se midieron 1324 escolares con edades comprendidas entre 6 y 18 años del colegio Divino Redentor, situado en el barrio periférico de Alto Comedero. Aproximadamente el 40% de las familias del barrio presenta necesidades básicas insatisfechas, y han sido objeto de varios programas de nutrición y atención materno-infantil. La muestra de nivel socioeconómico alto, de 396 sujetos entre 6 y 15 años de edad, está constituida por la práctica totalidad de alumnos del Complejo Educativo José Hernández, uno de los dos únicos colegios privados de la capital.

Del amplio número de variables antropométricas evaluadas, se analiza aquí la estatura que fue tomada siguiendo las recomendaciones del IBP (Weiner y Lourie 1991). Se halló el tamaño muestral, la media y desviación estándar por muestra analizada, sexo y edad. Los grupos etarios se establecieron a partir de la edad decimal. Se realizaron las comparaciones a posteriori LSD del Análisis de varianza para determinar el grado de significación estadística de los cambios ontogénicos, del dimorfismo sexual y de las diferencias interpoblacionales. Se aplicó el análisis de la covarianza para determinar la significación estadística de las diferencias interpoblacionales controlando el efecto de la edad. Los procedimientos estadísticos descritos se efectuaron mediante el programa Statistica (StatSoft 2001).

Se ha comparado la estatura de las muestras analizadas con poblaciones de países vecinos que difieren en nivel altitudinal o estrato socioeconómico que fueron medidas en la segunda mitad de la década de los años 60 o posteriores y que se describen seguidamente:

- Greksa *et al.* (1985). Muestra de nivel socioeconómico alto de La Paz (3600 m.s.n.m.). Ancestros europeos si bien el 85% de los progenitores de los escolares medidos nacieron en Bolivia.
- Greksa *et al.* (1984). Muestra de la periferia urbana de La Paz (3600 m.s.n.m.) de nivel socioeconómico bajo. El 13% de los escolares medidos tenían los dos apellidos Aymara, 60% españoles y un 30% mestizos.
- Gonzales *et al.* (1982). Muestra de nivel socioeconómico bajo, mayoritariamente indígena, de la localidad de Puno (3825m.s.n.m.), al sur de Perú.
- Leatherman *et al.* (1995). Población del distrito de Nuñoa, medida entre 1983-84.
- Frisancho y Baker (1970). Población del distrito de Nuñoa (4000-5500 m.s.n.m.; sur de Perú), medida entre 1964-66. Quechua (95%) y mestiza (5%).
- Frisancho *et al.* (1975). Población de la localidad de Pamashto (980m.s.n.m.), San Martín, Perú. Hablantes Quechua.

3. RESULTADOS

En la tabla 1 se muestra la media y desviación estándar de la estatura para cada muestra analizada, sexo y edad. Las niñas y niños del José Hernández son significativamente más altos que los del resto de colegios a todas las edades consideradas,

es decir entre los 6 y 15 años. Solo las chicas de 13 años y los chicos de 15 no presentan diferencias significativas con los del Divino Redentor. Éstos, a su vez, tienden a ser ligeramente más altos que los niños de la Puna, aunque de forma estadísticamente significativa solo en los varones de 7, 8, 9, 11 y más de 18 años, y en las mujeres de 9, 10 y 13 años. Las diferencias entre Susques y el Divino Redentor disminuyen a los 11 y 12 años en las niñas y entre los 12 y 14 en los niños. Alrededor de la etapa puberal también tienden a reducirse las distancias entre el José Hernández y el resto de colegios.

Tabla 1. Media y desviación estándar de la estatura en cada población, sexo y grupo etario.

| Edad | Susques 3675m | | | | S.S.Jujuy 1250m | | | | | | | |
|------|---------------|------|--------|------|-----------------|------|--------|------|----------------|------|--------|------|
| | | | | | Divino Redentor | | | | José Hernández | | | |
| | ♀ | | ♂ | | ♀ | | ♂ | | ♀ | | ♂ | |
| | x | d.e. | x | d.e. | x | d.e. | x | d.e. | x | d.e. | x | d.e. |
| 6 | 112,55 | 4,03 | 111,36 | 4,19 | 113,92 | 4,11 | 115,03 | 4,55 | | | 122,03 | 6,67 |
| 7 | 114,99 | 4,92 | 114,16 | 4,78 | 117,60 | 4,89 | 119,11 | 4,77 | 121,87 | 4,85 | 123,26 | 4,93 |
| 8 | 119,16 | 4,51 | 119,53 | 5,25 | 121,58 | 6,39 | 124,29 | 4,92 | 127,68 | 5,71 | 128,31 | 6,55 |
| 9 | 124,02 | 3,59 | 123,77 | 4,62 | 127,62 | 5,83 | 129,66 | 5,65 | 133,93 | 5,49 | 135,38 | 6,60 |
| 10 | 129,05 | 4,68 | 130,26 | 4,74 | 132,72 | 7,08 | 133,09 | 5,72 | 141,12 | 5,50 | 136,26 | 5,84 |
| 11 | 137,50 | 4,02 | 134,48 | 3,45 | 140,15 | 8,55 | 139,05 | 6,70 | 145,09 | 6,02 | 143,25 | 7,33 |
| 12 | 144,48 | 4,19 | 140,94 | 6,50 | 145,43 | 6,51 | 140,87 | 6,22 | 149,52 | 4,92 | 147,95 | 6,77 |
| 13 | 147,66 | 5,50 | 150,47 | 7,42 | 150,81 | 6,83 | 150,26 | 7,54 | 153,30 | 5,67 | 156,88 | 8,57 |
| 14 | 150,42 | 5,20 | 156,44 | 6,04 | 153,01 | 5,58 | 157,26 | 7,01 | 158,08 | 6,63 | 161,17 | 7,41 |
| 15 | 152,21 | 4,79 | 160,70 | 8,10 | 155,35 | 6,01 | 163,21 | 6,20 | 160,98 | 4,78 | 164,99 | 7,93 |
| 16 | 151,26 | 3,39 | 163,85 | 3,17 | 154,22 | 5,58 | 166,97 | 6,61 | | | | |
| 17 | 153,94 | 3,62 | 164,67 | 6,26 | 157,18 | 6,31 | 168,45 | 5,12 | | | | |
| +18 | 154,51 | 3,92 | 163,31 | 4,78 | 155,37 | 4,78 | 171,43 | 7,09 | | | | |

Los resultados del análisis de la varianza de dos vías realizado en cada sexo muestran que tanto las características de la población, integradas en el factor colegio, como lógicamente la edad influye significativamente en la estatura. Sin embargo, en líneas generales el patrón de crecimiento de cada sexo no difiere significativamente en las tres muestras, como indica la F de Fisher asociada a la interacción colegioXedad. Por otro lado este estadístico resultó ser mayor en los varones que en las mujeres reflejando una mayor semejanza entre estas últimas.

En el sexo femenino el estirón puberal se produce a la misma edad en las series de Susques y Divino Redentor —entre los 10 y 11 años— y un año antes en las niñas del JH. Por el contrario, las tres series masculinas experimentan el pico máximo de velocidad de crecimiento en el mismo intervalo etario —entre los 12 y 13 años—. La magnitud de dicho estirón es similar en los varones de Susques y DR y ligeramente inferior en los del JH. En el sexo femenino, la serie del altiplano presenta un máximo de velocidad puberal de mayor intensidad que las de la capital. En las series masculinas, el aumento de la talla total en el altiplano tiende a detenerse uno o dos años antes, como mínimo, que en la periferia urbana. No existen diferen-

cias entre las series femeninas de S y DR en cuanto a la edad a partir de la cual el crecimiento longitudinal se detiene o hace inapreciable (15 años). No se dispone de esta información para la población del JH, la cual aún presenta incrementos en el último grupo de edad analizado.

Entre los 7 y 15 años el incremento de estatura en las niñas fue similar en la Puna (37.22 cm) y Divino Redentor (37.75 cm) y ligeramente superior en el José Hernández (39.11 cm). En todas las poblaciones el aumento en centímetros de los varones fue superior al experimentado por las mujeres, siendo la diferencia mayor en Susques, seguido del Divino Redentor y por último el José Hernández con poco más de 2.5 cm. Este mismo orden en sentido decreciente es el que siguen los incrementos en las serie masculinas, 46.54, 44.1 y 41.73 cm respectivamente. Por el contrario, a partir de los 15 años los varones del Divino Redentor aumentan su estatura más del doble que sus congéneres de Susques, de manera que cuando consideramos el intervalo de edad entre los 6 y 18 años el crecimiento de los varones del Divino Redentor es superior que el de Susques, mientras el de las mujeres se mantiene más o menos similar.

No se ha encontrado ninguna relación directa entre el crecimiento experimentado en periodo ontogénico estudiado y el número de incrementos anuales significativos o periodo de crecimiento relativamente rápido, la edad o magnitud del estirón puberal, o la edad de detención del crecimiento. La serie que más crece en las edades consideradas en el estudio es la que en definitiva presenta velocidades relativamente más altas durante más tiempo, en ocasiones por experimentar varios picos de altas velocidades, por mayores velocidades prepuberales, por presentar un estirón puberal más retrasado o por la combinación de varios parámetros, entre otros. Sí se observa cierta tendencia a que la serie que más crece es la que presenta una menor deceleración de la velocidad de crecimiento tras el estirón puberal y por tanto velocidades postpuberales relativamente altas durante más tiempo. Esta cuestión explica sobre todo las diferencias encontradas en el sexo masculino de Susques y DR.

El dimorfismo sexual intrapoblacional con relación a la estatura resulta estadísticamente significativo a favor de las mujeres a los 10 años en la población del JH y a los 12 en Susques y DR. También en estas dos poblaciones la edad a la que los chicos comienzan a ser significativamente más altos es la misma, en concreto 14 años.

En las figuras 2 y 3 se compara la estatura de los grupos jujeños analizados en el presente trabajo, series masculinas y femeninas respectivamente, frente a otras poblaciones andinas. Con relación a éstas los escolares de Susques tienden a presentar más estatura que la mayoría de grupos residentes en altitudes similares. Solo los escolares de nivel socioeconómico alto de La Paz, descendientes de europeos (Greksa *et al.* 1985) tienen mayor talla que los susqueños. Entre las poblaciones andinas comparadas, la estatura de los escolares de Susques muestra una mayor similitud con la observada en la población Aymara periférica de La Paz (Greksa *et al.* 1984). En promedio, se sitúa en un punto intermedio entre la población rural quechua de Nuñoa, ubicada entre los 4000 y 5500 m.s.n.m. al sur de Perú, que fue medida por Frisancho y Baker (1970) a mediados de la década de los 60, que mues-

tra la talla más baja, y los escolares de nivel socioeconómico alto de La Paz (3600 m) descendientes de europeos (Greksa *et al.* 1985), que son los más altos.

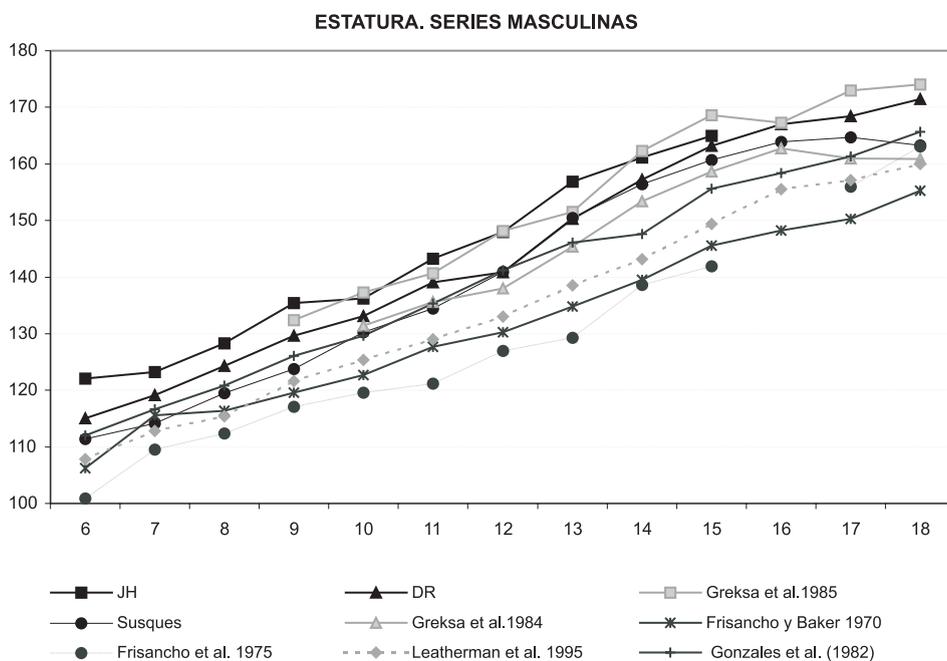


Figura 2. Estatura para edad en poblaciones de Argentina, Bolivia y Perú que difieren en nivel altitudinal. Series masculinas.

Las diferencias entre Susques y cada una de las comunidades con las que se compara varían notablemente en función del sexo pero, sobre todo, de la edad. Todas las poblaciones de altitud elevada contrastadas, salvo la serie de la Paz mejor situada socioeconómicamente y con composición genética mayoritariamente caucásica (Greksa *et al.* 1985), tienen una estatura similar en las primeras edades consideradas y se diferencian unas de otras en la etapa puberal. Posteriormente, en edades próximas a la paralización del crecimiento, tales diferencias se reducen en mayor o menor medida dependiendo de la población. El modelo de crecimiento de Susques guarda más similitud con el observado por Greksa *et al.* (1984) en la comunidad residente en la periferia de la Paz y muestra mayor discrepancia con el obtenido en los distritos de Nuñoa, sur de Perú (Frisancho y Baker 1970).

En las primeras edades, desde los 6 hasta los 10 años, las diferencias interpopulacionales tienden a ser menores, e incluso los niños y niñas de Susques presentan estaturas más bajas —de hasta 4.2 cm—, en relación con algunos grupos (Frisancho y Baker 1970; Gonzales *et al.* 1982; Greksa *et al.* 1984; 1985). Las máximas

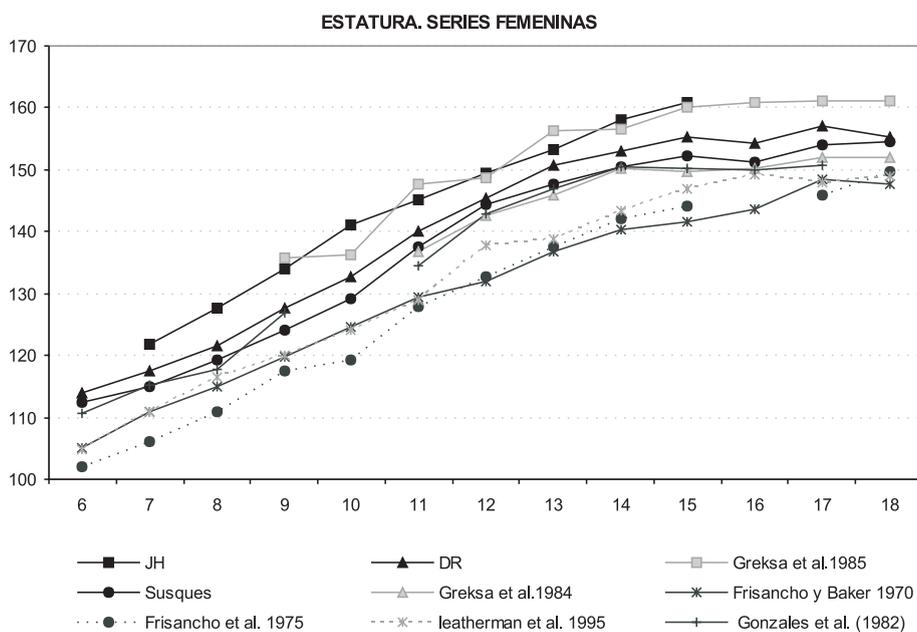


Figura 3. Estatura para edad en poblaciones de Argentina, Bolivia y Perú que difieren en nivel altitudinal. Series femeninas.

discrepancias, siempre a favor de Susques se observan, en la práctica totalidad de los casos, en las edades peripuberales —entre los 11 y 13 años en las series femeninas y entre los 13 y 15 en las masculinas— y oscilan entre 2.6 y 17 cm, respecto a la población femenina Aymara residente en la periferia de La Paz, 3600 m.s.n.m. (Greksa *et al.* 1984) y a la comunidad escolar masculina del distrito de Nuñoa, en altitudes que oscilan entre los 4000 y 5500 m.s.n.m., al sur de Perú (Frisancho y Baker 1970), respectivamente. En la última clase de edad analizada la estatura de Susques y el resto de grupos comparados vuelve a aproximarse, y las diferencias se reducen hasta situarse entre 1.3 y 8 cm. La variabilidad que muestran las diferencias en función de la edad es, en general, más acentuada en el sexo masculino, al igual que las discrepancias máximas.

Por el contrario, respecto a la muestra de nivel socioeconómico alto de la Paz (Greksa *et al.* 1985) las discrepancias —con un promedio de 7cm— son máximas en las primeras o últimas edades y mínimas en las edades puberales, —12 años en las chicas y un año después en los chicos—. Al igual que en las comparaciones anteriores, el modelo de crecimiento de ambos grupos difiere más en el sexo masculino aunque las diferencias de estatura son más acentuadas en el sexo femenino.

4. DISCUSIÓN

Previo a la discusión de los resultados es necesario realizar una consideración acerca de las limitaciones que implica el carácter transversal de la muestra. En ocasiones, las modificaciones morfofisiológicas dependientes del sexo, la edad o el estado de maduración del individuo, pueden confundirse con sesgos producidos por la distinta composición de las submuestras que representan al grupo etario, o bien con efectos diferenciales causados por distintas condiciones ambientales en las que cada clase de edad ha nacido y se ha desarrollado. Además, la fiabilidad de los resultados disminuye con el tamaño muestral, así como en las edades que corresponden al final del crecimiento. Lo mismo puede decirse para poblaciones cuyas características, de diversa índole, hayan variado de forma notable durante los años que abarca el estudio a través de los grupos de edad analizados. En ocasiones, dichos fenómenos son complicados de identificar y tienen más probabilidades de manifestarse cuando se incluyen amplios intervalos de edad, como es el caso que nos ocupa.

Los resultados del presente trabajo rompen en cierta medida con el modelo general del crecimiento en grupos andinos. Si bien los escolares de Susques (3675 m.s.n.m.) presentan cierta tendencia a ser más bajos y pesar menos que los del Divino Redentor, situados en la periferia de la capital jujeña (1250 m.s.n.m.), las diferencias son pequeñas, varían con la edad y solo resultan significativas en ciertos grupos etarios. De hecho, el análisis de la covarianza para la talla indica que las discrepancias encontradas entre estas dos poblaciones se deben a una dinámica de crecimiento diferente.

Tampoco se aprecian diferencias entre la población del altiplano y la del Valle de nivel socioeconómico bajo (DR) para la intensidad y edad del estirón puberal o la aparición del dimorfismo sexual para la talla. En el sexo femenino, el incremento longitudinal experimentado durante el periodo estudiado —entre los 6 y 18 años— es similar en ambas series y las diferencias en las últimas clases de edad no resultan significativas. Aunque en el caso de los varones, la serie de mayor altitud sí es significativamente más baja en el último grupo etario que la de la periferia urbana, la velocidad de crecimiento hasta los 15 años es incluso superior en los chicos de la Puna. Con las reservas que implica el carácter transversal de este estudio detalladas anteriormente es probable que, al menos en los varones, la estatura adulta en Susques sea inferior a la de los habitantes de nivel socioeconómico bajo de San Salvador (DR). Sin embargo, este relativamente menor crecimiento longitudinal en la población de mayor altitud se debe a un periodo de crecimiento rápido más prolongado en la población periférica urbana de menor altitud (DR) que muestra velocidades de crecimiento postpuberales más altas o bien diferencias previas a los 6 años.

Los resultados acerca de la caracterización genética y socioeconómica de los grupos analizados en el presente trabajo reflejan que cada muestra representa un conjunto particular de factores geoclimáticos, socioeconómicos y genéticos. Aunque cada uno de ellos puede ejercer, de forma independiente, un efecto concreto sobre los rasgos antropométricos considerados, lo observable es el resultado de la suma e interacción de todos en conjunto así como de aquellos otros elementos que

se derivan de los anteriores, como la nutrición, la actividad física, la situación patológico-sanitaria o el entorno psicosocial, entre otros. Por otra parte, ciertas variables se encuentran frecuentemente asociadas entre sí, de modo que, por ejemplo, a mayor altitud geográfica corresponde, en líneas generales, un nivel socioeconómico menor y mayor grado de ruralidad y autoctonía. Por tal motivo, resulta complicado determinar la forma y cantidad en la que cada factor por separado influye en el crecimiento y morfofisiología del individuo o de la población. Llegados a este punto resulta más apropiado preguntarse y establecer cual es la respuesta biológica frente al ecosistema en su conjunto.

Estos resultados apuntan a que las características ambientales específicas de los ecosistemas de altura, como el estrés climático —hipóxico o térmico—, no son las principales responsables de las diferencias encontradas en el crecimiento de las poblaciones asentadas a distintos niveles altitudinales. El nivel socioeconómico y composición genética de la muestra parecen, a priori, factores con una mayor influencia relativa en el crecimiento longitudinal —concretamente por lo que se refiere al segmento inferior—, como demuestran las diferencias significativas encontradas entre la población urbana de nivel socioeconómico alto y menor grado de etnicidad (José Hernández) y el resto de muestras analizadas, independientemente del nivel altitudinal y grado de urbanización en el que se desarrollen.

Esta idea cobra más fuerza cuando al comparar el crecimiento longitudinal de Susques con el de otras poblaciones ubicadas entre los 3280 y los 5500 m.s.n.m. de Perú y Bolivia tanto rurales como urbanas, Aymaras o Quechuas con un heterogéneo grado de mestizaje (Frisancho y Baker 1970; Frisancho *et al.* 1975; Gonzales *et al.* 1982; Greksa *et al.* 1984; Greksa *et al.* 1985; Leatherman *et al.* 1995), se comprueba que la estatura no sigue un patrón altitudinal.

Con base a estos resultados, puede decirse que la dinámica de crecimiento de la población escolar susqueña durante el periodo de edad analizado en el presente trabajo, difiere del observado en otras poblaciones de altura andinas, especialmente en el sexo masculino y respecto a aquellas comunidades más alejadas geográfica, genética y/o socioeconómicamente y/o medidas hace más tiempo (Frisancho y Baker 1970; Frisancho *et al.* 1975; Greksa *et al.* 1985). La variación ontogénica de las discrepancias parece indicar que el modelo de crecimiento longitudinal en Susques se encuentra adelantado, sobre todo en los varones.

Aunque la diferencia en el nivel altitudinal de las series aquí confrontadas pueda ejercer, directa o indirectamente, algún efecto en el crecimiento longitudinal, lo cierto es que no es suficiente para explicar las discrepancias encontradas en la talla, la cual no sigue un patrón altitudinal. Por tanto, la gran variabilidad observada responde a otros factores que pueden variar en el tiempo y en el espacio de forma independiente a la cota altitudinal. Además del pool génico, el grado de aislamiento y microclima propio de la población —determinado por su situación geográfica concreta—, el nivel socioeconómico o el grado de urbanización son algunas de estas variables, las cuales a su vez, condicionan otras como el acceso a los recursos alimenticios, sanitarios, educativos, laborales, o de infraestructura, etc., o el tipo e intensidad de la actividad física diaria, entres otros.

Por lo que respecta a la población de Susques analizada en este trabajo, los resultados fundamentados en el análisis de los apellidos reflejan que se trata de una comunidad con un importante grado de aislamiento y endogamia y una escasa variabilidad genética. Aunque el grado de etnicidad, establecido a partir de la frecuencia de apellidos autóctonos, no alcanza el 15%, la mayor parte del componente foráneo de la población se introdujo en la época colonial y por tanto ha permanecido en esta región durante generaciones. En la actualidad, la escasa exogamia observada procede principalmente del mismo departamento o de otros integrantes de la Puna jujeña, apenas apreciándose individuos de otras regiones jujeñas, provincias o países, en todo caso limítrofes.

Aunque durante el siglo XX se han producido cambios como la construcción de la escuela en 1907, las instalaciones eléctricas y de comunicación o el establecimiento del Puesto de Salud a mediados de los 80, no es hasta 1991 cuando se inaugura el paso de Jama responsable del gran cambio que ha experimentado esta población. La construcción de esta parte del corredor transoceánico, así como el establecimiento en Susques de la Aduana y Gendarmería Nacional ha supuesto la ruptura del aislamiento característico de esta región y ha tenido importantes implicaciones en la base de la economía de esta localidad y en el acceso a diversos recursos, por ejemplo de tipo alimentario.

Probablemente, esta transformación ocurrida en los últimos 20 años está relacionada con el adelantamiento relativo que caracteriza el crecimiento de los escolares de Susques así como en su estatura media, de las más altas entre las poblaciones de altura andinas. Aunque no existe una base de datos suficientemente consistente para comprobar si se han producido cambios seculares en el crecimiento de los susqueños, se dispone de una pequeña muestra (n=51) de habitantes de Susques de principios del siglo XX (Boman 1992). El contraste con esta serie pone de relieve que la talla de los jóvenes entre 14 y 19 años medidos a principios del siglo pasado era inferior a la media actual, aunque no se aprecian diferencias entre los adultos de esta serie histórica y la última clase de edad aquí considerada.

Resultados similares se han obtenido en poblaciones rurales o urbanas del sur de los Andes peruanos, donde, en 20 o 35 años, se han observado cambios seculares que se manifiestan durante la adolescencia e implican un adelantamiento de la pubertad pero que no se aprecian de forma significativa en adultos (Gonzales *et al.* 1982 y Leatherman *et al.* 1995). Como posible explicación se ha propuesto una paralización más temprana del crecimiento, también observada en el presente trabajo. Sin embargo, dado que se trata de un estudio de carácter transversal no puede descartarse la posibilidad de que la población susqueña actual siga creciendo, aunque lentamente, más allá de los 18 años, cuyas consecuencias en el tamaño final desconocemos.

Por otra parte, también es altamente probable que, dado que los cambios en las condiciones de vida de los susqueños son muy recientes, las consecuencias que puedan tener en el crecimiento longitudinal no se reflejen en los jóvenes de 18 años medidos en la actual investigación, nacidos antes de 1984. Gonzales *et al.* (1984) sí observaron crecimiento secular en varones de 18 años de Huancayo (3280m.s.n.m.,

Andes centrales de Perú), al contemplar un periodo de 40 años de cambios que afectaron tanto al nivel de vida como al grado de mestizaje de la población.

5. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio, rompen en cierta medida con el modelo general de crecimiento longitudinal descrito para poblaciones andinas. Por tanto, el efecto de variables de tipo socioeconómico o genético en el crecimiento predominan sobre el posible efecto de la hipoxia altitudinal u otros factores propios de regiones de altitud elevada. La influencia de tales factores de tipo genético o socioeconómico se manifiesta en mayor medida en edades anteriores al periodo analizado si bien no se descartan diferencias en el crecimiento pospuberal.

Por tanto, al menos en la actualidad, las poblaciones de altura no deben considerarse *per sé* un grupo definido por unas características físicas o un modelo de crecimiento concreto. Otras variables, no necesariamente asociadas o específicas de regiones de altitud elevada, son responsables de la gran variabilidad encontrada en las distintas comunidades andinas así como en la similitud entre poblaciones asentadas en distintos niveles altitudinales.

La altitud geográfica se encuentra generalmente asociada a escasos recursos ecológicos bajo nivel socioeconómico, medio rural y un importante grado de aislamiento que determina a su vez un menor grado de variabilidad genética, mayor endogamia y grado de etnicidad. Esta frecuente combinación de factores ha facilitado la confusión de variables a la hora de atribuir las características físicas de las poblaciones de altura exclusivamente al medio físico en el que habitan, particularmente a la hipoxia.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BEALL, C. M. (1981): Optimal birthweights in Peruvian populations at high and low altitudes, en: *Am. J. Phys. Anthropol.*, 56: 209-216.
- BEALL, C. M.; BAKER, P. T.; BAKER, T. S. y HAAS, J. D. (1977): The effects of high altitude on adolescent growth in southern Peruvian Amerindians, en: *Hum. Biol.*, 49: 109-24.
- BOMAN, E. (1992): *Antigüedades de la región Andina de la República Argentina y del desierto de Atacama. Tomos I y II*. Ed. Universidad Nacional de Jujuy (UNJU), Jujuy.
- BUITRAGO, L. G. (2000): *El clima de la provincia de Jujuy*. Editorial Universidad Nacional de Jujuy, Jujuy, Argentina.
- DE MEER, K.; BERGMAN, R.; KUSNER, J. S. y VOORHOEVE, H. W. A. (1993): Differences in physical growth of Aymara and Quechua children living at high altitude in Peru, en: *Am. J. Phys. Anthropol.*, 90: 59-75.
- DEMARCHI, D.; CLARIA, D.; DIPIERRI, J. E. y GARDENAL, C. (2000): Genetic structure of native Andean populations from Argentina inhabiting different altitudes, en: *Hum. Biol.* 72: 519-25.

- DIPIERRI, J. E.; ALFARO, E. y BEJARANO, I. (1999): Surnames, ABO system and miscegenation in highlands population of province of Jujuy (Northwest Argentine), en: *HOMO*, 50, 1: 14-20.
- DIPIERRI, J. E.; ALFARO, E.; PEÑA, J. A.; JACQUES, C. y DUGOUJON, J. M. (2000): GM, KM inmunoglobulin allotypes and other serum genetic markers (HP, GC, PI and TF) among South American populations living at different altitudes (Jujuy Province, Argentina): Admixture estimates, en: *Hum. Biol.*, 72, 2: 305-319.
- FREYRE, E. A. y ORTIZ, M. V. (1988): The effect of altitude on adolescent growth and development, en: *J. Adolesc. Health Care*, 9: 144-9.
- FRISANCHO, A. R. (1978): Human growth and development among high altitude populations, en: *The Biology of High-Altitude Peoples. International Biological Programme 14*, ed. P.T. Baker, pp. 117-71. Cambridge University Press.
- FRISANCHO, A. R. (1981): *Human Adaptation: A Functional Interpretation*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- FRISANCHO, A. R. (1993): Prenatal and postnatal growth and development at high altitude, en: *In Human adaptation and accommodation*. The University of Michigan Press.
- FRISANCHO, A. R. y BAKER, P. T. (1970): Altitude and growth: a study of patterns of physical growth of a high-altitude Peruvian Quechua population, en: *Am. J. Phys. Anthropol.*, 32: 279-92.
- FRISANCHO, A. R.; BORKAN, G. A. y KLAYMAN, J. E. (1975): Pattern of growth of lowland and highland Peruvian Quechua of similar genetic composition, en: *Hum. Biol.*, 47, 3: 233-243.
- GONZALES, G.; CRESPO, Y. y GUERRA, R. (1982): Secular change in growth of native children and adolescents at high altitude. I. Puno, Perú (3800 meters), en: *Am. J. Physical Anthropol.*, 58: 377-85.
- GONZALES, G. F.; VALERA, J.; RODRÍGUEZ, L.; VEGA, A. y GUERRA-GARCÍA, R. (1984): Secular change in growth of native children and adolescents at high altitude Huancayo, Peru (3280 meters), en: *Am. J. Phys. Anthropol.*, 64: 47-51
- GREKSA, L. P.; SPIELVOGEL, H.; PEREDES, L.; PAZ, M. y CÁCERES, E. (1984): The physical growth of urban children at high altitude, en: *Am. J. Phys. Anthropol.*, 65: 315-22
- GREKSA, L. P.; SPIELVOGEL, H. y CÁCERES, E. (1985): Effect of altitude on the physical growth of upper-class children of European ancestry, en: *Ann. Hum. Biol.*, 12,3: 225-32.
- HOFF, C. (1974): Altitudinal variations in the physical growth and development of Peruvian Quechua, en: *Homo*, 24: 87-99.
- INDEC, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (2001): Censo Nacional de población y vivienda 2001. www.indec.gov.ar.com/censo2001.
- LEATHERMAN, T. L.; CAREY, J. W. y THOMAS, R. B. (1995): Socioeconomic change and patterns of growth in the Andes, en: *Am. J. Phys. Anthropol.*, 97: 307-321.
- LOMAGLIO, D. B.; MARRODÁN, M. D.; VERÓN, J. A.; DÍAZ, M. C.; GALLARDO, F.; ALBA, J. A. y MORENO-ROMERO, S. (2005): Peso al nacimiento en comunidades de altura de la Puna Argentina: Antofagasta de la Sierra (Catamarca), en: *Antropo*, 9, 61-70. www.didac.ehu.es/antropo.
- LEONARD, W. R.; LEATHERMAN, T. L.; CAREY, J. W. y THOMAS, R. B. (1990): Contributions of nutrition versus hypoxia to growth in rural Andean populations, en: *Am. J. Hum. Biol.*, 2: 613-626.

- MORENO-ROMERO, S. (2005): El ambiente como regulador del crecimiento y la condición física en las poblaciones humanas. Análisis en comunidades mexicanas y argentinas. Tesis Doctoral. Madrid, España.
- MORENO-ROMERO, S.; MARRODÁN SERRANO, M. D. y DIPIERRI, J. E. (2003): Peso al nacimiento en ecosistemas de altura. Noroeste argentino: Susques, en: *Observatorio Medioambiental*, 6: 161-76.
- MUELLER, W. H.; SCHULL, V. N.; SCHULL, W. J.; SOTO, P. y ROTHHAMMER, F. (1978): A multinational Andean genetic and health program: growth and development in a hypoxic environment, en: *Ann. Hum. Biol.* 5: 329-352.
- OCAMPO, S. B; DIPIERRI, J. E. y MARCELLINO, A. J. (1986): Edad de la menarca en una muestra poblacional de la provincia de Jujuy, en: Resúmenes del XXIII Congreso Argentino de Pediatría, N°173, Córdoba.
- SCHUTTE, J. E.; LILLJEQVIST, R. E. y JOHNSON, R. L. Jr. (1983): Growth of lowland native children of European ancestry during sojourn at high altitude (3200 m), en: *Am. J. Phys. Anthrop.*, 61: 221-26.
- STATSOFT, W. C. (2001): STATISTICA (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com
- STINSON, S. (1980): The physical growth of high altitude Bolivian Aymara children, en: *Am. J. Phys. Anthropol.*; 52 (3): 377-85.
- WEINER, J. S y LOURIE, J. A. (1981): *Practical Human Biology*. Academic Press.