

# MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA EN FALANGES DE CAMÉLIDOS: UNA PRIMERA APROXIMACIÓN AL CASO DE TULÁN-54 Y TULÁN-85 (SALAR DE ATACAMA, CHILE)<sup>1</sup>

Pablo Gómez<sup>1</sup>, Patricio López Mendoza<sup>2</sup>, Isabel Cartajena<sup>2</sup>, Lautaro Núñez<sup>3</sup> y Boris Santander<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Sociedad Chilena de Antropología Biológica, Ignacio Carrera Pinto 1045, Ñuñoa, Santiago de Chile. E-mail: [pgomez@antropologiafisica.cl](mailto:pgomez@antropologiafisica.cl)

<sup>2</sup>ARQMAR-Centro de Investigaciones en Arqueología Marítima del Pacífico Sur Oriental, Valparaíso, Chile. E-mail: [patriciolopezmend@gmail.com](mailto:patriciolopezmend@gmail.com)

<sup>3</sup>Departamento de Antropología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile y ARQMAR-Centro de Investigaciones en Arqueología Marítima del Pacífico Sur Oriental, Ignacio Carrera Pinto 1045, Ñuñoa, Santiago de Chile. E-mail: [isabel.cartajena@gmail.com](mailto:isabel.cartajena@gmail.com)

<sup>4</sup>Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo (IIAM), Universidad Católica del Norte, San Pedro de Atacama, Chile. E-mail: [lautaro.nunez@hotmail.com](mailto:lautaro.nunez@hotmail.com)

<sup>5</sup>Departamento de Antropología. Universidad Alberto Hurtado. Almirante Barroso 10, Santiago de Chile; Departamento de Historia, Universitat Rovira i Virgili e IPHES, España. E-mail: [bsantander@uahurtado.cl](mailto:bsantander@uahurtado.cl)

## Resumo

As medidas osteométricas estão baseadas em parâmetros definidos e padronizados, permitindo registrar o tamanho e a forma dos elementos ósseos através de pontos de referência que dão conta de diversas dimensões, procurando registrar alterações no tamanho e proporções das espécies identificadas. No entanto, apesar das dimensões reais de elementos ósseos, alguns pontos de referência são mais difíceis de precisar, dadas as características do osso, lateralidade, e os parâmetros utilizados, entre outros. De maneira a explorar novas ferramentas de análise, este artigo abordará a utilização de morfometria geométrica em duas dimensões em primeiras falanges anteriores e posteriores de camelídeos sul-americanos, uma técnica que visa preencher algumas das deficiências da morfometria linear clássica, como a frequente alta correlação entre estas medidas e o tamanho. Neste trabalho foi utilizado um foco baseado em semi-landmarks, a fim de avaliar as curvas e superfícies, junto à análise de Procrustes Generalizada (GPA) para deixar as amostras num sistema comum de coordenadas. Para o registro de hitos, curvas e sobreposição por Procrustes, foram utilizados programas da série TPS. As amostras utilizadas correspondem aos espécimes de referência atual e subatual de coleções alojadas na Universidad de Chile, e espécimes dos sítios arqueológicos Tulan-54 e Tulan-85 do Formativo Temprano (ca. A. P. 3100-2400) de San Pedro de Atacama, Chile. Os resultados preliminares demonstram que as amostras dos sítios arqueológicos Tulan-54 e Tulan-85 estão distribuídas perto de um dos espécimes de referência de Llama (*Lama glama*) pequena e a amostra de vicunha (*Vicugna vicugna*).

---

<sup>1</sup>Trabajo realizado en el marco del Proyecto Fondecyt 1130917.

Las medidas osteométricas se basan en parámetros definidos y estandarizados que permiten registrar el tamaño y forma de los elementos óseos a través de puntos de referencia que dan cuenta de diversas dimensiones (longitud, ancho, entre otras). En general, a través de estas medidas, se busca documentar dimensiones que puedan reflejar cambios en el tamaño y proporciones de las especies identificadas. No obstante, a pesar de las dimensiones reales de los elementos óseos, algunos puntos de referencia son más difíciles de precisar, dadas las características del hueso, la lateralidad, y los parámetros utilizados, entre otros (von den Driesch 1976). Esto se traduce en una falta de precisión y aumento en la variabilidad de la medida utilizada. Este método ha sido frecuentemente empleado para la determinación taxonómica de un amplio espectro de especies, especialmente en aquellos casos en que los taxones presentan grandes similitudes morfológicas entre sí. En el caso de los camélidos sudamericanos, los métodos osteométricos han sido ampliamente utilizados siguiendo diversas guías de estandarización (ver Gasco et al. 2014). Estos métodos se basan en la diferencia de tamaño existente entre los camélidos sudamericanos. Sin embargo, existen amplias áreas de traslape originadas no solo por la variabilidad interespecífica, principalmente debido a la falta de grandes diferencias de tamaño entre los animales domésticos y silvestres (llama/guanaco y alpaca/vicuña), sino también intraespecífica. En algunos casos se han definido subespecies con grandes diferencias de tamaño que se confunden interespecíficamente (Novoa y Wheeler 1984, Elkin et al. 1991). De igual forma, al aplicar modelos basados en las dimensiones de las especies modernas -considerando áreas como el Norte Árido de Chile- la llama correspondería al morfotipo más grande y la vicuña al más pequeño, ubicándose el guanaco y la alpaca en un rango intermedio (Yacobaccio 2003); ignorándose además el largo período de selección y cambio, no necesariamente reconocidos a través de los estándares actuales (Moore 1989). La utilización de métodos osteométricos ha permitido reconocer una alta variabilidad métrica dentro de los conjuntos, logrando discriminar en general entre dos grupos, uno de tamaño grande (guanaco/llama) y otro de tamaño pequeño (vicuña/alpaca). El desarrollo y utilización de técnicas de análisis uni, bi y multivariadas ha permitido cada vez más diferenciar a su vez al interior de cada uno de ellos diversos grupos de tamaño (Cartajena et al. 2007, Cartajena 2009, 2013, Elkin et al. 1991, Izeta 2007, Izeta y Cortés 2006, Izeta et al. 2009, L'Heureux 2005, Mengoni 2008, Yacobaccio et al. 1997-1998 entre otros). No obstante, dichos desarrollos no han permitido resolver de manera concluyente algunos de los problemas antes mencionados. Estos aspectos son especialmente críticos en aquellos contextos en los cuales es posible encontrar registros mixtos compuestos tanto de animales silvestres como domésticos, propios

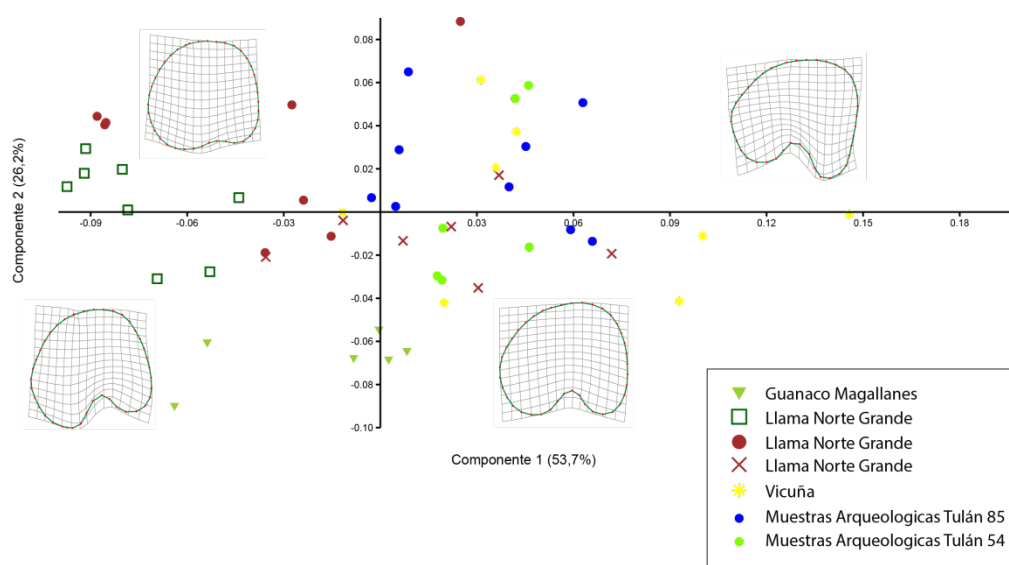
de las economías formativas tempranas de la cuenca del Salar de Atacama (Norte Árido de Chile), donde se combinan la caza de animales silvestres y la crianza de animales domésticos. En el caso de los camélidos grandes (guanaco/llama) se ha observado una mayor varianza (dispersión) en este grupo de medidas, lo que ha sido atribuido a la presencia de dos taxones (guanacos y llamas) (Cartajena et al. 2007, Cartajena et al. 2009, López et al. 2013). Es posible que las diferencias de tamaño en los sitios puedan deberse también a la presencia de diferentes poblaciones, características particulares de los camélidos representados o bien, a la funcionalidad de los sitios. Al comparar, en términos generales, las medidas del conjunto de camélidos recuperados al interior del Templete del sitio Tulán-54 con otros sitios del transecto homónimo como Tulán-85 (ambos emplazados al Sureste del Salar de Atacama), éstos son más pequeños. El claro carácter ritual del sitio Tulán-54, debió influenciar la selección de los camélidos utilizados en espacios rituales (Núñez et al. 2007). En el caso de los camélidos pequeños, a pesar de que se registraron dos incisivos con un patrón similar al propuesto por Wheeler (1984) para la alpaca, a nivel osteométrico, las medidas se encuentran en el rango de las vicuñas y no se observa un aumento en el tamaño de los especímenes que pudiese estar relacionado con la incorporación o una creciente importancia de la alpaca en comparación a los sitios más tempranos de la región (Cartajena, 2009).

De acuerdo a lo anterior y como una forma de explorar nuevas herramientas de análisis, el presente trabajo abordará la utilización de Morfometría Geométrica en dos dimensiones en falanges anteriores y posteriores de camélidos sudamericanos. Se explorará la utilización de morfometría geométrica pues es una técnica que busca suplir algunas de las deficiencias de la morfometría lineal clásica como, por ejemplo, la frecuente alta correlación que existe entre este tipo de medidas y el tamaño (Bookstein, 1991), que a pesar de las correcciones que se han desarrollado siguen manteniendo algunas falencias que dificultan su aplicación (Adams *et al.*, 2004), a saber: **(1)** los distintos métodos de corrección de tamaño producen resultados diferentes, **(2)** la homología de las distancias lineales es difícil de evaluar pues muchas de ellas no se definen por puntos homólogos, **(3)** el mismo conjunto de medidas se podría obtener a partir de dos formas diferentes debido a que la ubicación de los puntos desde donde se realizó la medición no se incluye en los datos, **(4)** por lo general no es posible generar representaciones básicas de la forma porque las relaciones geométricas entre las variables no se preservan.

En este trabajo se utilizó un enfoque basado en *semilandmarks* (Bookstein, 1997) con el objeto de evaluar curvas y superficies (Gunz y Mitteroecker, 2013), junto al análisis de Procrustes generalizado (GPA) para llevar todas las muestras a un sistema común de coordenadas, análisis

que elimina las diferencias debidas a rotación, traslación y escala, dejando sólo la forma como característica a examinar. Para el registro de hitos, curvas y superposición por Procrustes se utilizaron programas de la serie TPS (Rohlf, 2015). Las muestras utilizadas corresponden a especímenes de referencia actuales y subactuales de colecciones alojadas en la Universidad de Chile, y especímenes de los sitios arqueológicos Tulán-54 y Tulán-85 (San Pedro de Atacama, Chile). Estos sitios, datados para el Formativo Temprano (ca. 3.100-2.400 A.P.), presentan evidencias tempranas de domesticación de camélidos discutidos a partir de análisis morfométricos (Cartajena et al. 2007). A nivel metodológico, se utilizaron fotografías estandarizadas de la superficie proximal de falanges anteriores y posteriores de las cuatro especies de camélidos sudamericano (i.e.: *Lama guanicoe*, *Lama glama*, *Vicugna vicugna* y *Lama pacos*); se privilegió esta superficie pues es la mejor representada en la muestra arqueológica analizada. La Morfometría Geométrica permite evaluar la forma, independiente del tamaño, por lo que se busca explorar si la forma es una aproximación más certera a la caracterización de especies provenientes de contextos arqueológicos, aportando a identificar animales domésticos de los silvestres, y a diferenciar al interior de diversos grupos de tamaño (guanaco/llama y vicuña/alpaca) que se han logrado identificar mediante los estudios osteométricos tradicionales.

Un análisis preliminar y exploratorio utilizando muestras de referencia (Figura N°1) muestra que la principal variación de la forma, que explica el 53,7%, agrupa en un extremo a las llamas del Norte Árido, y en el otro a las vicuñas, y expresa un cambio en la proyección de los cóndilos y la curvatura del área dorsal.



**Figura N°1.** Análisis de torsión relativa (*Relative warp*) de la muestra de falanges de referencia.

El segundo componente, que explica el 26,2% de la variación, manifiesta un cambio en el área de la escotadura y los cóndilos, mostrando una disminución de la profundidad de la escotadura, y observando, por ejemplo, una diferenciación clara entre el guanaco de Magallanes y las llamas del Norte Árido. Las muestras arqueológicas de los sitios de Tulan-54 y Tulan-85 se distribuyen cercanas a una de las muestras de referencia de llama y a la muestra de vicuña. Los resultados obtenidos son discutidos en términos de marcos biogeográficos y de domesticación, junto a su comparación con los resultados osteométricos tradicionales.

### **Referencias Bibliográficas**

Adams, D., Rohlf, F. y Slice, D. 2004. Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology* 71: 5–16.

Bookstein, F. 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Bookstein, F. 1997. Landmark methods for forms without landmarks: Localizing group differences in outline shape. *Medical Image Analysis* 1: 225-243.

Cartajena I. 2009. Explorando la variabilidad morfométrica del conjunto de camélidos pequeños durante el Arcaico Tardío y el Formativo Temprano en quebrada Tulán, norte de Chile. *Revista del Museo de Antropología* 2: 199-212.

Cartajena, I. 2013. Faunal assemblages from the Middle Holocene: environmental and cultural variability in the western slope of the puna de Atacama. *Quaternary International* 307: 31-37.

Cartajena, I.; Nuñez, L. y Grosjean, M. 2007. Camelid domestication in the western slope of the Puna de Atacama, Northern Chile. *Anthropozoologica* 42(2):155-173.

Elkin D., Madero C. M., Mengoni Goñalons L. G., Olivera, D. y H. D. Yacobaccio. 1991 (Ms.) Avances en el estudio arqueológico de los camélidos en el noroeste argentino. *Actas de la VII*

*Convención Internacional de Especialistas en Camélidos Sudamericanos*. S.S. de Jujuy, Argentina.

Gasco, A., Marsh, E. y J. Kent. 2014. Clarificando variables osteométricas para la primera falange de camélidos sudamericanos. *Intersecciones en Antropología* 15: 131-138.

Gunz, P. y Mitteroecker, P. 2013. Semilandmarks: a method for quantifying curves and surfaces. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 24(1):103-109

Izeta, A. D. 2007. *Zooarqueología del sur de los valles Calchaquíes (Provincias de Catamarca y Tucumán, (República Argentina))*. BAR International Series 1612.

Izeta, A. D. y L. I. Cortés. 2006. South American Camelid Paleopathologies: Examples from Loma Alta (Catamarca, Argentina). *International Journal of Osteoarchaeology* 16: 269-275.

Izeta, A. D, Otaola, C. y A. Gasco. 2009. Osteometría de falanges proximales de camélidos sudamericanos modernos. Variabilidad, estándares métricos y su importancia como conjunto comparativo para la interpretación de restos hallados en contextos arqueológicos. *Revista del Museo de Antropología* 2(1): 169-180.

L'Heureux, G. L. 2005. Variación morfométrica en restos óseos de guanaco de sitios arqueológicos de Patagonia austral continental y de la Isla Grande de Tierra del Fuego. *Magallania* 33 (1): 81-94.

López, P., Cartajena, I. y L. Núñez. 2013. Análisis de isótopos estables en colágeno de huesos de camélidos de Quebrada Tulán, puna de Atacama, periodo Formativo Temprano (ca. 3.100-2.400 a.p.). *Chungara* 45(2): 237-247.

Mengoni Goñalons, G. L. 2008. Camelids in ancient Andean societies: A review of the zooarchaeological evidence. *Quaternary International* 185: 59-68.

Moore, K. 1989. *Hunting and the origin of herding in Peru*. Ph. D. thesis, University of Michigan, University Microfilms International, Ann Arbor, Michigan (Impreso en microfilm 1989).

Novoa, C. y J.C. Wheeler. 1984. Llama and alpaca. En *Evolution of Domestic Animals*, I. L. Mason (ed.), pp. 116-128. Longman, London.

Núñez, L., I. Cartajena, C. Carrasco, P. de Souza H. y M. Grosjean. 2006. Emergencia de comunidades pastoralistas formativas en el sureste de la Puna de Atacama. *Estudios Atacameños* 32: 93-117.

Rohlf F. 2015. The tps series of software. Hystrix. *Italian Journal of Mammalogy* 26:1-4

Von den Driesch, A. 1976. *A Guide to the Measurement of Animal Bones from Archaeological Sites*. Bulletin 1. Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University, Cambridge, Massachusetts.

Yacobaccio, H. D., C. M. Madero, M. P. Malmierca y M. C. Reigadas. 1997/1998. Caza, domesticación y pastoreo de camélidos en la Puna Argentina. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 22/23: 389-429.

Yacobaccio H. D. 2003. *Procesos de intensificación y de domesticación de camélidos en los Andes Centro-Sur*. III Congreso Mundial sobre Camélidos. Taller internacional de DECAMA, Potosí, 15-18 octubre 2003. UNEPACA, Bolivia: 211-216.

Wheeler, J. C. 1984. On the origin and early development of camelid pastoralism in the Andes. En *Animals and Archaeology. Volume 3: Early herders and their flocks*, J. Clutton-Brock y C. Grigson (eds.), pp. 395-410. British Archaeological Reports, BAR International Series 202, Oxford, United Kingdom.