

ESTUDIO MORFOGEOMÉTRICO DE LAS PRIMERAS FALANGES DELANTERAS DE LOS GRANDES CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS

A GEOMETRIC MORPHOMETRIC STUDY OF THE FIRST FRONT PHALANGES OF THE SOUTH AMERICAN CAMELIDS

Gabriela Lorena L'HEUREUX¹; Anahí HERNÁNDEZ²

1. CONICET. Instituto Multidisciplinario de Historia y Ciencias Humanas (IMHICIHU). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. 2. CONICET. Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina.

RESUMEN.

Este trabajo aborda la identificación taxonómica de dos especies de camélidos, *Lama glama* y *Lama guanicoe* a partir del análisis morfológico basado en técnicas de morfometría geométrica. Se estudia una muestra de primeras falanges delanteras correspondientes a 19 especímenes modernos y adultos de guanacos silvestres y llamas domésticas, con el objetivo de detectar variaciones morfológicas que permitan diferenciar ambas especies y delinear a futuro un sistema que pueda ser aplicado a contextos arqueológicos. Estas dos especies se encuentran representadas en sitios del Noroeste Argentino desde los ca. 4100 AP, y su identificación posee una importancia fundamental, en tanto representan dos estrategias diferentes de subsistencia complementarias y coexistentes (caza y pastoreo). Si bien los análisis morfogeométricos no diferenciaron significativamente las especies estudiadas, el presente trabajo constituye un avance en el abordaje de la variabilidad morfológica y la identificación taxonómica de elementos poscraneales arqueológicos y paleontológicos de los grandes camélidos sudamericanos.

Palabras claves: camélidos sudamericanos; taxonomía; zooarqueología; morfometría geométrica; primera falange.

ABSTRACT.

This paper addresses the taxonomic identification of two species of camelids, *Lama glama* and *Lama guanicoe*, through the morphological analysis based on techniques of geometric morphometrics. A sample of first front phalanges of 19 modern and adult specimens of wild guanaco and domestic llama were studied in order to detect morphological variations that distinguish both species to delineate, in a future, a system that can be applied to archaeological contexts. The identification of these two species found in Argentina's Northwest sites from ca. 4100 BP is fundamentally important, because represent two different, complementary subsistence strategies (hunting and grazing) that coexisted. Even though morphogeometric analysis did not differentiated significantly the species studied, this paper is a step forward in addressing the morphologic variability and the taxonomic identification of archaeological and paleontological postcranial elements of the large South American camelids.

Keywords: South american camelids; taxonomy; zooarchaeology; geometric morphometric; first phalanx.

Recibido mayo 24, 2016 - Aceptado julio 11, 2016

* Correspondencia de autor: Lorena L'Heureux. Instituto Multidisciplinario de Historia y Ciencias Humanas IMHICIHU. Saavedra 15, piso 5, (ACA 1083). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. e-mail: lorenalheureux@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Uno de los abordajes que más desarrollo ha tenido en la zooarqueología sudamericana durante las últimas décadas se relaciona con la aplicación de técnicas osteométricas sobre restos de fauna recuperados en contextos arqueológicos y/o paleontológicos. Estos estudios evalúan fundamentalmente los tamaños de los especímenes utilizando técnicas de morfometría tradicional (*sensu* 1), y tienen como objeto investigar aspectos relacionados fundamentalmente con la identificación taxonómica y la estimación etaria y sexual de los animales (2 - 15, entre muchos otros).

Dentro del primer ítem, la identificación taxonómica de las especies de camélidos silvestres y domésticos que se encuentran en los sitios arqueológicos del norte de Argentina (NOA) asociados física y cronológicamente desde ca. 4100 AP (16, 17), es un tema central dentro de los estudios arqueológicos de la región. La caza y el pastoreo representan dos sistemas de subsistencia diferentes y/o complementarios por lo que la posibilidad de identificar la presencia/ausencia y/o la proporción de animales producto de la caza (camélidos silvestres) y el pastoreo (camélidos domésticos) a partir del material óseo, reviste gran importancia.

La identificación osteológica realizada mediante técnicas de morfometría tradicional distingue dos grupos de camélidos por su tamaño: camélidos pequeños y camélidos grandes (12), cada uno conformado por la presencia de una especie silvestre y una doméstica. En el grupo de camélidos de gran porte se encuentra el guanaco (*Lama guanicoe* (Müller, 1776); especie silvestre) y la llama (*Lama glama* (Linnaeus, 1758); especie doméstica). Esta última es considerada más grande que los guanacos del norte argentino de acuerdo con un *ranking* de tamaño establecido en función del peso corporal.

Si bien los métodos tradicionales han mostrado generalmente resultados satisfactorios, no permiten reconstruir el cambio morfológico de manera continua y estudiarlo de forma cuantitativa e independiente a los cambios de tamaño. Además, presentan muchas limitaciones para diferenciar las especies que incluye el grupo de camélidos grandes, ya que estos taxa registran una muy baja variación morfológica a nivel esquelético, una elevada variabilidad a nivel intrapoblacional y gran solapamiento interespecífico en el tamaño corporal (18), dificultando la identificación de guanacos y llamas a partir del análisis métrico tradicional de restos óseos.

Por otro lado, las técnicas de morfometría geométrica -MG- (19) son utilizadas comúnmente como herramienta metodológica en zoología, entomología, primatología y otras ciencias biológicas que apuntan al estudio de la forma y el tamaño de animales en el tiempo y/o en el espacio (e.g., 20-26). Solo muy recientemente éstas técnicas comenzaron a ser incorporadas en la zooarqueología mundial (27 - 34), y presentan un muy escaso desarrollo en las investigaciones arqueofaunísticas de Sudamérica (35 - 38).

De esta manera y, teniendo en cuenta que los métodos de morfometría basados en la geometría y la estadística han mostrado ser una medida de la variabilidad intra e inter-poblacional efectiva, en este trabajo se elige aplicar MG (ver ventajas y propiedades infra) para estudiar la forma de las primeras falanges delanteras de llamas y guanacos, con el objetivo de avanzar en el sistema de identificación taxonómica de los grandes camélidos sudamericanos para, en un futuro, poder realizar estimaciones taxonómicas más precisas a partir de los restos óseos apendiculares recuperados en los sitios arqueológicos del centro y norte argentino.

MATERIALES Y MÉTODOS

La MG tiene como fin la descripción cuantitativa de la forma en un espacio bidimensional o tridimensional mediante el estudio de las relaciones espaciales entre puntos morfométricos definidos por coordenadas cartesianas (39). Lo innovador de la aplicación de las técnicas de MG, en comparación con la morfometría tradicional es que, en lugar de estudiar la forma a partir del análisis de un conjunto de medidas lineales entre puntos morfométricos, estudia los cambios a partir del desplazamiento en el plano o en el espacio de los puntos de referencia utilizados para describir el objeto, conservando de esta manera la información geométrica a través de los análisis (40, 41) y, por lo tanto, posibilita la representación gráfica de los cambios en la forma.

Particularmente, en este trabajo se analiza la forma de las primeras falanges delanteras (F1 DEL) de llamas y guanacos. Se seleccionó este elemento apendicular debido a que son los restos óseos que suelen encontrarse más representados en el registro arqueológico y en buen estado de conservación para ser medidos, además de constituir aquellos frecuentemente utilizados como estándares para las identificaciones taxonómicas basadas en técnicas tradicionales (3, 4, 15, 42, 43, 44).

Se analizaron mediante técnicas de MG las imágenes 2D de las F1 DEL derechas (vista dorsal) de 19 camélidos (ver Tabla 1). Los especímenes estudiados corresponden en su totalidad a individuos modernos osteológicamente maduros (más de 36 meses de edad sensu 45), es decir, camélidos adultos. Si bien no se cuenta con la estimación sexual de los especímenes analizados, dicha información no se considera relevante en tanto el dimorfismo sexual en el esqueleto apendicular se reduce a las variaciones del tamaño de la pelvis com-

pleta y de la región del acetábulo (6). Por lo tanto, al no haber diferencias entre machos y hembras relacionadas con el tamaño de los huesos largos (6), se incluyeron especímenes de ambos sexos en el análisis.

La muestra forma parte de diferentes colecciones de referencia personales y de instituciones argentinas: División de Mastozoología del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia; División de Mastozoología del Museo de La Plata; Departamento de Arqueología del Instituto Multidisciplinario de Historia y Ciencias Humanas; Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNSJ; Laboratorio de Paleoecología

Número	Individuo	Especie	Procedencia
1	MACN3361	Llama	Bolivia
2	MACN3362	Llama	Bolivia
3	MACN26014	Guanaco	Santa Cruz
4	MACN26654	Guanaco	Santa Cruz
5	MLP31	Llama	Zoológico
6	SnJuan.159	Guanaco	San Juan
7	SnJuan157A	Guanaco	San Juan
8	SnJuan157C	Guanaco	San Juan
9	SnJuan158	Guanaco	San Juan
10	SnJuan160	Guanaco	San Juan
11	Mdza155A	Guanaco	Mendoza
12	Mdza161	Guanaco	Mendoza
13	ChoMal.1	Guanaco	Santa Cruz
14	Dipa.1	Guanaco	Santa Cruz
15	L.SanMartín	Guanaco	Santa Cruz
16	Cat05	Llama	Catamarca
17	SG06	Guanaco	San Juan
18	M1	Guanaco	Zoológico
19	M2	Guanaco	Mendoza

Tabla 1. Muestra de camélidos utilizada en el estudio de morfometría geométrica.

Cat: Catamarca, ChoMal: Chorrillo Malo, Dipa: Departamento de Investigaciones Prehistóricas y Arqueológicas (IMHICIHU), L.SanMartín: Lago SanMartín, M: Mendoza, MACN: Museo Argentino de Ciencias Naturales, Mdza: Mendoza, MLP: Museo de La Plata, SG: San Guillermo, SnJuan: San Juan.

Humana de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNCuyo y Laboratorio de Arqueología Histórica dependiente del Instituto de Arqueología y Etnología de la Facultad de Filosofía y Letras, UNCuyo.

En el análisis de la F1 DEL se definieron 10 *landmarks* y 4 *semilandmarks* (Fig. 1 y Tabla 2) a partir de imágenes 2D. Los *semilandmarks* fueron deslizados a lo largo de los vectores tangentes siguiendo el criterio de *Bending Energy* (46), y las coordenadas de puntos ajustadas mediante un Análisis Generalizado de Procrustes lo cual permitió eliminar toda información no asociada a la forma (*shape*), es decir, los efectos de la rotación, el traslado y la escala (47). Las variables de forma obtenidas se analizaron a partir de dos test multivariados: Análisis de Componentes Principales y Discriminante. La incidencia de alometría se exploró mediante una regresión multivariante entre las variables dependientes de forma (Coordenadas de Procrustes) y las variables independientes de tamaño (*Centroid Size*).

El montaje de archivos, el escalamiento de imágenes, la digitalización de *landmarks* y *semilandmarks*, la obtención de forma consenso y *centroid size*, y los análisis de *partial* y *relative warps* fueron realizados mediante las series TPSUtil, TPSDig2 y TPSRelw del programa TPS-*Thin Plate Spline*- (48, 49, 50). El empleo del *software*

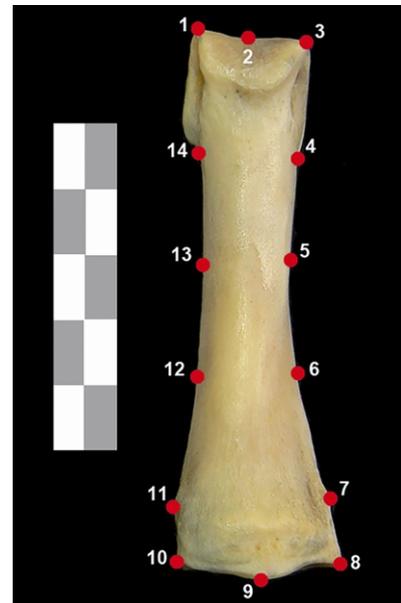


Figura 1. Representación de los *landmarks* (puntos 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11 y 14) y *semilandmarks* (puntos 5, 6, 12 y 13) analizados en las F1 DEL.

MorphoJ 2.0 (51) permitió el análisis de las variables de forma con diferentes test estadísticos multivariados y de la covariación alométrica mediante un análisis de regresión lineal (10000 permutaciones) para la hipótesis nula de independencia entre la variable dependiente de forma e independiente de tamaño.

Los análisis fueron ejecutados por un único observador (GLL). Con el objeto de medir la naturaleza y la magnitud del error asociado con la digitalización de las coordenadas de *landmarks* y *semilandmarks*, se realizó un

Número	Definición de <i>Landmarks</i>
1	Extremo latero-distal (dirección craneal) de la superficie articular distal. Asimilable a punto osteométrico
2	Punto más profundo del surco de la epífisis distal.
3	Extremo disto-medial de la superficie articular distal.
4	Unión medial de la epífisis distal y la diáfisis
7	Ancho máximo de la epífisis proximal (medial).
8	Extremo medial de la superficie articular proximal. Asimilable a punto osteométrico.
9	Punto más proximal (dirección caudal) de la superficie dorsal de la epífisis proximal.
10	Extremo lateral de la superficie articular proximal. Asimilable a punto osteométrico.
11	Ancho máximo de la epífisis proximal (lateral).
14	Unión lateral de la epífisis distal y la diáfisis.

Tabla 2. Definición de los *landmarks* registrados en las primeras falanges delanteras (vista dorsal).

estudio de error intraobservador (EIO) a partir de tres series de observaciones espaciadas por siete días sobre la totalidad de la muestra analizada. Los datos (coordenadas) fueron evaluados mediante una prueba de ANOVA de medidas repetidas (52) y el coeficiente de correlación intraclass (CCI) (53). A partir de un análisis PROTEST (54, 55) se compararon las distribuciones de puntos de los análisis de componentes principales -PC1 y PC2- realizados para cada serie de observación. Estos análisis fueron efectuados empleando los programas SPSS 19 y R 2.13.0 -paquete estadístico *vegan*.

RESULTADOS

La evaluación del error aleatorio (CCI) con valores Alfa de Cronbach entre 0,996 y 0,944, del error sistemático (ANOVA de Medidas Repetidas) con valores F entre 0,034 y 1,878 ($p > 0,05$), y del error sistemático y aleatorio de todos los puntos homólogos (PROTEST) con valores de m^2 cuadrado entre 0,0001187 y 0,0009372, $p < 0,001$, demostraron una buena consistencia en la comparación de cada coordenada de puntos, excelentes niveles de acuerdo entre las series de medidas y la ausencia de diferencias significativas. Los resultados del EIO aseguraron tanto una elevada consistencia en la obtención y replicabilidad de los datos, como la óptima comparabilidad entre los cuerpos de información observados por el mismo sujeto.

El análisis de componentes principales -PCA- expuso la máxima variación morfológica existente entre las primeras falanges de los individuos adultos de llamas y guanacos estudiados. El primer componente representa un 52,13% de la variación y el segundo componente un 20,11%, describiendo ambos más del 72% de la variación total analizada (Tabla 3). Siguiendo el eje de la X de la fig. 2, no se observó ningún ordenamiento de los casos

PC	Eigenvalores	% Varianza	% Acumulado
1.	0,00065089	52,13	52,13
2.	0,00025111	20,11	72,24
3.	0,00009838	7,88	80,12
4.	0,00007426	5,95	86,06
5.	0,00006560	5,25	91,32
6.	0,00003639	2,91	94,23
7.	0,00002252	1,80	96,03
8.	0,00001915	1,53	97,57
9.	0,00000942	0,75	98,32
10.	0,00000644	0,52	98,84
11.	0,00000558	0,45	99,28
12.	0,00000447	0,36	99,64
13.	0,00000244	0,20	99,84
14.	0,00000132	0,11	99,94
15.	0,00000052	0,04	99,99
16.	0,00000018	0,02	100,00

Tabla 3. Eigenvalores y varianza porcentual y acumulada de todos los Componentes Principales (PC) del análisis de las F1DEL.

estudiados (e.g. patrón latitudinal de las muestras de guanacos), aunque queda claro que las falanges de las llamas se ubican en el medio de la distribución de las formas descritas por las falanges de los guanacos (Fig. 2). A partir de las formas consenso (celestes) vs. las variaciones extremas (azules) obtenidas para los PC 1 y PC 2 (factores positivos y negativos) de la F1 DEL se observó que los *landmarks* 1, 2 y 3 de la epífisis distal y 7, 8, 9, 10 y 11 de la epífisis proximal, fueron los puntos que más contribuyeron a la variación encontrada (Fig. 2).

El análisis discriminante no diferenció significativamente los taxa de las primeras falanges delanteras de los camélidos ($p = 0,84$; distancia de *Procrustes*: 0,015; distancia de *Mahalanobis*: 5,75). Por otro lado, la función discriminante clasificó correctamente la especie del 59% de los individuos (*cross-validation score*; Fig. 3).

Si bien los resultados obtenidos no fueron signifi-

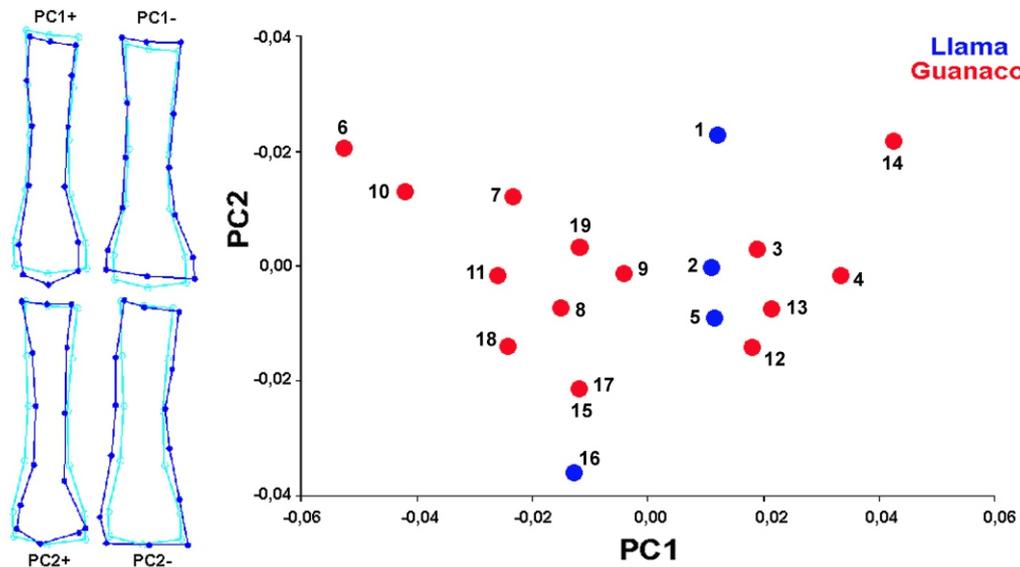


Figura 2. Análisis de Componentes Principales: salida gráfica (PC1 vs PC2) y representación de formas consenso/variaciones extremas -factores positivo y negativo- de los dos primeros componentes. Referencia de los casos en Tabla 2.

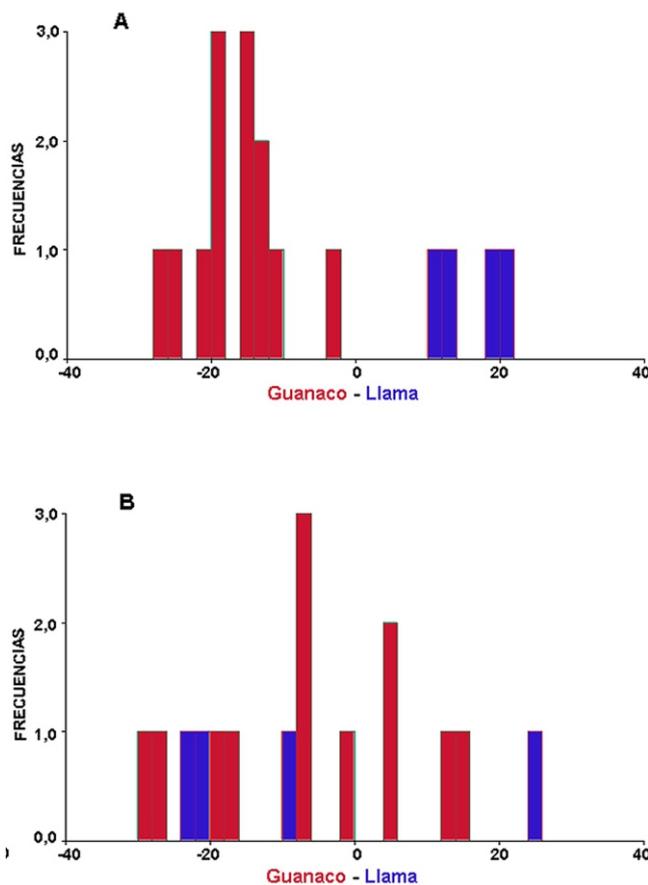


Figura 3. Análisis Discriminante: *Discriminant Score* (A) y *Cross Validation Score* (B).

cativos a nivel estadístico, nos pareció relevante evaluar igualmente la relación alométrica entre el tamaño y la forma, considerando que el tamaño de estos elementos (analizado con técnicas de morfometría tradicional) sigue siendo el medio utilizado para diferenciar los taxa. De haber alometría, la forma variaría en respuesta a los cambios en el tamaño (47). Para esto se realizó una regresión múltiple entre las coordenadas de Procrustes (forma) y el centroid size (tamaño) de las F1 DEL, la cual tampoco resultó significativa ($p 0,39$). La incidencia de los cambios del tamaño sobre las variaciones de forma fue baja para la F1 DEL, estando sólo el 6,15% de las formas predicha por el tamaño. En suma, no se verificó la existencia de alometría en la muestra estudiada, por lo que puede sostenerse que no hay covarianza entre tamaño y forma y que ambas variables son independientes (Fig. 4).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los análisis morfométricos realizados sobre las primeras falanges delanteras no permitieron diferenciar

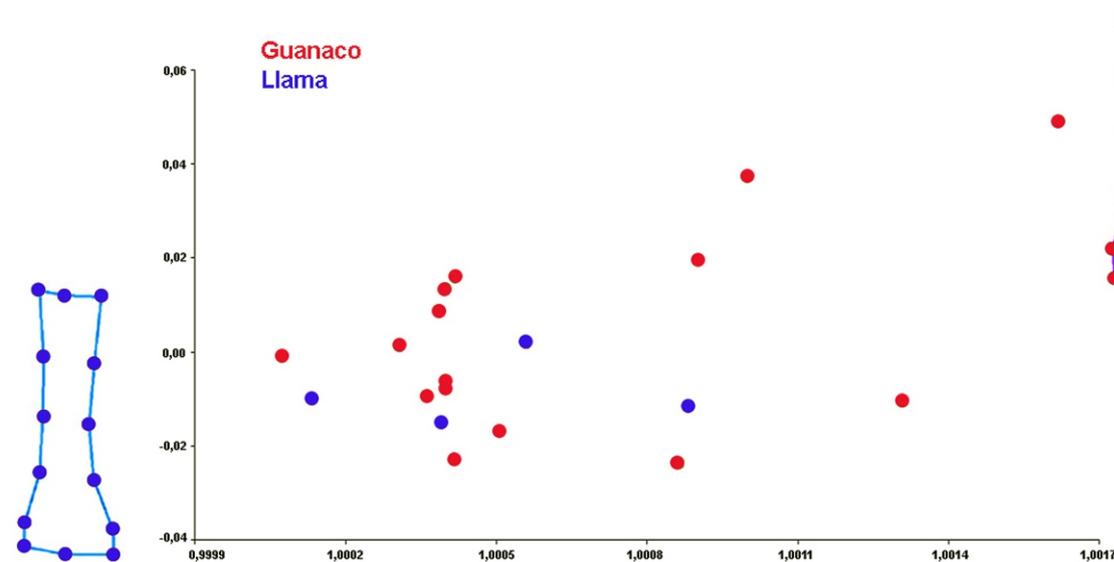


Figura 4. Covariación entre las variables dependientes de forma y la independiente de tamaño de la F1 DEL. Suma total de cuadrados= 0,02; Suma de cuadrados predicha= 0,001; Suma de cuadrados residual= 0,019.

significativamente los taxa estudiados. La variación de las formas de dicho elemento mostró un importante solapamiento morfológico entre las especies de camélidos de mayor porte. En este sentido los resultados obtenidos del análisis de técnicas de MG fueron consistentes con la información derivada de los análisis de tamaños generados mediante técnicas de morfometría tradicional.

Se descarta que los resultados obtenidos -y la ausencia de diferencias significativas- se deban a variaciones incorporadas por el observador. El análisis de EIO realizado confirma que el error en el registro de coordenadas de *landmarks* y *semilandmarks* no afectó el resultado de los análisis. La ausencia de patrones significativos asociados con las formas de la F1 DEL de llamas y guanacos apunta a la similitud morfológica de las especies estudiadas a nivel postcraneal.

El problema central a resolver radica en la muestra a estudiar, reconociéndose la necesidad de incrementar sustancialmente el tamaño de la misma. Dicho problema no es menor, dado que las instituciones nacionales -

e.g. Secciones de mastozoología de los Museos de Ciencias Naturales- que resguardan muestras de especies modernas de camélidos, generalmente conservan para su estudio el cráneo, descartando la mayoría -sino todos- los elementos poscraneales de los especímenes; y cuando se hallan presentes los elementos del esqueleto apendicular, no cuentan generalmente con un estado de conservación óptimo o los huesos se encuentran sin fusionar. En este sentido, si bien se ha incorporado al estudio todo espécimen de llama al que se ha tenido acceso, el tamaño de la muestra del grupo de camélidos domésticos es el más afectado, lo cual pudo haber influenciado los resultados obtenidos dado que no es recomendable trabajar con muestras desbalanceadas (llamas/guanacos) en cuanto al N. Por otra parte, en el caso de los guanacos, el inconveniente mayor no se relaciona tanto con el tamaño de la muestra, sino con su procedencia. La incorporación de nuevos individuos procedentes de Patagonia, donde actualmente la población silvestre se encuentra en franco crecimiento, no sería un inconveniente. Sin embargo, en el caso de

sumar más guanacos al conjunto estudiado, éstos deberían provenir preferentemente del norte de Argentina o de países limítrofes como Bolivia o el norte de Chile, con el objetivo de ajustar la comparación entre las llamas y la subespecie de guanacos norteros (*L. guanicoe cacsilensis*, Lönnberg, 1913), aunque es en estas latitudes donde las poblaciones autóctonas son muy reducidas o se encuentran en vías de extinción.

Por lo antedicho, el presente estudio, dado su carácter exploratorio y preliminar, resulta un avance en la evaluación de las técnicas de análisis dirigidas a identificar las llamas y guanacos que aparecen en el registro arqueológico de la mayoría de los sitios del NOA desde el Holoceno medio hasta momentos del contacto europeo.

Se espera poder avanzar con la identificación

arqueológica de las especies domésticas y silvestres de los camélidos sudamericanos incrementando la muestra e incorporando nuevos elementos apendiculares al análisis de los elementos óseos estudiados mediante técnicas de MG.

Agradecimientos

Agradecemos a P. Teta y S. Lucero (MACN), I. Olivares (FCNyM; UNLP), N. Franco (IMHICIHU, CONICET), J. B. Belardi (UNPA, CONICET), H. Chiavazza (FFyL; UNCuyo), N. Rodríguez Palat (FCEfyN-UNSJ) y A. Gasco (FCEN; UNCuyo) por facilitarnos el acceso a las muestras analizadas. A Marcelo Cardillo (IMHICIHU, CONICET) por su asesoramiento. Esta contribución se realizó con el financiamiento del proyecto PIP-CONICET N°0083.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Marcus LF (1990) Traditional morphometrics. En: Proceedings of the Michigan morphometrics workshop, Rohlf FJ y Bookstein FL (eds) Publicación Especial 2, University of Michigan Museum of Zoology, Ann Arbor, pp. 77-122.
2. Cartajena I (2002) Los conjuntos arqueofaunísticos del Arcaico Temprano en la Puna de Atacama, norte de Chile. Tesis Doctoral impresa en microfilm. Freie Universität Berlin, Abesv Vertriebs GmbH, Berlín, Alemania.
3. Grant J (2010) Aportes de distintas técnicas osteométricas para la identificación interespecífica de camélidos sudamericanos. En: Zooarqueología a principios del siglo XXI. Aportes teóricos, metodológicos y casos de estudio, Gutiérrez M, de Nigris M, Fernández P, Giardina M, Gil A, Izeta A, Neme G, Yacobaccio HD (eds) Ediciones del Espinillo, Buenos Aires, pp. 17-28.
4. Izeta A, Otaola C, Gasco A (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. Rev Mus Antr 2 (1): 169-180.
5. Kaufmann CA, Álvarez MC, L'Heureux GL, Gutiérrez MA (2013) Dimorfismo sexual en pelvis de *Lama guanicoe* (Artiodactyla, Camelidae): un caso de aplicación en el sitio Paso Otero 1 (partido de Necochea). Mastozool Neotrop 20 (1): 47-59.
6. Kaufmann C, L'Heureux GL (2009) El dimorfismo sexual en guanacos (*Lama guanicoe*). Una evaluación osteométrica de elementos poscraneales. Rev Mus Antropol 2: 181-198.
7. Kent JK (1982) The domestication and exploitation of the South American camelids: methods of analysis and their application to circumlacustrine archaeological sites in Bolivia and Peru. Tesis Doctoral inédita. Washington University, St. Louis, USA.
8. L'Heureux GL, Kaufmann C (2012) Estimación de la edad de muerte de guanacos juveniles a partir de las dimensiones de los huesos largos no fusionados. Estructura de edad y estacionalidad en el Campo Volcánico de Pali Aike (sitio Orejas de Burro 1). Magallania 40 (2): 151-220.
9. L'Heureux GL, Kaufmann C (2012) Guanaco (*Lama guanicoe*) juvenile age estimation using diaphyseal long bone lengths. Proceedings of the General Session of the 11th International Council for Archaeozoology Conference pp. 33-39. BAR 2354, Archaeopress, Oxford.
10. López G (2003) Pastoreo y caza de camélidos en el Temprano de la Puna de Salta: Datos osteométricos del sitio Matancillas 2. Intersecciones Antropol 4: 17-27.
11. Mengoni Goñalons G (2007) Camelid management during Inca times in N.W. Argentina: models and archaeozoological indicators. Anthropol 42 (2): 129-141.
12. Mengoni Goñalons G, Yacobaccio HD (2006) The domestication of South America Camelids: a view from south-Central Andes. En: Documenting Domestication: Bringing Together Plants, Animals, Archaeology, and Genetics, Zeder MA, Bradley D, Emshwiller E y Smith BD (eds) University of California Press, Berkeley, pp. 228-243.
13. Miller GR (1979) An introduction to the Ethnoarchaeology of the Andean Camelids. Tesis Doctoral inédita. University of Berkeley, California, USA.

14. Wing E (1972) Utilization of animal resources in the Peruvian Andes. En: Andes 4, Excavations at Kotosh, Peru, 1963 and 1964, Seiichi I y Terada K (eds) University of Tokyo Press, Tokio, pp. 327-351.
15. Yacobaccio HD (2010) Osteometría de llamas (*Lama glama* L.) y sus consecuencias arqueológicas. En: Zooarqueología a principios del siglo XXI. Aportes teóricos, metodológicos y casos de estudio, Gutiérrez M, de Nigris M, Fernández P, Giardina M, Gil A, Izeta A, Neme G y Yacobaccio HD (eds) Ediciones del Espinillo, Buenos Aires, pp. 65-75.
16. Yacobaccio HD (2001) La domesticación de camélidos en el Noroeste Argentino. En: Historia Argentina Prehispánica, Berberian E. y Nielsen A. (eds) Editorial Brujas, Córdoba, pp. 7-40.
17. Yacobaccio HD (2003) Procesos de intensificación y de domesticación de camélidos en los andes centro-sur. III Congreso Mundial sobre Camélidos/1er Taller Internacional de DECAMA. Potosí, octubre 15-18. Potosí, tomo I, pp. 211-217.
18. L'Heureux GL (2010) Morfometría de camélidos sudamericanos modernos. La variabilidad morfológica y la diversidad taxonómica. En: Zooarqueología a principios del siglo XXI. Aportes teóricos, metodológicos y casos de estudio, Gutiérrez M, de Nigris M, Fernández P, Giardina M, Gil A, Izeta A, Neme G, Yacobaccio HD (eds) Ediciones del Espinillo, Buenos Aires, pp. 39-49.
19. Rohlf FJ, Marcus LF (1993) A revolution in morphometrics. Trends Ecol Evol 8: 129-132.
20. Aiello G, Barattolo F, Barra D, Fiorito G, Mazzarella A, Raia P, Raffaele V (2007) Fractal analysis of ostracod shell variability: A comparison with geometric and classic morphometrics. Acta Palaeontol Pol 52 (3): 563-573.
21. Fernández Blanco MV, Cassini GH, Bona P (2014) Variación Morfológica Craneana en Caiman (Alligatoridae, Caimaninae): Estudio morfogeométrico de la ontogenia de las especies *Caiman latirostris* y *Caiman yacaré*. Cs Morfol 16 (1): 16-30.
22. Ibañez AL, Cowx IG, O'Higgins P (2007) Geometric morphometric analysis of fish scales for identifying genera, species, and local populations within the Mugilidae. Can J Fish Aquat Sci 6: 1091-1100.
23. Macholán M (2006) A geometric morphometric analysis of the shape of the first upper molar in mice of the genus *Mus* (Muridae, Rodentia). J Zool 270: 672-681.
24. Lynch JM, Wood CG, Luboga SA (1996) Geometric Morphometrics in Primatology: Craniofacial Variation in *Homo sapiens* and *Pan troglodytes*. Folia Primatol 67: 15-39.
25. Parés-Casanova PM, Martínez S (2013) Geometric Morphometrics for the Study of Hemicoxae Sexual Dimorphism in a Local Domestic Equine Breed. Int J Morphol 31 (2): 623-628.
26. Schwarzfeld MD, Sperling FAH (2014) Species delimitation using morphology, morphometrics, and molecules: definition of the *Ophion scutellaris* Thomson species group, with descriptions of six new species (Hymenoptera, Ichneumonidae). ZooKeys 462: 59-114.
27. Allowen E, Cucchi T, Cardini A, Strand Vidarsdottir U, Larsong G, Dobney K (2013) The long and winding road: identifying pig domestication through molar size and shape. J Archaeol Sci 40: 735-743.
28. Balasse M, Evin A, Tornero C, Radu V, Fiorillo D, Popovici D, Andreescu R, Dobney K, Cucchi T, Bălăşescu A (2016) Wild, domestic and feral? Investigating the status of suids in the Romanian Gumelnița (5th mil. cal BC) with biogeochemistry and geometric morphometrics. J Anthropol Archaeol 42: 27-36.
29. Bignon O, Eisenmann V (2006) Western European Late Glacial horse diversity and its ecological implications En: Equids in Time and Space, Mashkour M. (ed) Oxbow Books, Chippenham, Cap. 12, pp. 161-171.
30. Curram SC (2012) Expanding ecomorphological methods: geometric morphometric analysis of Cervidae post-crania. J Archaeol Sci 39: 1172-1182.
31. Owen J, Dobney K, Evin A, Cucchi T, Larson G, Strand Vidarsdottir U (2014) The zooarchaeological application of quantifying cranial shape differences in wild boar and domestic pigs (*Sus scrofa*) using 3D geometric morphometrics. J Archaeol Sci 43: 59-167.
32. Pionnier-Capitan M, Tresset A, Cornette R, Bălăşescu A, Sablin M, Arbogast RM, Brehard S, Mashkour M, Valla F, Hänni C, Baylac M, Vigne JD (2010) Geometric morphometrics: a new approach to understand processes of dog domestications. [En línea] http://alexandriaarchive.org/bonecommons/exhibits/show/icaz2010paris/session1_7/item/1453 [Consulta: 26-04-2016].
33. Seetah K, Cucchi T (2010) Biogeography of modern horse populations: a geometric approach with applications for archaeological samples. [En línea] http://alexandriaarchive.org/bonecommons/exhibits/show/icaz2010paris/session1_7/item/1531 [Consulta: 26-04-2016].
34. Seetah K, Cucchi T, Dobney K, Barker G (2014) A geometric morphometric re-evaluation of the use of dental form to explore differences in horse (*Equus caballus*) populations and its potential zooarchaeological application. Journal of Archaeological Science 41:904-910.
35. L'Heureux GL, Kaufmann C (2012c) Estimación sexual de individuos juveniles de *Lama guanicoe* (Müller 1776) a partir del análisis morfológico de las pelvis no fusionadas. II Congreso Latinoamericano de Mastozoología y XXV Jornadas Argentinas de Mastozoología, Buenos Aires, noviembre 6-9, Buenos Aires, p.165-166.
36. L'Heureux GL, Kaufmann C (2013) Ontogenia y dimorfismo sexual en pelvis de Lama guanicoe: evaluación morfológica de una colección de pelvis modernas. II Encuentro de Morfometría y Estudios Ontogenéticos, La Plata, junio 7, La Plata, comunicación n° 23, p.19.
37. L'Heureux GL, Hernández A (2015) Diversidad taxonómica y variabilidad morfológica de los grandes camélidos sudamericanos (*Lama guanicoe*; *Lama glama*). III Encuentro de Morfometría, Santa Fe, septiembre 24-25, Santa Fe, comunicación n° 2, p. 28.
38. L'Heureux GL, Hernández A (2016) Estudio de la variabilidad morfológica de los camélidos sudamericanos a partir de técnicas de morfometría geométrica. El caso de Lama glama y Lama guanicoe. III Encuentro Latinoamericano de Zooarqueología, Aracaju, marzo 1-3, Aracaju, comunicación n°1.
39. Bookstein FL (1991) Morphometric tools for landmark data. Geometry and biology. Cambridge University Press, Cambridge, New York.
40. Adams DC, Rohlf FJ, Slice DE (2004) Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. Ital J Zool 71:5-16.
41. Bookstein FL (1996) Biometrics, biomathematics and the morphometric synthesis. Bull Math Biol 58:313-365.
42. 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. Rev Mus Antropol 2:199-214.
43. Grant J, Escola P (2015) La persistencia de un modo de producción doméstico durante el período Tardío: el caso de Corral Alto (Antofagasta de la Sierra, Argentina). Estudios Atacameños 51:99-121.

44. L'Heureux GL (2010b) Estudio biométrico de las primeras falanges de camélidos modernos. Sus implicancias en el análisis de muestras arqueológicas. *Revista Werkén* 12: 109-121.
45. Kaufmann CA (2009) Estructura de Edad y Sexo en *Lama guanicoe* (Guanaco). Estudios actualísticos y arqueológicos en Pampa y Patagonia. Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires, Argentina.
46. Adams DC, Rohlf FJ, Slice DE (2013) A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix Ital J Mammal* 24(1):7-14.
47. Zelditch M, Swiderski D, Sheets D, Fink W (2004) *Geometric Morphometrics for Biologists*. Elsevier Academic Press, London, UK.
48. Rohlf FJ (2004) *TpsUtil* version 1.26. Ecology and Evolution, State University, Stony Brook, New York.
49. Rohlf FJ (2007) *Relative warps 1.45 (TpsRelw)*. Ecology and Evolution, State University, Stony Brook, New York.
50. Rohlf FJ (2008) *TpsDig 2.12*. Ecology and Evolution, State University, Stony Brook, New York.
51. Klingenberg CP (2011) MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources* 11:353-357.
52. Zar JH (1999) *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Nueva York, USA.
53. Yezerinac SM, Loughheed S, Handford P (1992) Measurement Error and Morphometric Studies: Statistical Power and Observer Experience. *Syst Biol* 41:471-482.
54. Jackson DA (1995) PROTEST: A procrustean randomization test of community environment concordance. *Ecoscience* 2 (3):297-303.
55. Peres-Neto PR, Jackson DA (2001) How well do multivariate data sets match? The advantages of a Procrustean superimposition approach over the Mantel test. *Oecologia* 129:169-178.