

---

## LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS PARA LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE MORFOMETRÍA GEOMÉTRICA EN EL ESTUDIO DE LOS CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS

Anahí Hernández<sup>a</sup> y G. Lorena L'Heureux<sup>b</sup>

### RESUMEN

En este trabajo se desarrollan los requerimientos metodológicos necesarios para el estudio de muestras zooarqueológicas a partir de técnicas de morfometría geométrica en dos dimensiones (MG 2D). Se plantean las ventajas y limitaciones que surgen al aplicar estos métodos en un estudio de caso: la diferenciación de especies de camélidos de tamaño similar, llamas y guanacos, a partir del análisis de la forma de huesos procedentes de sitios localizados en el sector norte de la quebrada de Humahuaca (Jujuy, Argentina). Los resultados obtenidos indican que la MG 2D constituye una herramienta con elevado potencial para el estudio cuantitativo de la forma de los elementos óseos post-craneales de camélidos y que contribuye con su identificación taxonómica.

**PALABRAS CLAVE:** Morfometría geométrica 2D; guanaco; llama; identificación taxonómica.

### ABSTRACT

The aim of this work is to develop the necessary methodological requirements for the study of zooarchaeological samples from geometric morphometric techniques in two dimensions (MG 2D). The advantages and limitations that arise when applying these methods in a case study are presented: the differentiation of species of camelids of similar size, llamas and guanacos, based on the analysis of the shape of bones from sites located in the northern sector of the Humahuaca quebrada (Jujuy, Argentina). The results indicate that the 2D MG constitutes a tool with high potential for the quantitative study of the shape of the postcranial camelids bones and that contributes with their taxonomic identification.

**KEYWORDS:** 2D Geometric morphometric; guanaco; llama; taxonomic identification.

---

### INTRODUCCIÓN

La morfometría geométrica (MG) puede ser definida como una serie de métodos aplicados al estudio cuantitativo de la forma de una estructura biológica o espécimen en un espacio bidimensional y/o tridimensional a partir del análisis de las relaciones espaciales entre puntos

morfométricos precisos que representan rasgos biológicos discretos que poseen significado evolutivo, funcional, estructural o de desarrollo (Adams, Rohlf & Slice, 2013; Bookstein, 1991; Richtsmeier, Burke Deleon & Lele, 2002). Estas técnicas permiten indagar acerca de los cambios en la forma de una estructura en función del

---

<sup>a</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Departamento de Arqueología, Escuela de Antropología, Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario. Entre Ríos 758 (2000EKF) Rosario, Santa Fe, Argentina. Correo electrónico: anahihernandez87@hotmail.com

<sup>b</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Instituto Multidisciplinario de Historia y Ciencias Humanas. Saavedra 15 (C1083ACA) Ciudad de Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: lorenalheureux@gmail.com.ar

desplazamiento en el plano (2D) o en el espacio (3D) de *landmarks* o puntos de referencia homólogos definidos por coordenadas cartesianas utilizados para representar el objeto (Adams, Rohlf & Slice, 2004, Adams et al., 2013; Bookstein, 1996).

La MG tuvo un importante desarrollo en las últimas décadas como herramienta metodológica en diversas ciencias biológicas. Sin embargo, en la zooarqueología regional comenzaron a ser incorporadas recientemente (e.g. Conte & Izeta, 2019; Hernández, 2019; L'Heureux & Hernández, 2016; López Mendoza & Gómez, 2016). Estos primeros trabajos pusieron de manifiesto la necesidad de discutir algunas pautas para la aplicación de la MG enfocada a la identificación taxonómica de restos arqueofaunísticos. En este sentido presentamos algunos lineamientos y requerimientos básicos para la realización de estudios de MG 2D y la obtención de información morfológica consistente dirigida a la identificación y diferenciación taxonómica de especies morfológicamente similares.

En cuanto al relevamiento de los datos debe tenerse en consideración: el instrumental empleado, las condiciones ambientales en la toma de imágenes, la distancia focal, el efecto coplanar, el escalamiento de las imágenes, la definición de *landmarks* (tipo I y II) y *semilandmarks*, la cantidad de *landmarks* a usar en función del tamaño de la muestra (resulta conveniente que el número de casos supere o duplique el número de variables de forma utilizadas) y/o los procedimientos empleados para la reducción de las variables (i.e. uso de componentes principales), la elección del criterio empleado para el deslizamiento de los *semilandmarks*, la búsqueda y eliminación de *outliers*, la identificación de alometría en la muestra (y su eliminación si el objetivo es el estudio de la forma de la estructura), los análisis estadísticos multivariados a aplicar y la evaluación del error de observación (aleatorio y sistemático) asociado con la digitalización de *landmarks* y *semilandmarks*. En relación con los elementos óseos a analizar, los especímenes arqueológicos deben cumplir ciertos requisitos relacionados con su estado de conservación y completitud, y la muestra moderna

de la/s especie/s análoga/s debe ser numerosa para informar sobre la variabilidad inter e intra poblacional de la/s especie/s arqueológica/s a identificar, y permitir el uso de configuraciones de *landmarks* más densas.

#### CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio se centra en las dos especies de camélidos sudamericanos de mayor porte (*Lama glama* y *Lama guanicoe*), que a nivel osteológico poseen una elevada similitud morfológica (tamaño y forma). En los sitios del Noroeste argentino, donde los camélidos constituyen el taxón dominante, la asociación de restos de guanacos y llamas en el registro se remontaría a ca. 4.000 años AP (Yacobaccio, 2001). Estas especies indican estrategias de subsistencia diferentes: caza (guanaco) y pastoreo (llama), por lo cual distinguir el aporte proveniente de la caza de camélidos silvestres o del pastoreo de rebaños es de gran importancia.

Los materiales arqueofaunísticos analizados proceden de los sitios Antumpa, Cóndor II y Casas Grandes localizados entre los 3.300 y 3.800 m.s.n.m. en el sector norte y/o naciente de la quebrada de Humahuaca. Las ocupaciones humanas identificadas en los mismos fueron fechadas entre los 2.900-960 años AP (Leoni, Sartori, Fabron, Hernández & Scarafia, 2012; Leoni, Fabron, Tamburini, Hernández & Brancatelli, 2014).

El sitio Antumpa se ubica en la terraza fluvial de la margen izquierda del arroyo Chaupi Rodeo, en su confluencia con el río Grande y se caracteriza por una gran cantidad de estructuras de posible función residencial dispersas entre cuadros de probable uso agrícola, por lo que habría constituido un asentamiento aldeano disperso (Leoni et al., 2012). El sitio Cóndor II se localiza en el sector superior de la quebrada de Cóndor sobre una terraza fluvial en la margen derecha del arroyo del mismo nombre. Se trataría de un poblado disperso o semiconglomerado relativamente pequeño afectado en gran medida por procesos aluviales (Leoni et al., 2014). Por último, Casas Grandes es un sitio multicomponente que comprende restos de estructuras, aterrazamientos y material

arqueológico en superficie distribuido sobre la terraza fluvial de la margen izquierda del arroyo Ciénaga Grande, en la ladera y cima de una elevación contigua (Leoni, 2013).

Los materiales faunísticos de estos contextos arqueológicos fueron clasificados en cuatro bloques temporales (Bloque 1: *ca.* 3.000 años AP; Bloque 2: 1.900-1.300 años AP; Bloque 3: 1.300-1.100 años AP; Bloque 4: 1.100-900 años AP) los cuales se definieron siguiendo criterios cronológicos y estratigráficos (Hernández, 2019). El Bloque temporal 1 comprende la arqueofauna del Montículo 1 de Antumpa fechado en  $2.900 \pm 80$  años AP y  $2.860 \pm 50$  años AP. Los materiales del Bloque 2 proceden de capas estratigráficas de Antumpa datadas entre los  $1.980 \pm 60$  años AP y  $1.330 \pm 70$  años AP. Los especímenes del Bloque temporal 3 fueron recuperados de los niveles estratigráficos superiores del sitio Antumpa. Finalmente, el Bloque temporal 4 está representado por los sitios Cóndor II y Casas Grandes (*ca.* 1.100-900 AP).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras óseas modernas y arqueológicas de llamas y guanacos utilizadas para el análisis de MG 2D cumplieron con una serie de requisitos para ser incluidas en los estudios morfológicos. Se estudiaron especímenes óseos en los cuales pudo observarse el estado de fusión ósea, confirmando que los centros de osificación se encontraran fusionados para evitar fuentes de error asociadas con la edad de los individuos. La muestra arqueológica presentó estados de meteorización bajos (0 a 1/2), ausencia de patologías y de modificaciones post-depositacionales tales como alteración térmica, exfoliación, abrasión o la acción extensiva de carnívoros y/o roedores.

Teniendo en cuenta lo mencionado, trabajamos con una muestra moderna compuesta por  $N=16$  individuos, ocho de los cuales corresponden a llamas y los restantes a guanacos procedentes de diversas latitudes<sup>1</sup> (Tabla 1). La muestra

arqueológica se compone de  $N=20$  especímenes correspondientes a epífisis proximales de primeras falanges delanteras (1°F DEL px) procedentes de los distintos contextos arqueológicos estudiados. Del total de especímenes analizados el 15% pertenece al Bloque 1, el 15% al Bloque 2, el 20% al Bloque 3 y el 50% al Bloque temporal 4.

El relevamiento de imágenes para MG 2D se realizó con cámara réflex digital semiprofesional de elevada resolución, empleándose en todos los casos el mismo instrumental y cuidando que las condiciones en la toma de imágenes sean constantes (luz artificial, sin *flash* ni *zoom*) para evitar posibles sesgos. Se utilizó trípode para mantener un ángulo recto entre el lente y el hueso para asegurar la misma distancia focal y la coplanaridad de las imágenes. Se utilizó escala para el posterior escalamiento de las fotos (ubicada en el mismo plano que la estructura a fotografiar). Las imágenes fueron almacenadas en formato .jpg y editadas a partir del programa Adobe Photoshop CS6 para que todas presenten la misma orientación, inclinación, tamaño y resolución. Se fotografiaron elementos derechos y cuando no se contaba con dicha lateralidad, se tomaron imágenes de elementos izquierdos que luego fueron reflejadas con el editor de imágenes. Las 1°F DEL px se analizaron mediante configuraciones de *landmarks* y *semilandmarks*. Los *landmarks* cumplieron con los requisitos de ser homólogos, estar en el mismo plano, de replicarse de manera consistente, de no alterarse su posición relativa en relación con otros *landmarks* y de cubrir adecuadamente la morfología del elemento (Zelditch, Swiderski, Sheets & Fink, 2004). Se definieron un total de cinco *landmarks* y cinco *semilandmarks* (Hernández, 2019; Figura 1). De esta manera, la cantidad de especímenes a analizar ( $N=36$ ) superó la cantidad de variables de forma estudiadas ( $N=20$ , es decir, 10 *landmarks/semilandmarks* multiplicados por dos en tanto trabajamos con técnicas 2D), como es recomendado para algunos test estadísticos multivariados (Gunz

<sup>1</sup> Justificamos esta inclusión debido a que los guanacos de la muestra moderna utilizados en los análisis de MG no mostraron asociación entre las variables forma y la

latitud (Hernández, 2019), a diferencia de lo registrado en los estudios del tamaño corporal (L'Heureux & Cornaglia Fernández, 2015).

Individuo	Especie	Procedencia	Institución o guarda
SJ05	<i>Lama glama</i>	Catamarca	Colección particular
ICA305	<i>Lama glama</i>	Buenos Aires	Instituto de Arqueología de la Facultad de Filosofía y Letras (UBA)
L-148	<i>Lama glama</i>	Catamarca	Museo de Antropología y Universidad Nacional de Córdoba (UNC)
L-150	<i>Lama glama</i>	Catamarca	Museo de Antropología y Universidad Nacional de Córdoba (UNC)
L-151	<i>Lama glama</i>	Catamarca	Museo de Antropología y Universidad Nacional de Córdoba (UNC)
MACN 3361	<i>Lama glama</i>	Bolivia	División de Mastozoología- MACN
MACN 3362	<i>Lama glama</i>	Bolivia	División de Mastozoología-MACN
MLP 31	<i>Lama glama</i>	La Plata	División de Mastozoología-FCsNyM-UNLP
G-149	<i>Lama guanicoe</i>	Catamarca	Museo de Antropología y Universidad Nacional de Córdoba (UNC)
SG06	<i>Lama guanicoe</i>	San Juan	Colección particular
M2	<i>Lama guanicoe</i>	Mendoza	Laboratorio de Arqueología Histórica del Instituto de Arqueología y Etnología, FFyL-UNCuyo
G-80	<i>Lama guanicoe</i>	Catamarca	Museo de Antropología y Universidad Nacional de Córdoba (UNC)
MACN 26654	<i>Lama guanicoe</i>	Santa Cruz	División de Mastozoología-MACN
MACN 26014	<i>Lama guanicoe</i>	Santa Cruz	División de Mastozoología-MACN
CHOMAL	<i>Lama guanicoe</i>	Santa Cruz	IMHICIHU-CONICET
DIPA	<i>Lama guanicoe</i>	Santa Cruz	IMHICIHU-CONICET

Tabla 1. Muestra moderna de referencia empleada en los estudios de MG 2D.

& Mitteroecker, 2013). Los *semilandmarks* fueron posteriormente deslizados siguiendo el criterio de *bending energy* para minimizar el efecto de su localización inicial arbitraria. Las configuraciones de puntos fueron ajustadas mediante un análisis generalizado de procrustes (método de superposición) para eliminar la información no asociada a la forma: efectos de la rotación, traslado y escala (Zeldich et al., 2004).

Se evaluó la incidencia de alometría en la muestra mediante una regresión multivariante entre las variables dependientes de forma (coordenadas de procrustes) y las variables independientes de tamaño (*centroid size*) para contrastar la hipótesis nula de independencia de las variables. A continuación, las variables de forma fueron analizadas mediante un análisis de componentes principales (ACP) para observar la tendencia general de variación morfológica, y análisis discriminantes (AD) para estimar el porcentaje de especímenes modernos

identificados correctamente por la función discriminante y clasificar luego los especímenes arqueológicos dentro de los grupos de llamas y/o guanacos de referencia. Para la realización de estos test se seleccionaron, como nuevas variables de forma, la cantidad de PC o de coordenadas de procrustes que mostraron el mejor ajuste posible de la función discriminante (N=13) (ver Kovarovic, Aiello, Cardini & Lockwood, 2011). Los análisis se realizaron mediante software *Thin Plate Spline* Util 1.78, Dig2 2.31 y Rewl 1.69 (Rohlf, 2004, 2007, 2008), *MorphoJ* 2.0 (Klingenberg, 2011) y PAST 3.19 (Hammer, Harper & Ryan, 2001).

Cabe destacar que previo a estos estudios se evaluó el error intraobservador realizando tres series de observaciones espaciadas por siete días sobre las primeras falanges, analizando los datos (coordenadas) mediante una prueba de ANOVA de medidas repetidas (Zar, 1999) y el coeficiente de correlación intraclase (CCI; Yezerinac, Loughheed

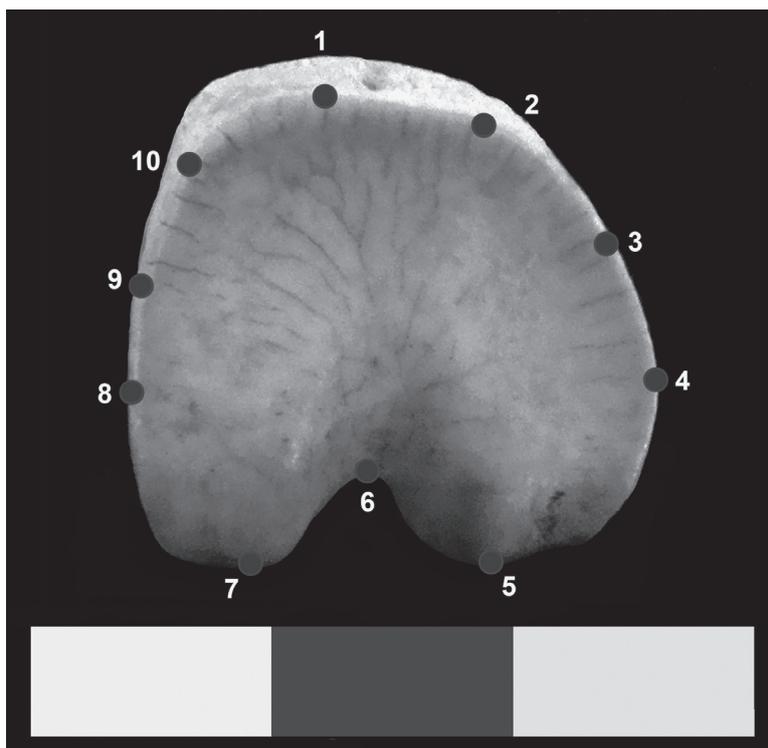


Figura 1. Configuración de landmarks\* (L) y semilandmarks (SL) para la epífisis proximal de las primeras falanges delanteras de camélidos. L1: Punto más dorsal que indica la profundidad máxima de la superficie articular; L4: Punto más medial que marca el ancho máximo de la superficie articular; L5: Punto más ventral que indica la profundidad máxima de la superficie articular; L7: Punto más ventral que indica la profundidad máxima de la superficie articular; L8: Punto más lateral que marca el ancho máximo de la superficie articular. \*Asimilables a puntos osteométricos (Izeta et al., 2012; L'Heureux, 2008).

& Handford, 1992). Los resultados mostraron la ausencia de diferencias significativas y niveles de acuerdo casi perfectos entre las distintas series de datos obtenidas por el observador (AH), garantizando una alta consistencia en la replicabilidad de los datos y comparabilidad de la información relevada.

## RESULTADOS

El análisis alométrico para las 1<sup>o</sup>F DEL px expuso la ausencia de covariación entre la forma y el tamaño del elemento ( $p=0,11$ ) de manera que únicamente el 4,99% de las variaciones en la forma de las 1<sup>o</sup>F DEL px se explicaría por los cambios en el tamaño del elemento (insertar Figura 2a). De esta manera se descarta la incidencia de la alometría en los estudios realizados.

El ACP muestra la máxima dispersión de los casos analizados (Figura 2b). Los tres primeros

componentes explicaron el 69,57% de la variación morfológica registrada. Este test estadístico expuso un amplio solapamiento de la forma del elemento entre guanacos y llamas modernas. El uso de *wireframes* (forma consenso<sup>2</sup> vs variaciones extremas) señala que hacia el extremo positivo del Componente 1 las falanges de los camélidos poseen alturas mayores y anchos menores que la forma consenso, registrándose alturas menores hacia el extremo negativo del eje. Siguiendo el Componente 2 se observaron anchos mayores al consenso hacia el extremo negativo del eje y menores hacia el positivo (Figura 2b).

Asimismo, no se observó un ordenamiento de los casos arqueológicos según el bloque temporal de pertenencia. Por otra parte, el AD indicó que

<sup>2</sup> La forma consenso es el promedio de las coordenadas de procrustes (Bookstein, 1996).

para las 1<sup>o</sup>F DEL px el porcentaje de clasificación correcta de guanacos y llamas en función de la forma de este elemento fue del 56,25% (validación cruzada, matriz de *Jackknifed*) si se consideran un total de 13 coordenadas de procrustes (Figura 3). En base a ello, la función predictora clasificó al 45% de los especímenes arqueológicos como guanacos (N=9) y al 55% como llamas (N=11).

En suma, el ACP mostró un amplio solapamiento de las formas de las 1<sup>o</sup>F DEL px de guanacos y llamas coincidiendo con la información obtenida con el tamaño de los elementos (osteometría lineal). En cambio, el AD permitió clasificar los especímenes arqueológicos en alguno de los morfotipos silvestre y doméstico de mayor porte. Se espera que el incremento de las muestras

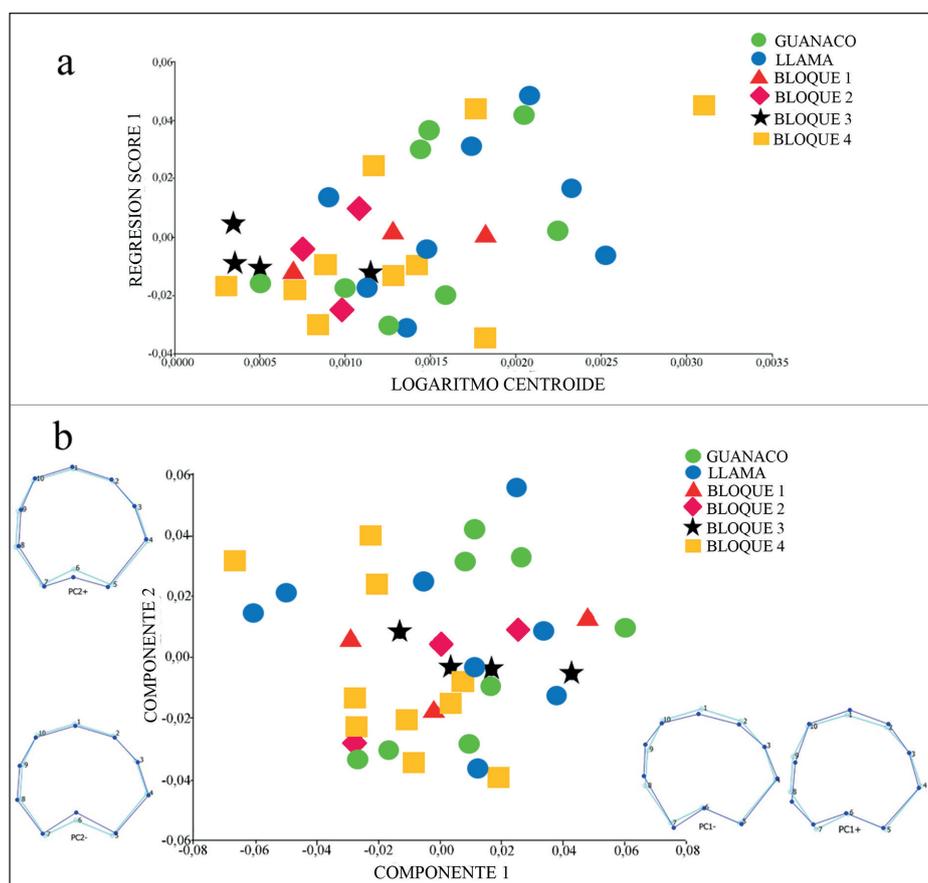


Figura 2. Análisis de las 1<sup>o</sup>F DEL px de guanacos y llamas. a) Regresión multivariante; b) Análisis de componentes principales y forma consenso (celeste) versus variaciones morfológicas extremas (azul).

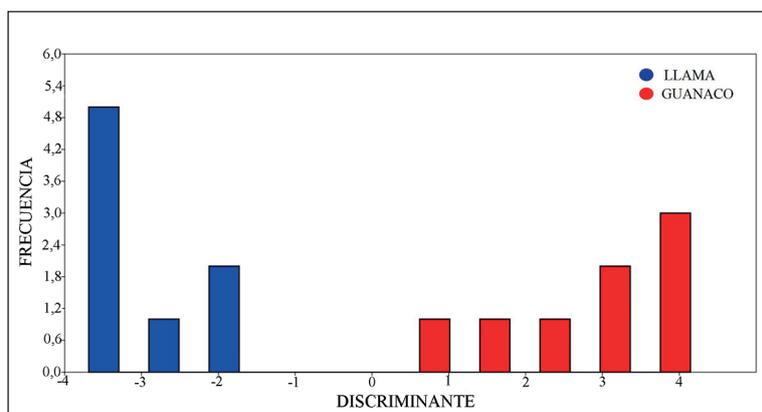


Figura 3. Análisis discriminante de las 1<sup>o</sup>F DEL px de guanacos y llamas.

contribuya con la mejora del porcentaje de especímenes identificados correctamente por el AD.

## DISCUSIÓN

Respecto al caso de estudio presentado, los resultados obtenidos sugieren que las poblaciones humanas que habitaron el sector norte de la quebrada de Humahuaca entre los *ca.* 3.000-960 años AP, explotaron camélidos silvestres y domésticos. Se identificaron especímenes que corresponderían a llamas y a guanacos en los tres sitios estudiados para los distintos bloques temporales definidos. A pesar que este trabajo debe considerarse exploratorio debido al tamaño de la muestra analizada, los resultados alcanzados muestran que la especie doméstica presentó una mayor frecuencia de representación en los contextos arqueológicos del área, si bien la especie silvestre de mayor porte contribuyó de manera significativa y constante a la dieta de las poblaciones humanas de este sector de la quebrada durante gran parte del Holoceno tardío. De esta manera, los especímenes del Bloque temporal 1 y 2 fueron clasificados en un 67% con llamas y en un 33% con guanacos, mientras que para los Bloques 3 y 4 se registró una representación equilibrada de ambas especies (50% llamas y 50% guanacos). Esta significativa representación de guanacos en los sitios arqueológicos del área sugiere que las prácticas de caza de esta especie tuvieron mayor preeminencia entre las poblaciones que habitaron la naciente de la quebrada respecto de los grupos asentados en el sector medio de la misma para los cuales se ha registrado, en líneas generales, una mayor incidencia de las prácticas pastoriles (Yacobaccio & Catá, 2006).

## CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos del análisis de MG 2D de especímenes óseos de guanacos y llamas muestra que esta técnica constituye una herramienta con potencial para abordar el problema de la identificación taxonómica. Si bien entre sus bondades se destaca que permiten reconstruir el cambio morfológico de manera continua y son las más adecuadas para estudiar las variaciones de la

forma a nivel intra e inter poblacional, su aplicación en arqueología posee ciertas limitaciones. Sus principales desventajas se vinculan con el mayor tiempo destinado a la adquisición de datos y su procesamiento, los costos del equipamiento necesario y los costos del relevamiento de datos a gran escala (traslado del equipo a diferentes instituciones). Sin embargo, la principal limitación se relaciona con la cantidad de especímenes modernos y arqueológicos a analizar, lo cual no es inherente a la técnica sino a la naturaleza de los datos con los que trabajamos (*i.e.* escasos elementos arqueológicos recuperados que cumplen con los requisitos para ser analizados, dificultades de incrementar la muestra de camélidos modernos en la región de estudio, escasez de muestras osteológicas modernas en museos con esqueleto postcraneal, entre otros factores).

Incrementar la muestra moderna de referencia resulta fundamental para elevar el potencial discriminador de la técnica y utilizar una cobertura más densa de *landmarks* y *semilandmarks* que permita captar diferencias sutiles de la forma de los elementos. Los estudios desarrollados hasta el momento indican que a medida que se incrementan los casos analizados las técnicas de MG mejoran su capacidad para diferenciar entre *taxa* (Hernández, 2019). Asimismo, contar con una muestra de referencia más numerosa permitirá profundizar los estudios sobre la variación de la forma en función de la latitud y altitud.

## AGRADECIMIENTOS

AG. Mengoni Goñalons (FFyL, UBA - CONICET), A. Izeta y T. Costa (IDACOR-CONICET), P. Teta y S. Lucero (MACN), I. Olivares (FCsNyM, UNLP), H. Chiavazza (FFyL, UNCuyo), N. Franco (IMHICIHU - CONICET) y N. Rodríguez Palat (FCEfyN, UNSJ) por el acceso a las muestras óseas de camélidos modernos, y a J.B. Leoni (FHumyAr, UNR - CONICET) y M.I. Hernández Llosas (FFyL, UBA - CONICET) por las muestras arqueológicas trabajadas.

## BIBLIOGRAFÍA

Adams, D.C., Rohlf, F.J. & Slice, D.E. (2004). Geometric morphometrics: Ten years of progress

- following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology*, 71, 5-16.
- Adams, D.C., Rohlf, F.J. & Slice, D.E. (2013). A field comes of age: Geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix*, 24(1), 7-14.
- Bookstein, F. (1991). *Morphometric tools for landmark data. Geometry and biology*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Bookstein, F. (1996). Biometrics, biomathematics and the morphometric synthesis. *Bulletin of Mathematical Biology*, 58(2), 313-365.
- Conte, B. & Izeta, A. (2019). Aplicación de morfometría 3D en primeras falanges de camélidos arqueológicos del sitio Alero Deodoro Roca (Ongamira, Córdoba, Argentina). *Libro de Resúmenes del V Congreso Nacional de Zooarqueología* (pp. 98-99), Catamarca: Universidad Nacional de Catamarca.
- Gunz, P. & Mitteroecker, P. (2013). Semilandmarks: a method for quantifying curves and surfaces. *Hystrix*, 24(1), 103-109. DOI:10.4404/hystrix-24.1-6292.
- Hammer, O., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9 pp.
- Hernández, A. (2019). *Caza y Pastoreo en el Sector Norte y Nacientes de la Quebrada de Humahuaca durante el Holoceno Tardío*, (Tesis de Doctorado inédita), Facultad de Humanidades y Artes, Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- Izeta, A., Srur M.G. & Labarca, R. (2012). *Guía de Osteometría de Camélidos Sudamericanos*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Kovarovic, K., Aiello, L., Cardini, A. & Lockwood, C. (2011). Discriminant function analyses in archaeology: are classification rates too good to be true? *Journal of Archaeological Science*, 38, 3006-3018.
- Leoni, J.B., Fabron, G., Tamburini, D., Hernández, A. & Brancatelli, C. (2014). Cóndor 2, un sitio del período de Desarrollo Regionales 1 en el sector norte de la Quebrada de Humahuaca, Jujuy. *Estudios Sociales del NOA*, 13, 125-146.
- Leoni, J.B. (2013). *Informe de Actividades Arqueológicas en los Sitios Cóndor 3, Casas Grandes y Playa Colanzulí (Depto. Humahuaca, Prov. de Jujuy), noviembre de 2013*. Informe de excavación. Manuscrito inédito.
- Leoni, J.B., Sartori, J., Fabron, G., Hernández, A. & Scarafia, G. (2012). Aportes al conocimiento de las sociedades aldeanas del Período Temprano en la Quebrada de Humahuaca: una visión desde Antumpa. *Intersecciones en Antropología*, 13(1), 117-131.
- L'Heureux, G.L. (2008). *El Estudio Arqueológico del Proceso Coevolutivo entre las Poblaciones Humanas y las Poblaciones de Guanacos en Patagonia Meridional y Norte de Tierra del Fuego*. British Archaeological Reports, International Series 1751. Oxford: Archaeopress.
- L'Heureux, G.L. & Hernández, A. (2016). Estudio morfogeométrico de las primeras falanges delanteras de los grandes camélidos sudamericanos. *Ciencias Morfológicas*, 18(2), 17-26.
- L'Heureux, G.L. & Cornaglia Fernández, J. (2015). *Lama Guanicoe* (Müller, 1776) body size in continental Patagonia and Tierra del Fuego. *Geobios*, 48(3): 239-248.
- López Mendoza, P.G. & Gómez, P. (2016). Perspectivas en el uso del espacio durante el Formativo temprano en la transecta Tulán (Región de Antofagasta, Chile) a partir del análisis de isótopos estables y de morfometría geométrica en camélidos. *Actas del XIX Congreso Nacional de Arqueología Argentina*. Serie Monográfica Didáctica 54, 1105-1108.
- Richtsmeier, J.T., Burke Deleon, V. & Lele, S.R. (2002). *The Promise of Geometric Morphometrics*.

- Yearbook of Physical Anthropology*, 45, 63-91.
- Rohlf, F.J. (2004). *TpsUtil Version 1.26. Ecology and Evolution*. Nueva York: State University, Stony Brook. <http://life.bio.sunysb.edu/morph>.
- Rohlf, F.J. (2007). *Relative warps, Version 1.45 (TpsRelw). Ecology and Evolution*, Nueva York: State University, Stony Brook. <http://life.bio.sunysb.edu/morph>.
- Rohlf, F.J. (2008). *TpsDig, Version 2.12. Ecology and Evolution*. Nueva York: State University, Stony Brook. <http://life.bio.sunysb.edu/morph>.
- Yacobaccio, H.D. (2001). La domesticación de camélidos en el Noroeste Argentino. En E. Berberian & A.E. Nielsen (Eds.), *Historia Argentina Prehispánica* Tomo 1 (pp. 7-40). Córdoba: Editorial Brujas.
- Yacobaccio, H.D. & Catá, M.P. (2006). El Uso de Camélidos en la Quebrada de Humahuaca (1.100 d.C.). *Memorias del IV Congreso Mundial sobre Camélidos* (pp. 354-364). Santa María de Catamarca: Ministerio de Producción y Desarrollo del Gobierno de la Provincia de Catamarca - Consejo Federal de Inversiones.
- Yezerinac, S.M., Loughheed, S. & Handford, P. (1992). Measurement error and morphometric studies: statistical power and observer experience. *Systematic Biology*, 41, 471-482.
- Zar, J.H. (1999). *Biostatistical Analysis*. Nueva York: Prentice Hall.
- Zelditch, M., Swiderski, D., Sheets, D. & Fink, W. (2004). *Geometric morphometrics for biologists*. Londres: Elsevier Academic Press.