

## Posibles relaciones filogenéticas basadas en la morfología del hueso calcáneo ovino (*Ovis aries* Linnaeus, 1758)

Possible phylogenetic relationships based on the morphology of the ovine calcaneal bone (*Ovis aries* Linnaeus, 1758)

Pere M. Parés-Casanova<sup>1\*</sup>, Lluís Lloveras<sup>2</sup>, Carme Rissech<sup>3</sup>, Simon Davis<sup>4</sup>

### RESUMEN

En el ovino, hay una relación de la masa de los músculos crurales con la mayor o menor aptitud a la marcha, a su vez quizás relacionada con las proporciones corporales, por lo que podrían darse diferencias funcionales entre razas, a tenor de aptitudes motoras diferentes. El hueso calcáneo representa la base de inserción de los músculos crurales responsables en parte de la marcha. Para corroborar esta hipótesis, se obtuvieron imágenes digitales de 28 calcáneos de ovejas domésticas de cuatro razas de la Península Ibérica: Churra, Merina, *Merino preto* y *Merino branca*. Las imágenes se analizaron mediante técnicas de morfometría geométrica a partir de 20 hitos anatómicos (puntos óseos). Se obtuvieron diferencias significativas entre razas, tanto para la forma como para el tamaño, siendo mayor en los merinos. Se deduce que la conformación del calcáneo refleja un área entésica que es variable según el mayor o menor desarrollo de los músculos crurales. Se considera que estas diferencias entre razas son debidas mayormente a una cuestión de conformación corporal más que de capacidad dinámogena.

**Palabras clave:** anatomía pos-craneal, basipodio, tarso, zooarqueología

<sup>1</sup> *Universitat Oberta de Catalunya, Cataluña, España*

<sup>2</sup> *Departament d'Història i Arqueologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, España*

<sup>3</sup> *Departament de Ciències Mèdiques Bàsiques, Facultat de Medicina i Ciències de la Salut, Universitat. Reus, España*

<sup>4</sup> *Laboratório de Arqueociências, DGPC, Lisboa, Portugal*

\* *E-mail: ppare@uoc.edu*

*Recibido: 7 de junio de 2023*

*Aceptado para publicación: 25 de enero de 2024*

*Publicado: 29 de febrero de 2024*

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

## ABSTRACT

In sheep, there is a relationship between the mass of the crural muscles and the greater or lesser ability to walk in turn perhaps related to body proportions, so there could be functional differences between breeds, based on different motor skills. The calcaneal bone represents the base of insertion of the crural muscles responsible in part for walking. To corroborate this hypothesis, it was obtained digital images of 28 calcanei of domestic sheep of four breeds from the Iberian Peninsula: Churra, Merina, *Merino preto* and *Merino branca*. The images were analysed using geometric morphometry techniques from 20 anatomical landmarks (bone points). There appeared significant differences between breeds, both for shape and size, being greater in merinos. It can be deduced that the conformation of the calcaneus reflects an area of enthesis which varies according to the greater or lesser development of the crural muscles. It is considered that these differences between breeds are mainly explained by the body conformation rather than dynamogenic capacity.,

**Key words:** basipodium, post-cranial anatomy, tarsus, zooarchaeology

## INTRODUCCIÓN

El esqueleto representa el eje principal del cuerpo en los animales vertebrados, puesto que forma la parte más sólida del cuerpo, soportando y protegiendo así las partes sensibles de los órganos y fijando sus diversas partes. Asimismo, los huesos de las extremidades posteriores representan una parte importante del esqueleto al ser los impulsores del cuerpo (Barone, 1999).

Los movimientos animales son el resultado de la confrontación de las fuerzas internas corporales con las fuerzas externas del medio ambiente. Las articulaciones pueden considerarse los engranajes que mantienen unidos entre sí a los elementos óseos, permitiéndoles llevar a cabo los movimientos para los cuales están dispuestos (Sisson y Grossman, 2001).

Los huesos del tarso (corvejón) están organizados en tres filas óseas. La fila proximal está formada por dos huesos relativamente grandes, el astrágalo (*os tarsi tibiale*), medialmente, y el hueso calcáneo

(*os tarsi fibulare*), en el lado fibular (lateralmente) (Barone, 1999; Sisson and Grossman, 2001). El calcáneo se sitúa principalmente lateral al talo. Esta articulación tarsal puede equipararse a un fulcro o apoyo, con el hueso calcáneo actuando como palanca – la parte del calcáneo que se proyecta en dirección proximal detrás de la tibia actuaría como un brazo de palanca libre –, y los tendones de los músculos que llegan y se insertan a la articulación del corvejón al cable de transmisión de fuerzas (Sisson y Grossman, 2001). Así, en efecto, la morfología del calcáneo refleja el estilo de locomoción, aunque la forma ósea no responde a la locomoción en sí, sino a las restricciones que se aplican a los huesos (Ginot *et al.*, 2016).

Los estudios que relacionan la morfología pos-cranial con la locomoción son relativamente abundantes, aunque mayoritariamente en primates, marsupiales cavimorfos (Ginot *et al.*, 2016), pero no así en los mamíferos domésticos, y mucho menos a nivel de raza. Ante esto, se planteó la posibilidad de que el tamaño del hueso calcáneo podría reflejar diferencias en cuatro razas ovinas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Especímenes

Se obtuvieron los datos a partir del estudio morfométrico de 28 calcáneos de ovejas domésticas (*Ovis aries*). Los especímenes se hallan depositados en el *Laboratório de Arqueociências from Direção Geral do Património Cultural* y en el *National Museum of Natural History and Science* de Lisboa (Portugal), procedentes de cuatro razas autóctonas (Churra, Merina, *Merino preto* y *Merino branca* (Cuadro 1). Siempre que fue posible, se eligieron calcáneos derechos y de ejemplares adultos y subadultos (determinados por presentar la tuberosidad calcánea completamente fusionada). Ningún ejemplar presentaba anomalías patológicas. Se desconoce el sexo de los animales de procedencia.

Cuadro 1. Huesos calcáneos analizados (n=28) en el estudio morfométrico de cuatro razas de ovinos domésticos (*Ovis aries*)

Raza	n
Churra	15
<i>Merina preto</i>	4
<i>Merino branco</i>	2
Merino	7
Total	28

### Obtención y Cálculo de las Variables

Se obtuvieron fotografías del plano medial (formato JPG), a una distancia de 30 cm de cada ejemplar. Se utilizó una cámara digital Nikon® D3400 con objetivo de 18-55 mm y a una distancia focal de 55 mm.

Se digitalizó un conjunto de 20 hitos (puntos óseos), que englobaban tanto la tuberosidad del calcáneo (*tuber calcanei*) como la base (*facies articulares*) utilizando el pro-

grama TpsDig v. 2.16 (Rohlf 2010). Los hitos anatómicos fueron definidos de la siguiente manera y recurriendo a la terminología anatómica veterinaria (I.C.V.G.A.N., 2012) (Figura 1):

- (1) Punto más cóncavo por debajo del tubérculo calcáneo,
- (2) Punto anterosuperior del tubérculo calcáneo,
- (3) Punto más dorsal del tubérculo calcáneo,
- (4) Punto caudoventral de la entesis gastrocnemio,
- (5) Punto de intersección entre el cuello del calcáneo y el *sustentaculum tali*,
- (6) Punto más dorsal del *sustentaculum tali*,
- (7) Punto más caudal de *sustentaculum tali*,
- (8) Punto más craneoventral del *sustentaculum tali*,
- (9) Punto dorsal de la superficie articular astragalar superior (*facies articulares talaris*),
- (10) Punto más craneal de la facies articulares talaris superiores,
- (11) Punto más cóncavo entre los hitos 10 y 12,
- (12) *Processus coracoideus*,
- (13) Punto más cóncavo entre los hitos 12 y 14,
- (14) Punto más ventral de la *facies articularis malleolaris*,
- (15) Punto ventral más cóncavo a la *facies articularis malleolaris*,
- (16) Punto más craneoventral de la superficie articular astragalar inferior,
- (17) Punto más craneoventral de la superficie articular cubonavicular (*facies articularis cuboidea*),
- (18) Punto más cóncavo del borde caudal de la *facies articularis cuboidea*,
- (19) Punto más caudal de la *facies articularis cuboidea*,
- (20) Punto más cóncavo del borde craneal de la *facies articularis cuboidea*. Se ha recurrido a la terminología anatómica veterinaria (I.C.V.G.A.N., 2012).

Se utilizó el método de Superposición Procrustes Generalizado para alinear las configuraciones de los hitos y de este modo eliminar la información sobre tamaño, posición

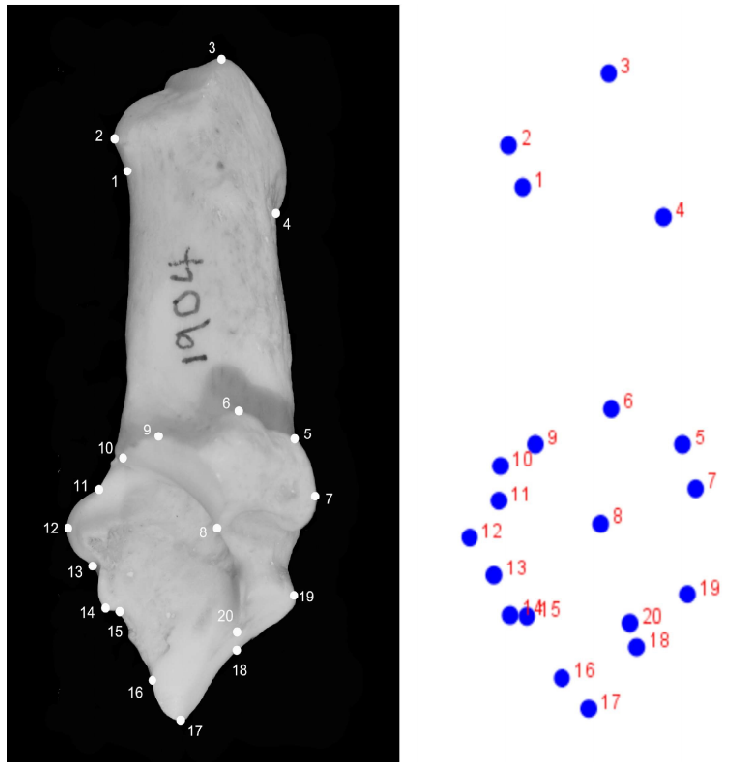


Figura 1. Referentes anatómicos utilizados en el calcáneo. La imagen de la izquierda corresponde a una pieza ósea. La imagen de la derecha al contorno delimitado por los hitos anatómicos usados. Véase el texto para la denominación topográfica de cada hito

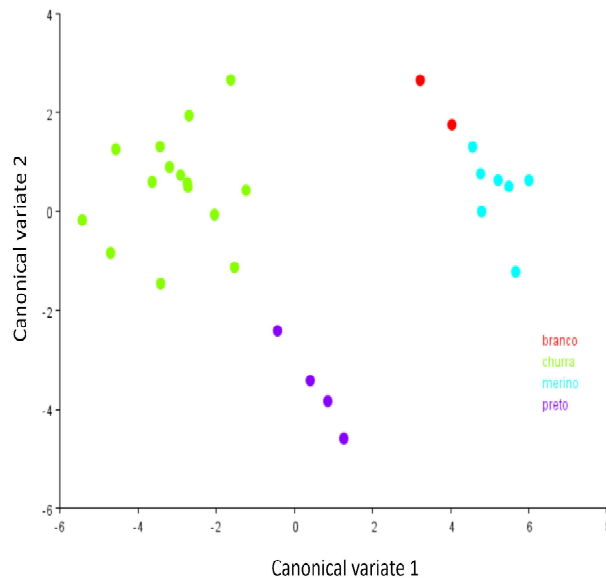


Figura 2. Análisis Variante Canónico (CV1+CV2=77.80%+14.12%=91.92%) de la forma del hueso calcáneo en cuatro razas ovinas: Churra (n=15), Merino (n=7), Merino blanco (n=2) y Merino preto (n=4). Se reflejan diferencias estadísticamente significativas entre razas ( $p<0.0001$ )

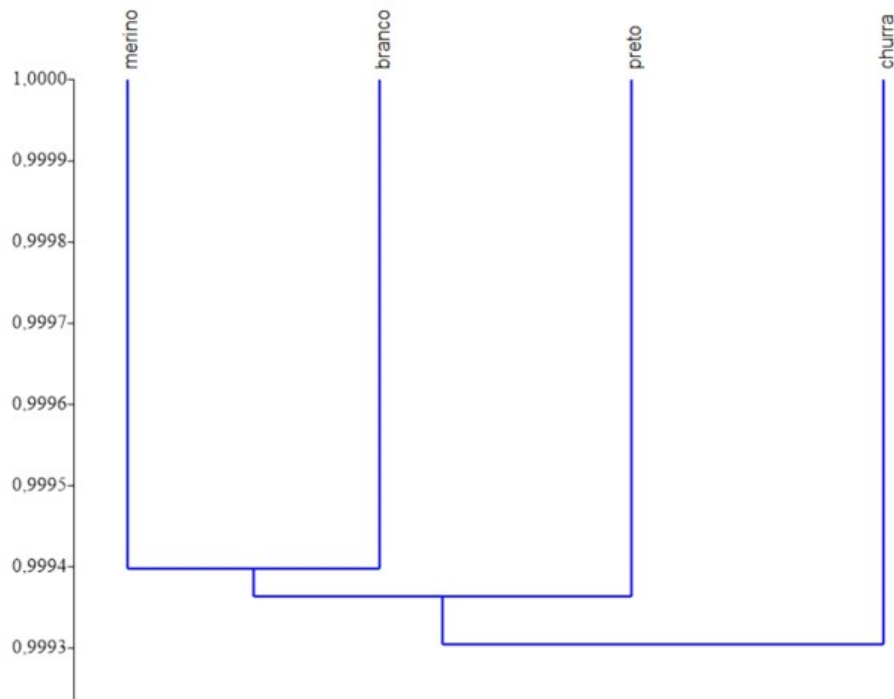


Figura 3. Dendrograma obtenido a partir de los datos promediados de tamaño para la tuberosidad y la base del calcáneo para las razas Churra (n=15), Merino (n=7), *Merino blanco* (n=2) y *Merino preto* (n=4)

y orientación original de las coordenadas cartesianas (Adams *et al.*, 2013). La forma pura quedó definida como la información que quedaba en el conjunto de coordenadas después de un proceso de rotación, translación y reescalado (Rohlf, 2005). El tamaño quedó definido como «tamaño de centroide» (CS por sus siglas en inglés, *Centroid Size*), expresado como la raíz cuadrada de la suma de las distancias elevadas al cuadrado de cada punto al centroide o punto central del objeto) (Adams *et al.*, 2013).

Se realizó un análisis de regresión utilizando el CS como variable independiente y los valores log-transformados como variable dependiente a fin de detectar un posible efecto alométrico (Klingenberg, 2016). Seguidamente se procedió a un Análisis Variante Canónico (CVA) para comparar las razas en cuanto a la forma, analizando la significación estadística a partir de las distancias de Maha-

lanobis. Un análisis de varianza (ANOVA) de una vía se utilizó para comparar los tamaños, expresados como CS. Finalmente, se estableció un dendrograma para las cuatro razas con los valores de la forma promediados, utilizando la técnica de *single linkage* y las correlaciones como medida de similitud. Todos los análisis se realizaron con los programarios de libre distribución MorphoJ v. 1.07a (Klingenberg, 2011) y PAST v. 2.17c (Hammer *et al.*, 2001). El nivel de confianza se estableció en 95%.

## RESULTADOS

El análisis de regresión no fue estadísticamente significativo (únicamente el 2.7% del cambio en la forma se explica por el cambio en el tamaño;  $p=0.625$ ), de allí que los análisis posteriores se realizaron sin necesidad de corrección alométrica. La forma

apareció estadísticamente significativa al comparar las razas ( $p < 0.0001$ ), excepto para los merinos *Preto* y *Branco* ( $p = 0.052$ ). Los dos primeros ejes explicaron un 91.92% de la variación total observada ( $CV1 + CV2 = 77.80\% + 14.12\% = 91.92\%$ ) (Figura 2). El ANOVA reflejó diferencias significativas para el tamaño entre el Merino y la Churra. La Figura 3 muestra el dendrograma obtenido de los valores de forma promediados para cada raza.

## DISCUSIÓN

El Merino se originó en la Península Ibérica y se caracteriza como un animal de tronco de longitud media y eumétrica (machos: 75-100 kg; hembras: 50-70 kg) con variaciones dependiendo de la zona geográfica; las razas *Merino blanco* (color blanco) y *Merino preto* (color negro) son originarias de Portugal, en tanto que la raza ovina churra, de tronco largo y profundo y también eumétricos (machos: 80-90 kg; hembras: 50-70 kg) se caracterizan ambas razas por su rusticidad (Esteban Muñoz, 2003).

La concepción del calcáneo como un mero «hueso de tensión/compresión» para soportar el peso corporal, relativamente simple, no es rigurosamente cierta (Skedros *et al.* 2019), y se cree que el eje calcáneo funciona como una palanca corta con tensiones tanto en la parte dorsal como plantar (Skedros *et al.*, 2019). Diversos músculos crurales se insertan en el calcáneo: el tríceps sural (gastrocnemio + sóleo), una parte del bíceps femoral, el semitendinoso y el flexor digital superficial, los cuales forman en conjunto el tendón del calcáneo común (mal referido como «tendón de Aquiles»).

Hay una relación de la masa de los músculos crurales con la mayor o menor aptitud a la marcha, quizás a su vez relacionada con las proporciones corporales. Por eso, Churra y Merinos presentarían aptitudes y/o estilos diferentes a la locomoción que se re-

flejarían en tamaños diferentes del calcáneo, que representa la base de inserción de esos músculos crurales. Siendo el tamaño del calcáneo de los Merinos proporcionalmente mayor que el de la Churra, es posible que esto sea el reflejo de una mayor área entésica (de inserción tendinosa), debido a un mayor desarrollo de todos o parte de los músculos motores citados (Barone, 1999; Sisson and Grossman, 2001). Las diferencias en el hueso calcáneo en las razas en estudio podrían explicarse por el diferente formato corporal de estas razas, más que por un efecto dinámico, dado que estas razas son muy rústicas y presentan una alta capacidad de desplazamiento al encontrarse adaptadas a la trashumancia.

A partir de estos resultados se podrían inferir conclusiones sobre el formato corporal a partir de restos óseos, lo que sería de gran interés en estudios zooarqueológicos, puesto que el calcáneo es una pieza ósea frecuentemente hallada en yacimientos. Los estudios raciales sobre esqueleto no deberían centrarse únicamente en la conformación craneal, como es habitual, sino también otras regiones post craneales, que no ayudarían únicamente a la comprensión de fenómenos funcionales y/o adaptativos, sino que también permitirían abordar el estudio de posibles diferencias poblacionales.

## CONCLUSIONES

Se reflejan diferencias en la forma del hueso calcáneo en las cuatro razas ovinas de origen español y portugués, lo que podría explicarse por el diferente formato corporal, más que por un efecto dinámico.

## LITERATURA CITADA

1. **Adams DC, Rohlf FJ, Slice DE. 2013.** A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix* 24: 7-14. doi: 10.4404/hystrix-24.1-6283

2. **Barone R. 1999.** Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1. Ostéologie. 5° ed. Paris: Vigot Frères. 761 p.
3. **Esteban Muñoz C. 2003.** Razas ganaderas españolas. II. Ovinas. Madrid: Federación Española de Asociaciones de Ganado Selecto – FEAGA. 488 p.
4. **Ginot S, Hautier L, Marivaux L, Vianey-Liaud M. 2016.** Ecomorphological analysis of the astragalo-calcaneal complex in rodents and inferences of locomotor behaviours in extinct rodent species. PeerJ 4: e2393. doi: 10.7717/peerj.2393
5. **Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001.** PAST v. 2.17c. Palaeontol Electron 4: 1-229.
6. **I.C.V.G.A.N. 2012.** Nomina anatomica veterinaria. Hannover: International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1751-0813.1975.tb09378.x>
7. **Klingenberg CP. 2011.** MorphoJ: an integrated software package for geometric morphometrics. Mol Ecol Resour 11: 353-357. doi: 10.1111/j.1755-0998.-2010.02924.x
8. **Klingenberg CP. 2016.** Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric morphometrics. Dev Genes Evol 226: 113-137. doi: 10.1007/s00427-016-0539-2
9. **Rohlf FJ. 2005.** Geometric morphometrics simplified. Trends Ecol Evol 20: 13-14. doi: 10.1016/j.tree.2004.08.005
10. **Rohlf FJ. 2010.** Digitalized landmarks and outlines. New York: Stony Brook: Department of Ecology and Evolution, State University of New York.
11. **Sisson S, Grossman GD. 2001.** Anatomía de los animales domésticos. Tomo I. Salvat. Barcelona.
12. **Skedros JG, Su SC, Knight AN, Bloebaum RD, Bachus KN. 2019.** Advancing the deer calcaneus model for bone adaptation studies: *ex vivo* strains obtained after transecting the tension members suggest an unrecognized important role for shear strains. J Anat 234: 66-82. doi: 10.1111/joa.12905