

EVALUACIÓN ALOÍDICA DE LA CABEZA. UN EJEMPLO EN EL CABALLO ÁRABE

PROFILE ASSESSMENT OF THE HEAD. AN EXAMPLE ON ARABIAN HORSE

Salamanca-Carreño A.¹, Parés-Casanova P.M.^{2*}, Cantón C.³, Monroy-Ochoa N.I.¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, Colombia.

²Escola Agraria del Pirineu. Finca de les Colomines, Bellestar, Alt Urgell, Catalunya, España. *pmpares@gencat.cat

³Investigador independiente.

Keywords: Animal anatomy; Sexual Dimorphism; Bone formation; Morphology.

Palabras clave: Anatomía animal; Dimorfismo sexual; Formación ósea; Morfología.

ABSTRACT

Morphometric variables are important to analyze morphological variation and knowledge in animal species quantitatively. The objective of the present study was to apply geometric morphometry techniques to detect possible differences in the head profile between female, stallions and castrated males of Purebred Arabian animals (n=65) and their F₁ crosses (n=17). For this, we proceeded to the study of 82 registered animals (13 stallions, 42 females and 27 castrates), adults (age range: 5-24 years) using digital pictures obtained from each animal in the lateral plane. Subsequently, a set of 13 landmarks and 23 semi-landmarks was located in each image, which served to quantify the profile. From the statistical treatment of the data obtained, it was observed that statistically significant differences appear between the three groups, differences centered at the level of the fronto-nasal limit and the snout. The results suggest that it is important to consider sexual dimorphism shape to evaluate the breed. In addition, it is inferred that geometric morphometry allows the quantitative evaluation of a racial characteristic as necessary as the head profile, so this simple and very low-cost technique would enable new approaches for the study and comparison of other equine breeds and the detailed description of possible sexual dimorphisms.

RESUMEN

El uso de variables morfométricas es importante para analizar cuantitativamente la variación morfológica y conocimiento de las especies de animales. El objetivo del presente estudio fue aplicar técnicas de morfometría geométrica para detectar posibles diferencias en el perfil cefálico entre hembras y machos enteros y castrados de animales Pura Raza Árabe (n=65) y sus cruces F₁ (n=17). Para ello, se procedió al estudio de 82 animales registrados (13 sementales, 42 hembras y 27 castrados), adultos (rango de edad: 5-24 años); de cada animal se obtuvo una fotografía digital en el plano lateral. Posteriormente, en cada imagen se ubicaron 13 hitos y 23 semi-hitos, que sirvieron para cuantificar el perfil. Del tratamiento estadístico de los datos obtenidos se observó que aparecen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos, diferencias centradas a nivel del límite fronto-nasal y hocico. Los resultados sugieren la existencia de un dimorfismo sexual de forma, que debería tenerse en cuenta para fines de evaluación. Además, se infiere que la morfometría geométrica permite la evaluación cuantitativa de una característica racial tan necesaria como el perfil cefálico, por lo que esta técnica sencilla y de muy bajo costo, permitiría nuevos enfoques para el estudio y comparación de otras razas equinas, así como la descripción detallada de posibles dimorfismos sexuales.

INTRODUCCIÓN

Ya en las primeras obras de etnología animal (Berbiela & Arán, 1907) (Aparicio, 1944), la evaluación de las siluetas o perfiles constituía un elemento de identificación racial de primer orden, sobre todo en las razas caballares Clásicamente, se han considerado los perfiles: ortoide (recto), celoide (cóncavo, “perfil entrante”) y cirtoide (convexo, “perfil saliente”) (Sañudo, 2009), con variaciones en algunos casos extremas. El tema de

los perfiles (aloidismo) constituye uno de los elementos del trígamo signaléptico de Baron (Sotillo & Serrano, 1985), base de la descripción plástica de las razas. La apreciación aloídica suele ser visual.

La morfometría geométrica (MG) constituye una herramienta interesante para la cuantificación tanto de la forma pura (“shape”) como del tamaño (“size”) (Watanabe, 2018), permitiendo objetivar datos morfológicos que de otro modo serían difícilmente cuantificables (Toro *et al.*, 2010). La MG parte del uso de hitos anatómicos, que representan puntos cartesianos en el espacio, y que nos permiten delimitar una forma dada (Toro *et al.*, 2010).

En el presente estudio, procedimos a la aplicación de técnicas de MG para determinar si el perfil cefálico en el caballo puede de este modo cuantificarse, y por ende ello permitir realizar estudios estadísticos multivariantes. El estudio se ha realizado en una población de perfil cefálico tan singular como el Árabe y sus cruces, y como estudio multivariante hemos comparado entre sexos: machos, hembras y castrados. Debe destacarse, finalmente, que, paso a paso, las técnicas de MG van aplicándose al estudio de otros animales domésticos, como ovinos (Parés-Casanova & Domènech-Domènech, 2021), caprinos (Parés-Casanova, 2015) y bovinos (Parés-Casanova, 2014) (Parés-Casanova *et al.*, 2020).

Destacar, finalmente, que en ningún caso los autores hemos pretendido determinar a partir de los perfiles parámetros como “pureza” o “belleza”, sino tan sólo evaluar la bondad y las posibilidades del método geométrico elegido.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio con 81 animales registrados como árabes puros (n=65) y sus cruces F₁ (n=17), representando en total 13 sementales, 42 hembras y 27 castrados, adultos (rango de edad: 5-24 años) procedentes de yeguas diferentes y líneas dispares. La procedencia y el linaje no han sido tomados en cuenta para el presente estudio. De cada animal se obtuvo una fotografía digital en el plano lateral izquierdo, colocando la cámara centrada y paralela a la cabeza. La obtención de la forma se efectuó mediante técnicas de la morfometría geométrica 2-D (Adams *et al.*, 2013): en cada fotografía se ubicaron 13 hitos -puntos discretos- y 23 semi-hitos -puntos a lo largo de la curva dorsal de la cabeza- (Gunz & Mitteroecker, 2013), que permitieron cuantificar en conjunto el perfil cefálico. La variación de la forma de los especímenes con el espacio tangente se analizó con el programa TpsSmall v. 1.33 (Rohlf, 2015). 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 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 re escalado (Rohlf, 2005). El tamaño quedó definido como “tamaño de centroide” (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 en primer lugar un análisis de regresión utilizando el tamaño como variable independiente, y las coordenadas de forma como dependientes, a fin de detectar un posible efecto alométrico (Klingenberg, 2016). El análisis estadístico posterior se realizó con base en un Análisis Canónico Variante (ACV) a partir de las distancias de Mahalanobis de los residuales de regresión y una ronda de 10.000 permutaciones, a fin de detectar posibles diferencias entre los tres grupos. Finalmente, se procedió a un Análisis de Componentes Principales (ACP), también a partir de los residuales de regresión, a fin de detectar los hitos más discriminantes. Todo los análisis se realizaron con el programario de libre distribución MorphoJ v. 1.07^a (Klingenberg, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La regresión de la forma pura sobre el tamaño fue estadísticamente significativa ($p=0,0298$), o sea, que aparece una alometría aloídica o, dicho de otro modo, un cambio de la forma según el tamaño. El ACV reflejó diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos estudiados ($p<0,0001$) -machos, hembras y castrados-, siendo la menor distancia -o sea, la mayor semejanza- la de los castrados *versus* las hembras (Figura 1). En el ACP, los dos primeros componentes principales resumieron un 73.79% de la variación total observada (CP1+CP2=53.93%+19.86%), siendo los hitos más explicativos los situados en la frontera fronto-nasal y a nivel del hocico (Figura 2).

Aunque hay algunos trabajos de MG sobre caballos vivos (Parés-Casanova & Allés, 2015) (Gmel *et al.*, 2018) (Sénèque *et al.*, 2018) (Liuti & Dixon, 2020a) y cráneos (Parés-Casanova, Salamanca-Carreño, et al., 2020), a conocimiento de los autores no hay estudios similares al que aquí presentamos para otras poblaciones caballares. Para el equino, los estudios morfométricos centrados en la cabeza, a nivel de raza, utilizan normalmente no morfometría geométrica sino lineal (Evans & McGreevy, 2006) (Merkies *et al.*, 2020). Los escasos estudios utilizando técnicas de MG tienen otros objetivos, como el estudio ontogénico (Heck *et al.*, 2019) (Liuti & Dixon, 2020b) y evolutivo (Heck *et al.*, 2018), por lo que no podemos comparar nuestros resultados con otros autores.

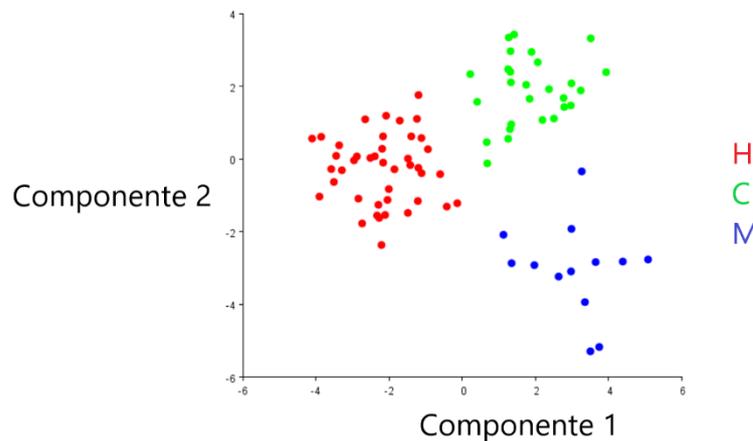


Figura 1. Análisis Canónico Variante para el perfil cefálico en 81 animales registrados como árabes puros y sus cruces F_1 (13 sementales M, 42 hembras H, y 27 castrados C). El análisis reflejó diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos ($p < 0,0001$) (*Canonical Variate Analysis for head profile in 81 registered animals from Arabian breed and their F_1 crosses (13 stallions M, 42 females H, and 27 geldings C). It showed statistical differences among the three studied groups ($p < 0.0001$).*

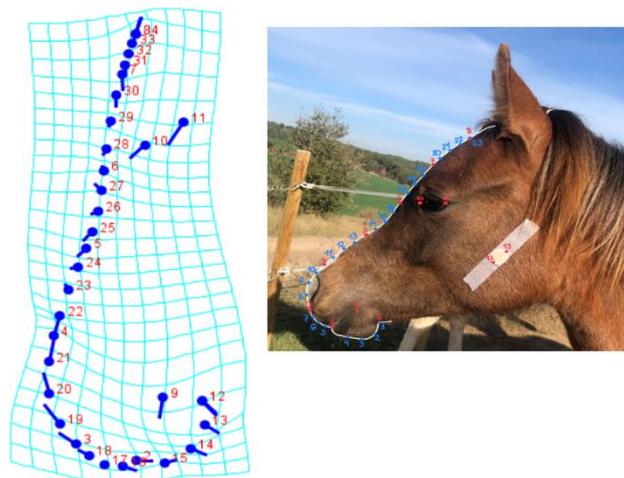


Figura 2. Diagrama de deformación del perfil en los animales estudiados para el CP1, que explicó un 53,93% de la variación total observada. Cada punto representa un hito anatómico. Los hitos más explicativos los situados en la frontera fronto-nasal y a nivel del hocico. En la fotografía se muestran los hitos homólogos y semi-hitos tomados para el análisis morfométrico. La moneda adherida tiene un objetivo meramente de calibrado. (*Profile deformation diagram in the animals studied for Principal Component 1, which explained a 53.93% of the total observed variation. Each point represents an anatomical landmark. The most explanatory landmarks are those located on the fronto-nasal border and at the level of the muzzle. The photograph shows the homologous and semi-landmarks taken for the morphometric analysis. The attached coin is merely for calibration purpose).*

A pesar de ello, se refleja que con técnicas de MG no únicamente podemos cuantificar el aloidismo cefálico, sino además determinar que es en puntos concretos donde se da más diferenciación: la situada en el límite fronto-nasal y a nivel del hocico. Si ello se corroborase para las diferentes razas equinas, debería considerarse a la hora de las evaluaciones raciales. Para el caso concreto de la muestra estudiada, además, el perfil diferencia entre sexos, lo que reflejaría un cierto grado de “feminización” en el perfil. Técnicamente, podríamos referirnos a esta expresión plástica como ginomimicria aloídica: ginomimicria, de las voces de origen griego *gino* (γυνή), que significa “mujer”, y *mimikós* (μιμικός), que tendría la aceptación de imitador”; y aloídica, puesto que es referida al perfil. Se ha detectado este fenómeno biológico, entre machos y hembras (no castrados) en otras razas domésticas, como la cabra enana de Zambia, en África (Parés-Casanova *et al.*, 2014), y creemos que en futuros estudios de morfotipos ello debería tenerse en cuenta.

CONCLUSIONES

La alometría da cuenta de los cambios de conformación que derivan del cambio de tamaño; de tal manera que la conformación aloídica es dependiente del tamaño cefálico. Del presente estudio se puede sospechar igualmente (aunque no inferir como carácter general, por lo relativamente reducido de la muestra estudiada) la existencia de un posible dimorfismo sexual en el perfil cefálico en el caballo Árabe y sus cruces F₁, así como una ginomimicria aloídica de los castrados. Sería ahora interesante repetir estudios similares en muestras mucho mayores, y ver si estos resultados se infieren para todas las líneas de caballo Árabe. Pero, en general, y ese era el objetivo general del estudio, se deduce que la morfometría geométrica permite la evaluación cuantitativa de una característica racial tan importante como es el perfil cefálico, por lo que esta técnica sencilla y de muy bajo coste, permitiría nuevos enfoques para el estudio de otras razas equinas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todos los propietarios de los animales por todas las facilidades ofrecidas durante el muestreo.

BIBLIOGRAFÍA

- 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. <https://doi.org/10.4404/hystrix-24.1-6283>
- Aparicio, G. (1944). *Zootecnia Especial. Etnología Compendiada* (3rd ed.). Imprenta Moderna.
- Berbiela, R., & Arán, S. (1907). *Zootecnia General y Especial*. Abadía y Capapé.
- Evans, K. E., & McGreevy, P. D. (2006). Conformation of the equine skull: a morphometric study. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 35(4), 221–227. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2005.00663.x>
- Gmel, A. I., Druml, T., Portele, K., & von Niederhäusern, R. Neuditschko, M. (2018). Repeatability, reproducibility and consistency of horse shape data and its association with linearly described conformation traits in Franches-Montagnes stallions. *PLOS ONE*, 13(8), 13(8):e0202931. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202931>
- Gunz, P., & Mitteroecker, P. (2013). Semilandmarks: A method for quantifying curves and surfaces. *Hystrix*, 24(1), 103–109. <https://doi.org/10.4404/hystrix-24.1-6292>
- Heck, L., Sanchez-Villagra, M. R., & Stange, M. (2019). Why the long face? Comparative shape analysis of miniature, pony, and other horse skulls reveals changes in ontogenetic growth. *PeerJ*, 2019(9), 1–19. <https://doi.org/10.7717/peerj.7678>
- Heck, L., Wilson, L. A. B., Evin, A., Stange, M., & Sánchez-Villagra, M. R. (2018). Shape variation and modularity of skull and teeth in domesticated horses and wild equids. *Frontiers in Zoology*, 15(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s12983-018-0258-9>
- Klingenberg, C. P. (2011). MorphoJ: An integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*, 11(2), 353–357. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x>
- Klingenberg, C. P. (2016). Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric morphometrics. *Development Genes and Evolution*, 226(3), 113–137. <https://doi.org/10.1007/s00427-016-0539-2>
- Liuti, T., & Dixon, P. M. (2020a). The use of the geometric morphometric method to illustrate shape difference in the skulls of different-aged horses. *Veterinary Research Communications*, 44(3–4), 137–145. <https://doi.org/10.1007/s11259-020-09779-8>

- Liuti, T., & Dixon, P. M. (2020b). The use of the geometric morphometric method to illustrate shape difference in the skulls of different-aged horses. *Veterinary Research Communications 2 Research*, 44(3–4), 137–145. <https://doi.org/10.1007/s11259-020-09779-8>
- Merkies, K., Paraschou, G., & McGreevy, P. D. (2020). Morphometric characteristics of the skull in horses and donkeys—a pilot study. *Animals*, 10(6), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ani10061002>
- Parés-Casanova, P. M. (2014). Morphometric evaluation of the skull in several bovine breeds: geometric analysis according to their profiles. *Rev CES Med Zootec*, 9(1), 58–67. <https://repositori.udl.cat/handle/10459.1/47476>
- Parés-Casanova, P. M. (2015). Geometric Morphometrics to the Study of Skull Sexual Dimorphism in a Local Domestic Goat Breed. *Journal of Fisheries & Livestock Production*, 03(03). <https://doi.org/10.4172/2332-2608.1000141>
- Parés-Casanova, P. M., & Allés, C. (2015). Discrete Sexual Dimorphism in Minorcan Horse. *Journal of Veterinary Sciences*, 1(1), 19–22.
- Parés-Casanova, P. M., Castel-Mas, L., & Jones-Capdevila, K. N. (2020). Asymmetries of forelimb digits of young cattle. *Veterinary Sciences*, 7(7). <https://doi.org/10.3390/VETSCI7030083>
- Parés-Casanova, P. M., & Domènech-Domènech, X. (2021). A comparative analysis of sphenoid bone between domestic sheep (*Ovis aries*) and goat (*Capra hircus*) using geometric morphometrics. *Journal of Veterinary Medicine Series C: Anatomia Histologia Embryologia*, 50(3), 556–561. <https://doi.org/10.1111/ahe.12661>
- Parés-Casanova, P. M., Kataba, A., Mwaanga, E. S., & Simukoko, H. (2014). Gynomimicry in the Dwarf Gwembe breed from Zambia. *Research*, 1–5. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.13070/rs.en.1.809>
- Parés-Casanova, P. M., Salamanca-Carreño, A., Crosby-Granados, R. A., & Bentez-Molano, J. (2020). A comparison of traditional and geometric morphometric techniques for the study of basicranial morphology in horses: A case study of the araucanian horse from Colombia. *Animals*, 10(1), 118. <https://doi.org/10.3390/ani10010118>
- Rohlf, F. J. (2005). Geometric morphometrics simplified. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(1), 13–14. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.08.005>
- Rohlf, F. J. (2015). *TpsSmall v. 1.33*. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>
- Sañudo, C. (2009). *Valoración morfológica de los animales domésticos*. Minist. de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Sénèque, E., Morisset, S., Lesimple, C., & Hausberger, M. (2018). Testing optimal methods to compare horse postures using geometric morphometrics. *PLoS ONE*, 13(10), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204208>
- Sotillo, J. L., & Serrano, V. (1985). *Produccion Animal. I-Etnologia Zootecnica* (1st ed.). Tebar Flores.
- Toro Ibacache, M. V., Manriquez Soto, G., & Suazo Galdames, I. (2010). Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: de la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa geométrica. *International Journal of Morphology*, 28(4), 977–990. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022010000400001>
- Watanabe, A. (2018). How many landmarks are enough to characterize shape and size variation? *PLOS ONE*, 13(6), e0198341.