

Similares asimetrías fluctuantes en las tres tipologías craneales caninas

Similar fluctuating asymmetries in the three canine cranial typologies

Pere M. Parés-Casanova^{1*}

RESUMEN

La asimetría, entendida como la desviación de un organismo o una parte de él de su simetría perfecta, está representada por tres categorías: la asimetría fluctuante, la asimetría direccional y la antisimetría. La asimetría fluctuante constituye la variación aleatoria en ambos sentidos de un carácter morfológico. A más estrés, ambiental o genético, mayor efecto sobre la asimetría fluctuante. Este estudio tuvo como objetivo determinar el tipo de asimetría craneal en perros de diferente conformación cefálica: braquicéfalos (n=19), mesocéfalos (n=9) y dolicocefalos (n=22). Para ello, se seleccionaron 17 hitos anatómicos (3 sagitales y 7 pareados) en las imágenes digitales de la base del cráneo, que se estudiaron mediante técnicas de morfometría geométrica. Los resultados mostraron unos porcentajes de asimetría fluctuante similares en los tres tipos de cráneos estudiados.

Palabras clave: braquicéfalo, *Canis familiaris*, dolicocefalo, estrés, mesocéfalo, morfometría geométrica

ABSTRACT

Asymmetry, understood as the deviation of an organism or a part of it from its perfect symmetry, is represented by three categories: fluctuating asymmetry, directional asymmetry, and anti-symmetry. Fluctuating asymmetry constitutes the random variation in both directions of a morphological character. The more environmental or genetic stress, the greater the effect of fluctuating asymmetry. This study aimed to determine the

¹ Departament de Ciència Animal, ETSEA, Universitat de Lleida, Catalunya, España

² E-mail: peremiquelp@ca.udl.cat

Recibido: 25 de mayo de 2020

Aceptado para publicación: 24 de noviembre de 2020

Publicado: 23 de febrero de 2021

type of cranial asymmetry in dogs with different head conformation: brachycephalic (n=19), mesocephalic (n=9) and dolichocephalic (n=22). A set of 17 anatomical landmarks (3 sagittal and 7 paired) were selected in the digital images of the basal skull, which were studied using geometric morphometry techniques. The results showed similar fluctuating asymmetry percentages in the three types of skulls studied.

Key words: brachycephalic, dolicocephalic, *Canis familiaris*, stress, mesocephalic, geometric morphometrics

INTRODUCCIÓN

Las técnicas de morfometría geométrica permiten ahondar en los estudios morfológicos, ya que tienen una capacidad única para cuantificar desplazamientos, deformaciones y rotaciones de objetos (Zelditch *et al.*, 2004), así como para ilustrar variaciones en la forma (Drake y Klingenberg, 2010), lo que permite una representación que no sería posible con la morfometría lineal tradicional (Adams *et al.*, 2013). En los últimos años se publicado un gran número de estudios craneométricos con la aplicación de la morfometría geométrica (Vallejo *et al.* (2017), Adabi, 2018; Romaniuk, 2018; Merkies *et al.*, 2020), incluyendo investigaciones sobre la asimetría craneal en animales domésticos (Leœniak, 2018; Parés-Casanova *et al.*, 2020).

La asimetría se define como una desviación de todo un organismo o una parte de él de su simetría perfecta. Se pueden distinguir básicamente tres tipos de asimetrías (Cocilovo *et al.*, 2006): la asimetría fluctuante, la direccional y la antisimetría. La primera es la variación aleatoria de un rasgo (o carácter) que se espera que sea perfectamente simétrico en promedio; se interpreta como expresión de la inestabilidad del desarrollo a nivel de la población (Alibert *et al.* 1994). La asimetría direccional ocurre cuando uno de los lados de la estructura biológica muestra mayor desarrollo que la del otro lado otro lado;

y la antisimetría, que se expresa como variaciones significativas en la asimetría, pero aleatoriamente en un lado u otro, lo que conduce a una distribución bimodal de las diferencias entre las formas diestra y siniestra de la característica morfológica de un animal en particular (Parés-Casanova y Kucherova 2013). Como ejemplo, la mayoría de los órganos internos (corazón, pulmones, riñones, estómago), incluyendo el cerebro que son direccionalmente asimétricos (Vallortigara y Rogers 2005).

La asimetría es una característica significativa de la morfología del cráneo. La forma de la cabeza y, en especial, la región facial, está determinada en gran medida por el cráneo. El Índice Cefálico Total (ICT) es la relación porcentual que existe entre el ancho y el largo de la cabeza (Sisson y Grossman, 1985; Andrews *et al.*, 2015). Esta fórmula permite diferenciar tres biotipos cefálicos: braquicéfalos, mesocéfalos y dolicocefalos, lo cual permite clasificar las razas existentes. Aquellas con cráneo estrecho y largo se designan como dolicocefalos, las que tienen cráneos cortos y anchos se denominan braquicéfalos, y las formas intermedias son mesocéfalos. Entre las razas braquicefálicas de perros se encuentran el Bulldog Inglés, Pug, Bulldog Francés, Boxer, Shih Tzu, Boston Terrier, Pekinés, Staffordshire Bull Terrier, Shar Pei, Rottweiler, Chow Chow, Pomerania, Bullmastiff, Lhasa Apso y el Cavalier King Charles.

Se suele decir que las características infantiles de los perros braquicefálicos, como los ojos grandes, redondos y de gran tamaño y las caras redondeadas, que pueden ser rasgos semejantes a los humanos, son instintivamente atractivos para el hombre (Borgi y Cirulli, 2013). Estas conformaciones se han llevado a extremos en algunos individuos, donde las morfologías braquicefálicas exageradas exhiben poca evidencia del hocico, y su perfil parece casi completamente plano, lo cual ha conllevado la presentación de anomalías anatómicas de las vías respiratorias altas.

Los cambios anatómicos asociados a la selección en razas braquicefálicas pueden ser problemáticos. Así, el acortamiento de la base ósea del hocico puede no estar acompañado con el correspondiente acortamiento de los tejidos blandos, particularmente el paladar blando, la lengua y las amígdalas, lo que lleva a un desajuste en sus proporciones. La anquilosis temprana en el cartilago epifisario basicraneal produce además un crecimiento alterado de los huesos basioccipital y basiesfenoides, que se manifiesta como un acortamiento del eje basicraneal. La mandíbula, finalmente, es de una longitud relativamente normal, pero el maxilar se presenta marcadamente acortado, lo que resulta en un hocico característicamente corto (Goodwin *et al.*, 1997).

El objetivo de este estudio fue determinar el tipo de la asimetría en cráneos actuales de perros, según el ICT para detectar si cráneos de tipo braquicefálico presentan mayores niveles de asimetría fluctuante, derivadas de una mayor inestabilidad del desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra

Se utilizó una muestra de 50 cráneos caninos completos; de estos 19 fueron braquicefálicos, 9 mesocéfalos y 22 dolico-

céfalos. Las razas braquicefálicas estudiadas fueron el Boxer (n=7), Bulldog (n=1), Shar Pei (n=1), Chow Chow (n=1), Mastiff (n=1), Pekinés (n=2), Pitbull (n=2), Pomerania (n=1) y Rottweiler (n=3). Las razas mesocéfalas fueron el Cocker (n=2), Dálmata (n=1), Golden Retriever (n=2), Pointer (n=2) y San Bernardo (n=2) y las dolicocefálicas, el Collie (n=1), Doberman (n=6), Husky (n=1), Gran Danés (n=1), Pastor Alemán (n=10) y Terrier (n=3). Todos los cráneos eran de especímenes adultos (mínimo el segundo molar superior (M2) en erupción) y sin ninguna evidencia de asimetría patológica. Las imágenes pertenecen a la colección fotográfica digital del *Departament de Ciència Animal* de la *Universitat de Lleida*.

Adquisición de Datos

Se ubicaron 17 hitos anatómicos en la base del cráneo (Figura 1, Cuadro 1). La mayoría de los hitos se obtuvieron de acuerdo con von den Driesch (Von den Driesch, 1976). Las coordenadas *x* y *y* de cada punto de referencia se ubicaron en todas las imágenes de los especímenes utilizando el software de digitalización tpsDig v. 1.40 (Rohlf, 2015a).

Las coordenadas contienen además otros componentes no relacionados con la forma pura, como la posición, la orientación y el tamaño. Para eliminar estas perturbaciones, las configuraciones de punto de referencia se superpusieron mediante el Análisis Generalizado de Procrustes, que se basa en una minimización generalizada de mínimos cuadrados de la distancia entre los puntos de referencia correspondientes (Adams, 1999). Mediante esta superposición, cada punto de referencia se convierte a una posición centroide común en el sistema de coordenadas, escalando para igualar el tamaño del centroide y rotándolas para minimizar las distancias entre los puntos de referencia correspondientes. Este método de superposición permite el análisis de la forma independientemente del tamaño (Rohlf, 2005). Una vez obtenidas, estas nuevas coordenadas se pro-

Cuadro 1. Descripción de los hitos anatómicos utilizados (7 pares de hitos y 3 de sagitales, sobre la base del cráneo).

Hito	Descripción
A	Punto rostro-sagital del <i>corpus ossis incisivi</i>
B	Punto caudo-sagital de la <i>lamina horizontalis ossis palatini</i>
C	Punto rostro-sagital del <i>foramen occipital magnum</i>
1, 1'	Puntos más rostrales de ambas <i>fissura palatina</i>
2, 2'	Puntos más caudales de ambas <i>fissura palatina</i>
3, 3'	Puntos más latero-rostrales de ambos <i>processus temporalis ossis zygomatici</i>
4, 4'	Puntos laterales de ambos <i>arcus zygomaticus</i> , a nivel de la sutura parietal
5, 5'	<i>Foramen alare rostrale</i>
6, 6'	<i>Foramen ovale</i>
7, 7'	<i>Foramen palatinum majus</i>

yectaron previamente a todos los análisis en un espacio tangente euclidiano para probar si la variación de la forma era lo suficientemente pequeña como para considerar que el nuevo espacio tangente estudiado representaba bien los datos en el espacio euclidiano. Para ello, las correlaciones entre las distancias tangente y Procrustes se calcularon utilizando el software tpsSmall v. 1.33 (Rohlf, 2015b). El resultado de la correlación (0.999) demostró que para ambas distancias de espacio eran casi idénticas, por lo que se procedió al análisis ulterior de los datos.

Análisis del Error de Medición y Antisimetría

Dado que el error de medición es un factor de apreciación en la evaluación de la asimetría fluctuante (Fruciano, 2016) se hizo una estimación del error intraobservador. Para esto, un subgrupo de 39 cráneos fue digitalizados dos veces, realizándose un análisis Procrustes de varianza (ANOVA) para exa-

minar el error de medición con respecto a la variación general. La antisimetría (AS) se analizó utilizando una gráfica de dispersión del lado izquierdo y el derecho para cada punto de referencia, donde la formación de racimos de puntos en esta distribución correspondería a una distribución bimodal en las diferencias entre los lados izquierdo y derecho y, por lo tanto, a la presencia de antisimetría (AS).

Variación Asimétrica

La variación total de la forma del cráneo se dividió en los componentes simétricos y asimétricos a través de la superposición de Procrustes (Fruciano, 2016). Se realizó un análisis Procrustes de varianza para estudiar el componente asimétrico de la forma (asimetría fluctuante AF y asimetría direccional AD), lo que permitió detectar la importancia de diferentes fuentes de variación (variación interindividual, AF, AD y error). En este análisis, el factor «lado» se interpreta como AD,

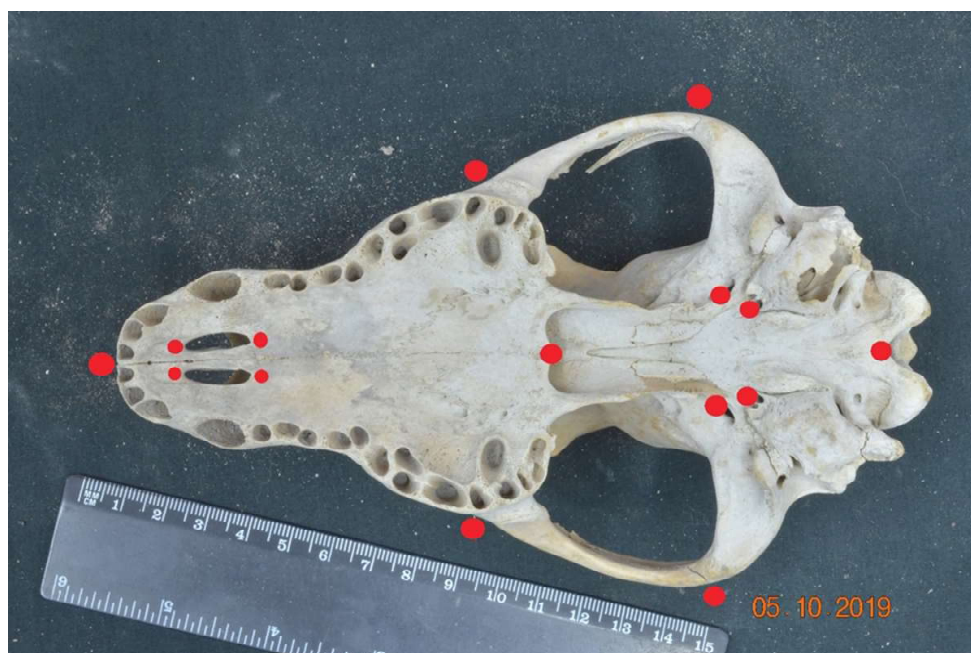


Figura 1. Hitos anatómicos utilizados en el estudio. En cada imagen, se ubicaron 7 pares de hitos y 3 de sagitales, sobre la base del cráneo de perros braquicefálicos

mientras que la interacción «lado*individuo» se interpreta como AF. Se realizó finalmente un Análisis Canónico Variante (ACV) final para la comparación del componente asimétrico entre los tres grupos, aplicando 10 000 permutaciones en las distancias Procrustes.

Alometría

Se realizó una regresión lineal del componente asimétrico de la forma frente al tamaño. Como *proxy* de tamaño se utilizó el tamaño del centroide de las configuraciones de punto de referencia. El tamaño del centroide corresponde a la raíz cuadrada de la suma de las distancias cuadradas desde cada punto de referencia hasta el punto centroide (Rohlf, 2005). Las simetrías se analizaron en el software MorphoJ v. 1.06c (Klingenberg, 2011) utilizando la simetría objeto (es decir, con un plano de simetría que pasa sagitalmente por la estructura).

RESULTADOS

Error de Medición y Variación de la Muestra General

El error de medición para la forma pura fue de 0.10%, error insignificante que puede ser considerado como aleatorio y, por tanto, sin afectar el resultado de los análisis ulteriores. La gráfica de dispersión de puntos de las diferencias izquierda-derecha no evidenció agrupación de puntos (Figura 2); en consecuencia, se descartó la AS, centrándose el estudio en la AF y la AD.

Alometría

La regresión del componente asimétrico frente al tamaño de centroide – equivalente a la raíz cuadrada de la suma de las distancias al cuadrado de cada hito desde el centroide – (Zelditch *et al.*, 2004) no fue sig-

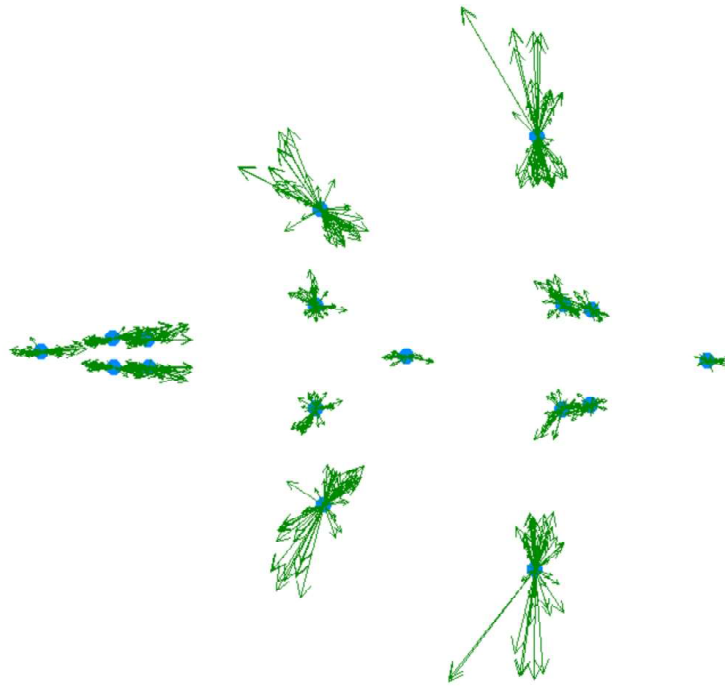


Figura 2. Gráfica de dispersión del lado izquierdo y el derecho para cada punto de referencia en los tres grupos de cráneos: braquicéfalos (n=19), mesocéfalos (n=9) y doliocéfalos (n=22). No se evidencia agrupación de puntos, descartándose la existencia de antisimetría en la muestra bajo estudio

nificativa ($p=0.0841$) para los cráneos en conjunto, donde el tamaño explica solo el 2.49% de la variación total de la forma asimétrica observada. Esto implica un comportamiento isométrico de la asimetría (o sea, que más tamaño no implicaría más asimetría), lo cual no obligó al uso de residuales para los análisis ulteriores.

Componente Asimétrico de la Forma

En el análisis de Procrustes ANOVA, los tres grupos mostraron una presencia estadísticamente significativa de AF, oscilando entre 3.9 a 10.8% (Cuadro 2). Los niveles de AD fueron en todos los grupos claramente superiores, oscilando entre 22.4 y 39.5% (Cuadro 2). Los niveles de asimetría (AF+AD) indican que los tipos cefálicos no estuvieron estadísticamente diferenciados ($p>0.05$) (Figura 3).

DISCUSIÓN

La asimetría fluctuante se define como las pequeñas desviaciones aleatorias de la simetría bilateral (Niemeier *et al.*, 2019). En los estudios morfométricos, la asimetría fluctuante se considera un buen indicador del estrés fisiológico, ya que el estrés ambiental o genético a menudo produce una asimetría fluctuante más elevada (Costa *et al.*, 2015; Niemeier *et al.*, 2019). El tratamiento de la asimetría direccional, que está en su mayoría condicionada genéticamente, se produce cuando un lado de un rasgo morfológico bilateralmente presente es sistemáticamente diferente.

El estudio reveló un porcentaje considerable de asimetría direccional con relación a la asimetría fluctuante en los tres grupos en

Cuadro 2. Análisis de Procrustes ANOVA para el tamaño puro del grupo de cráneos caninos braquicéfalos (n=19), mesocéfalos (n=9) y dolicocefalos (n=22)

	SS	SM	Gl	%	F	P
Braquicéfalos						
Individuos	0.35006385	0.001297	270	73.35	18.69	<.0001
Lado	0.00592862	0.000395	15	22.36	5.70	<.0001
Interacción lado*individuo	0.01873352	6.94E-05	270	3.93	10.95	<.0001
Error	0.00304200	6.34E-06	480	0.36		
Mesocéfalos						
Individuos	0.03510258	0.000293	120	64.98	6.01	<.0001
Lado	0.00162393	0.000108	15	24.05	2.22	0.0088
Interacción lado*individuo	0.00583994	4.87E-05	120	10.81	64.60	<.0001
Error	0.00011300	7.53E-07	150	0.17		
Dolicocefalos						
Individuos	0.14654738	0.000326	450	54.83	9.83	<.0001
Lado	0.00351723	0.000234	15	39.48	7.08	<.0001
Interacción lado*individuo	0.01490116	3.31E-05	450	5.57	44.76	<.0001
Error	0.00051051	7.4E-07	690	0.12		

Se encontró un efecto significativo de la asimetría fluctuante (interacción lado*individuo). En este análisis, el factor "lado" se interpreta como asimetría direccional, mientras que la interacción "lado*individuo" se interpreta como asimetría fluctuante. El sumatorio de cuadrados (SS) y los cuadrados medios (SM) se expresan en unidades de distancia Procrustes. Gl=grados de libertad

estudio. El alto nivel de asimetría direccional detectado en los cráneos se debería a la lateralización masticatoria, como se ha demostrado para otras especies (Parés-Casanova y Morros, 2014; Pares Casanova, 2016). La ausencia de valores extremos de asimetría fluctuante en perros braquicéfalos – perros de cabeza achatada y hocico corto, y que suelen poseer dientes muy grandes para sus arcadas, que resulta en una superpoblación dental – (Paz *et al.*, 2012), indicaría que los especímenes de este tipo cefálico (Boxer,

Bulldog Francés e Inglés, Chow Chow, Pequinés, Pitbull), el posible estrés derivado de la inestabilidad de desarrollo no es lo suficientemente elevado como para manifestar grados especialmente elevados de este tipo de asimetría en comparación a las otras conformaciones cefálicas. De hecho, hay razas caninas con fenómenos braquicéfalos mucho más extremos (por ejemplo, el Pug o Carlino, o el Cavalier King Charles Spaniel), no estudiados en esta investigación, que sí que podrían presentar un elevado nivel de estrés.

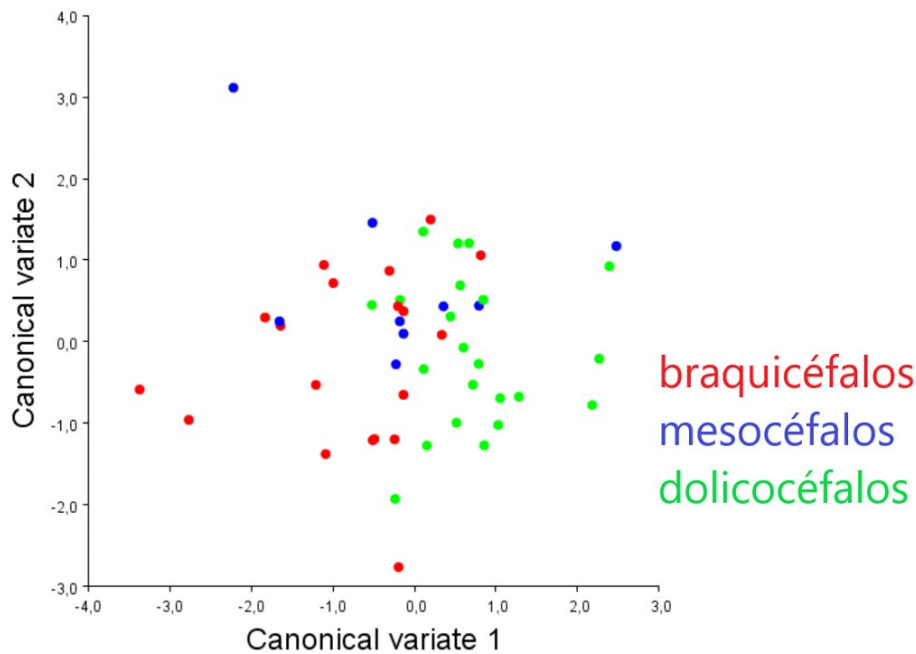


Figura 3. Análisis Canónico Variante para la comparación del componente asimétrico entre los grupos caninos de estudio: braquicéfalos (n=19), mesocéfalos (n=9) y doliocéfalos (n=22), aplicando 10 000 permutaciones ($p>0.05$)

CONCLUSIONES

La asimetría fluctuante, como fenoejpresión de inestabilidad del desarrollo, no aparece en grado superior en cráneos braquicefálicos, posiblemente debido a que las razas consideradas no son razas de braquicefalia extrema.

LITERATURA CITADA

1. **Adabi S. 2018.** Geometric morphometric analysis of the influence of three-dimensional basicranial shape on facial asymmetry. MSc Thesis. San Francisco, USA: University of California. 31 p. <https://escholarship.org/uc/item/0gj863n2>.
2. **Adams DC. 1999.** Methods for shape analysis of landmark data from articulated structures. *Evol Ecol Res* 1: 959-970.
3. **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
4. **Alibert P, Renaud S, Dod B, Bonhomme F, Auffray JC. 1994.** Fluctuating asymmetry in the *Mus musculus* hybrid zone: a heterotic effect in disrupted co-adapted genomes. *P Roy Soc B-Biol SCI* 258: 53-59. doi: 10.1098/rspb.1994.0141
5. **Andrews K, Lowe J, McCormick WD. 2015.** Skull morphology of the domestic dog in relation to cephalic index. In: 69th AVTRW Annual Conference. London.

6. **Borgi M, Cirulli F. 2013.** Children's preferences for infantile features in dogs and cats. *Human-Animal Interaction Bulletin* 1(2): 1-15.
7. **Cocilovo JA, Varela HH, Quevedo S. 2006.** La asimetría bilateral y la inestabilidad del desarrollo. *Rev Argent Antropol Biol* 8: 121-144.
8. **Costa M, Mateus RP, Moura MO. 2015.** Constant fluctuating asymmetry but not directional asymmetry along the geographic distribution of *Drosophila antonietae* (Diptera, Drosophilidae). *Rev Bras Entomol* 59: 337-342. doi: 10.1016/j.rbe.2015.09.004
9. **Drake AG, Klingenberg CP. 2010.** Large-scale diversification of skull shape in domestic dogs: disparity and modularity. *Am Nat* 175: 289-301. doi: 10.1086/650372
10. **Fruciano C. 2016.** Measurement error in geometric morphometrics. *Dev Genes Evol* 226: 139-158. doi: 10.1007/s00427-016-0537-4
11. **Goodwin D, Bradshaw JWS, Wickens SM. 1997.** Paedomorphosis affects agonistic visual signals of domestic dogs. *Anim Behav* 53: 297-304. doi: 10.1006/anbe.1996.0370
12. **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
13. **Leæniak K. 2018.** Directional asymmetry of facial and limb traits in horses and ponies. *Vet J* 198: e46-e51. doi: 10.1016/j.tvjl.2013.09.032
14. **Merkies K, Paraschou G, McGreevy PD. 2020.** Morphometric characteristics of the skull in horses and donkeys – a pilot study. *Animals* 10(6): 1-11. doi: 10.3390/ani10061002
15. **Niemeier S, Müller J, Rödel MO. 2019.** Fluctuating asymmetry—appearances are deceptive. comparison of methods for assessing developmental instability in European common frogs (*Rana temporaria*). *Salamandra* 55: 14-26.
16. **Parés-Casanova PM, Kucherova I. 2013.** Horn antisymmetry in a local goat population. *Int J Res Agric Food Sci* 1: 12-17.
17. **Parés-Casanova PM, Morros C. 2014.** Molar asymmetry shows a chewing-side preference in horses. *J Zool Biosci Res* 1: 14-18.
18. **Parés-Casanova PM. 2016.** Skull asymmetry in sheep is dominated by right side. *J Morphol Anat* 3: 1-5.
19. **Parés-Casanova PM, Cabello M. 2020.** Patterns of mandibular asymmetries in two types of companion rabbits. *J Vet Med Series C* 49: 227-232. doi: 10.1111/ahc.12517
20. **Paz R, Fernández V, Suárez F, Sato A. 2012.** Asociación entre el biotipo cefálico y la severidad de la enfermedad periodontal en caninos. *Rev Inv Vet Perú* 23: 147-152. doi: 0.15381/riprep.-v23i2.894
21. **Rohlf FJ. 2005.** Geometric morphometrics simplified. *Trends Ecol Evol* 20: 13-14. doi: 10.1016/j.tree.2004.08.005
22. **Romaniuk A. 2018.** Functional and phylogenetic aspect in modularity of palearctic mustelids (Carnivora, Mustelidae) mandible. *Vestnik Zoologii* 52: 165-176. doi: 10.2478/vzoo-2018-0018
23. **Sisson S, Grossman GD. 1985.** Anatomía de los animales domésticos. Tomo I. Barcelona: Ed Salvat. 1416 p.
24. **Vallejo RM, Guerrero JA, González-Cózatl FX. 2017.** Patterns of differentiation and disparity in cranial morphology in rodent species of the genus *Megadontomys* (Rodentia: Cricetidae). *Zool Studies* 56.: e14. doi: 10.6620/ZS.2017.56-14
25. **Vallortigara G, Rogers LJ. 2005.** Survival with an asymmetrical brain: advantages and disadvantages of cere-

- bral lateralization. *Behav Brain Sci* 28: 575-589. doi: 10.1017/S0140525X-05000105
26. **Von den Driesch A. 1976.** A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. Massachusetts, USA: Harvard University Press. 136 p.
27. **Zelditch ML, Swiderski DL, Sheets HD. 2004.** Geometric morphometrics for biologists.. Boston: Elsevier Academic Press. 416 p.