

HIPERALOMETRÍA DEL METATARSO EN EL PAVO DOMÉSTICO (*Meleagris gallopavo*) DE GUATEMALA

Submitted: 28/09/2022

Accepted: 19/01/2023

Published: 20/06/2023

METATARSAL HYPERALOMETRY IN THE DOMESTIC TURKEY (*Meleagris gallopavo*) FROM GUATEMALA

Jáuregui R.¹, Lorenzo C.R.¹, Folgar A.M.¹, Isern A.¹, Parés-Casanova P.M.^{2*}

¹Instituto de Investigación, Centro Universitario de Oriente (CUNORI), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. ²Institució Catalana d'Història Natural, Catalunya, España.

*pmpares@gencat.cat

In the analysis of allometry, variables are adjusted according to the potential function $Y=a.X^b$, which is known as the "allometric growth equation". The allometric equation can be linearly transformed as: $\log Y = \log(a) + b \log X$. To know the allometric patterns in some morphological characters in the domestic turkey (*Meleagris gallopavo*), we proceeded to the biometric study of 51 males and 56 adult females from different regions of Guatemala, which maintained in the traditional local system of mixed meat-egg production. From each animal, the live weight and the perimeter of the metatarsal were obtained. To regress the data, the live weight was used as an independent variable Y , and the perimeter of the metatarsal as a dependent variable X , with the log-transformed values. Males presented higher values, being 60% heavier than females, and with a higher metatarsal perimeter. The regression of the two variables for both sexes was statistically significant. The allometric equations were $\log Y = 0,4630 + 0,335 \log X$ and $\log Y = 0,444 + 0,341 \log X$ for males and females respectively, reflecting a clearly hyperalometric relationship, which was statistically not different between sexes. This phenomenon should rethink artificial selection goals since an exaggerated increase in size would end up with animals unable to stand up.

Resumen

En el análisis de la alometría, las variables se ajustan de acuerdo con la función potencial $Y=a.X^b$, conocida como "ecuación de crecimiento alométrico". La ecuación alométrica puede ser transformada linealmente como: $\log Y = \log(a) + b \log X$. A fin de conocer los patrones alométricos en algunos caracteres morfológicos en el pavo doméstico (*Meleagris gallopavo*), se procedió al estudio biométrico de 51 machos y 56 hembras adultos, originarios de diferentes regiones de Guatemala, y mantenidos en el sistema tradicional local de producción mixta carne-huevo. De cada animal se obtuvieron el peso vivo y el perímetro del metatarso. Para el trazado de la regresión de los datos se utilizó el peso vivo como variable independiente Y , y el perímetro del metatarso como variable dependiente X , con los valores log-transformados. Los machos presentaron mayores valores, siendo un 60% más pesados que las hembras, y con un perímetro metatarsal también superior, y la regresión de las dos variables para ambos sexos fue estadísticamente significativa. Las ecuaciones alométricas fueron $\log Y = 0,4630 + 0,335 \log X$; $\log Y = 0,444 + 0,341 \log X$ para machos y hembras respectivamente, reflejando una relación claramente hiperalométrica, estadísticamente no diferente entre sexos. Este

fenómeno debería hacer replantear la selección artificial, puesto que un incremento exagerado del tamaño acabaría por determinar animales incapaces de aguantarse de pie.

Introducción

La existencia de relaciones alométricas entre dos o más dimensiones corporales produce cambios en las proporciones de los organismos (Anzai et al., 2017). La expresión de estos cambios de forma se asocia a los cambios en el tamaño corporal, y que se podría llegar a manifestarse de manera diferente entre sexos. En el análisis original de la alometría propuesto por J. Huxley en 1932 (Bolstad et al., 2015), las variables se ajustan de acuerdo a la función potencial $Y=a.X^b$, conocida como "ecuación de crecimiento alométrico" (Bolstad et al., 2015). En estas ecuaciones, b es el coeficiente de alometría, y a representa la intersección con el eje y . La ecuación alométrica puede ser transformada linealmente como: $\log Y = \log(a) + b \log X$ (Anzai et al., 2017).

La alometría se ha estudiado en el ámbito de la zootecnia, básicamente enfocada al estudio de la producción (Mukhoty & Berg, 1971) (Domínguez-Viveros et al., 2013) (Marinho et al., 2013). En morfología se han definido tres tipos de alometría: ontogenética,

Keywords: Allometry; Backyard domestic birds; Sexual dimorphism; Creole poultry breeds.

Palabras clave: Alometría; Aves domésticas de traspatio; Dimorfismo sexual; Razas avícolas criollas.



Actas Iberoamericanas de
Conservación Animal

ISSN: 2253-9727

<https://aicarevista.jimdo.com>

estática y evolutiva (Anzai et al., 2017). La alometría ontogenética se refiere a la relación entre un rasgo y su tamaño durante el crecimiento de un individuo; la alometría estática indica la relación observada entre individuos medidos en etapas de desarrollo similares; y la alometría evolutiva examina la relación observada entre los medios para poblaciones o especies (Anzai et al., 2017).

A fin de conocer el patrón alométrico estático para el perímetro del metatarso en el pavo doméstico (*Meleagris gallopavo*), se procedió al estudio biométrico de machos y hembras adultos, originarios de diferentes regiones de Guatemala.

Material y métodos

Se procedió al estudio biométrico de 51 machos y 56 hembras adultos, originarios de diferentes regiones de Guatemala. De cada animal se obtuvieron el peso vivo con báscula y el perímetro del metatarso con cinta métrica flexible. Véase Jáuregui *et al.* (Jáuregui Jiménez et al., 2019) y Adeoye *et al.* (Adeoye et al., 2017) para un detalle pormenorizado de estas medidas.

En primer lugar, las medidas crudas se compararon entre sexos utilizando el test no paramétrico *U* de Mann-Whitney. Para el trazado de la regresión de los datos se utilizó el peso vivo como variable independiente *X* y el perímetro del metatarso como variable dependiente *Y* utilizando un modelo de Regresión Reducida de Eje Mayor (RMA) con los datos log-transformados. El RMA es el método recomendado en estudios de escalado, sobre todo cuando las variables están expresadas en unidades diferentes, y cuando no disponemos de información sobre las varianzas del error de *X* e *Y* (Green et al., 2001). La inclinación de la RMA equivale a la ratio entre las desviaciones estándar de *X* e *Y* (Green et al., 2001). Se considera un escalado isométrico cuando, una vez log-transformadas, las medidas lineales presentan una relación de 1/3 en relación al peso corporal (Green et al., 2001). Las regresiones para cada sexo se compararon con un ANCOVA (*ANALYSIS of COVariance*). Finalmente, se procedió al establecimiento de la curva alométrica con los datos no transformados mediante un modelo de Michaelis-Menten.

Los datos se procesaron mediante el programa estadístico PAST v. 2.17c (Hammer et al., 2001) con un nivel de confianza del 95%.

Resultados

Para todas las variables estudiadas, los machos presentaron mayores valores, siendo en promedio un 60,0% más pesados que las hembras, y con un perímetro del metatarso superior a ellas en un 6,6% (Tabla I). Entre sexos, se reflejaron diferencias estadísticamente significativas, tanto para el peso vivo ($U=287$; $p<<0,0001$) como el perímetro del metatarso ($U=173$; $p<<0,0001$). La regresión del peso vivo *versus* el perímetro del metatarso fue estadísticamente significativa para ambos sexos ($r^2=0,641$ y $r^2=0,461$ para machos y hembras, respectivamente; $p<<0,001$). Las ecuaciones alométricas fueron $\log Y = 0,4630 + 0,335 \log X$ para los machos; $\log Y = 0,444 +$

$0,341 \log X$ para las hembras, reflejando una relación claramente hiperalométrica (un coeficiente *b* positivo), y que que el ANCOVA demostró que eran estadísticamente no diferentes entre ellas ($F=0,655$; $p=0,420$) (Figura 1). La curva de Michaelis-Menten ilustra bien este comportamiento hiperalométrico (Figura 2).

Tabla I. Principales estadísticos descriptivos para el peso vivo (expresado en kg) y el perímetro del metatarso (expresado en cm) en 51 machos (M) y 56 hembras (H) adultos de pavo criollo guatemalteco (*Main descriptive statistics for live weight (expressed in kg) and metatarsal perimeter (expressed in cm) in 51 males and 56 adult females of Guatemalan Creole turkey.*)

	Peso Vivo		Perím. metatarso	
	H	M	H	M
Valor mínimo	1,7	2,2	3,5	4,0
Valor máximo	5,1	9,8	5,0	6,0
Promedio	3,3	5,5	4,1	5,1
Desviación estándar	0,651	1,586	0,281	0,521
Coefficiente de variación (%)	19,3	28,3	6,7	10,1

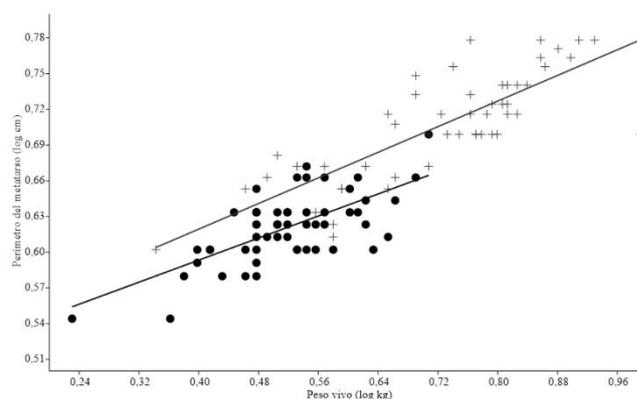


Figura 1. Regresión utilizando el peso vivo (expresado en kg) como variable independiente y el perímetro del metatarso (expresado en cm) como variable dependiente para 51 machos (+) y 56 hembras (•) adultos de pavo criollo guatemalteco. El ANCOVA reflejó ambas regresiones no eran estadísticamente diferentes entre ellas ($F=0,655$; $p=0,420$). Valores log-transformados (*Regression using live weight (expressed in kg) as independent variable and metatarsal perimeter (expressed in cm) as dependent variable for adult Guatemalan Creole turkey (51 males (+) and 56 females (•)). ANCOVA reflected that both regressions were not statistically different from each other ($F=0.655$; $p=0.420$). Log-transformed values.*)

Discusión

El pavo (*Meleagris gallopavo*) presenta un claro dimorfismo sexual, con mayor tamaño en el macho, dimorfismo que se mantiene o acrecienta en sus diferentes razas domésticas (Ogah, 2011; Marelli et al., 2022). En estado salvaje, ello podría suponer una ventaja puesto que los individuos de mayor tamaño “adquirirían” mayor

número de hembras durante el apareamiento (Alonso et al., 2009). El mayor tamaño de los machos podría estar igualmente vinculado a una mayor inversión en la defensa de territorios por parte de este sexo, debido a la selección de los individuos más grandes ante conflictos territoriales. La selección artificial sigue favoreciendo un incremento del peso corporal en esta especie (Djebbi et al., 2014), con miras a una mayor producción de carne, asumiendo un desarrollo proporcional de la masa (una isometría). Quizás una hiperalometría en la fecundidad tendría sentido -es un objetivo buscado en la cría en cautividad de peces de consumo (Marshall et al., 2021) pero no sería el caso del pavo, donde se selecciona para más y más peso.

Debido al fomento de la conservación de los recursos genéticos locales, estos deben identificarse y cuantificarse, en los sistemas naturales donde se mantienen (Canales Vergara, 2019). El estudio del dimorfismo sexual y de la alometría constituyen enfoques interesantes al estudio de las razas, permitiendo, entre otras cosas, analizar cómo los procesos de selección pueden afectar en el plano morfológico. Además, en un planteamiento más general, el proceso de formación de razas ha sido una selección mediada por humanos para rasgos que de otro modo no persistirían en las poblaciones naturales, lo que estudios de este tipo proporcionan una oportunidad única para abordar cuestiones fundamentales relacionadas con los orígenes y la rapidez del cambio evolutivo en la formación de las razas. Estos cambios correlacionados que pueden explicar la disparidad de algunos caracteres en las formas domésticas animales ha sido muy estudiado en el gallo (*Gallus gallus*) (Núñez-León et al., 2021).

En nuestro estudio, detectamos que la ausencia de crecimiento armónico entre el peso vivo y el perímetro del metatarso. Dicho de otro modo, al no haber en la selección racial límite al exceso de tamaño, se está avanzando hacia individuos disarmónicos, por lo menos en lo que a piernas se refiere, y ello, para ambos sexos a pesar de mantenerse un acusado dimorfismo sexual. Y así, en el pavo, un incremento del tamaño acabará por determinar animales incapaces de aguantarse de pie.

Los especímenes y datos relacionados recopilados durante nuestra investigación brindan la oportunidad de estudiar con mayor detalle las diferencias de tamaño sexual en esta población doméstica, a la vez que se podrían inferir conclusiones para esta especie doméstica en general. Ya Darwin (Darwin, 1875) señaló que los cambios correlacionados en el crecimiento de los rasgos pueden explicar la evolución de formas inusuales y exageradas en especies domesticadas que han sido criadas selectivamente. Estudios futuros podrían considerar otras variables biométricas, así como un tramo etario más extenso, a la vez que la comparación entre razas diferentes sería también de gran interés.

Conclusiones

En el pavo doméstico (*Meleagris gallopavo*), el dimorfismo sexual

alométrico se manifiesta en algunos caracteres, pero no en la relación entre el peso vivo y el perímetro del metatarso, que se refleja hiperalométrica. Para ambos sexos, la selección artificial estaría favoreciendo un incremento del tamaño, pero a falta de un crecimiento armónico paralelo en el perímetro del metatarso. Avanzar hacia individuos disarmónicos, por lo menos en lo que a piernas se refiere, puede acabar por determinar animales incapaces de aguantarse de pie.

Agradecimientos

Los autores agradecen todos los tenedores de pavos de Guatemala por la colaboración ofrecida a la hora de estudiar sus animales.

Bibliografía

- Adeoye, A. A., Rotimi, E. A., & Oluyode, M. O. (2017). Biometric Differentiation of Local and Exotic Turkeys (*Meleagris gallopavo*) in Southwest Nigeria. *Applied Tropical Agriculture*, 22(2), 63–66.
- Alonso, J. C., Magaña, M., Alonso, J. A., Palacín, C., Martín, C. A., & Martín, B. (2009). The most extreme sexual size dimorphism among birds: Allometry, selection, and early juvenile development in the great bustard (*Otis tarda*). *Auk*, 126(3), 657–665. <https://doi.org/10.1525/auk.2009.08233>
- Anzai, H., Oishi, K., Kumagai, H., Hosoi, E., Nakanishi, Y., & Hirooka, H. (2017). Interspecific comparison of allometry between body weight and chest girth in domestic bovinds. *Scientific Reports*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04976-z>
- Bolstad, G. H., Cassara, J. A., Márquez, E., Hansen, T. F., van der Linde, K., Houle, D., & Pélabon, C. (2015). Complex constraints on allometry revealed by artificial selection on the wing of *Drosophila melanogaster*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(43), 13284–13289. <https://doi.org/10.1073/pnas.1505357112>
- Canales Vergara, A. M. (2019). *Caracterización de distintas poblaciones de pavo común*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Darwin, C. (1875). *La variación en los animales y las plantas domesticados* (2nd ed.). John Murray.
- Djebbi, A., M'hamdi, N., Haddad, I., & Chriki, A. (2014). Phenotypic Characterization Of The Indigenous Turkey (*Meleagris Gallopavo*) In The North West Regions Of Tunisia. *Scientia Agriculturae*, 2(1), 51–56. <https://doi.org/10.15192/PSCP.SA.2014>
- Domínguez-Viveros, J., Rodríguez-Almeida, F. A., Núñez-Domínguez, R., Ramírez-Valverde, R., Ortega-Gutiérrez, J. A., & Ruiz-Flores, A. (2013). Ajuste de modelos no lineales y estimación de parámetros de crecimiento en bovinos tropicame. *Agrociencia*, 47(1), 25–34.
- Green, A. J., Figueroa, J., & King, R. (2001). Comparing interspecific and intraspecific allometry in the Anatidae. *J. Ornithol.*, 142, 321–334.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST v. 2.17c. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1–29.
- Jáuregui Jiménez, R., Gonzàles, M. E., Lorenzo, C. R., Folgar, A. M., Isern, A., & Parés-Casanova, P. M. (2019). Presencia de dimorfismo sexual entre patos Muscovy (*Cairina moschata*) en el traspatio de tres municipios de Guatemala. *Revista Naturaleza, Sociedad y Ambiente*, 6(1), 29–39. <https://doi.org/10.37533/cunsurori.v6i1.39>
- Marelli, S. P., Zaniboni, L., Strillacci, M. G., Madeddu, M., & Cerolini, S. (2022). Morphological Characterization of Two Light Italian Turkey Breeds. *Animals*, 12(5), 1–9. <https://doi.org/10.3390/ani12050571>
- Marinho, K. N. D. S., Freitas, A. R. De, Falcão, A. J. D. S., & Dias, F. E. F. (2013). Nonlinear models for fitting growth curves of Nellore cows reared

- in the Amazon Biome. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(9), 645–650.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982013000900006>
- Marshall, D. J., Bode, M., Mangel, M., Arlinghaus, R., & Dick, E. J. (2021). Reproductive hyperallometry and managing the world's fisheries. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(34), 1–8. <https://doi.org/10.1073/pnas.2100695118>
- Mukhoty, H., & Berg, R. (1971). Influence of breed and sex on the allometric growth patterns of major bovine tissues. *Animal Science*, 13(2), 219–227. <https://doi.org/10.1017/S0003356100029652>
- Núñez-León, D., Cordero, G. A., Schlindwein, X., Jensen, P., Stoeckli, E., Sánchez-Villagra, M. R., & Werneburg, I. (2021). Shifts in growth, but not differentiation, foreshadow the formation of exaggerated forms under chicken domestication. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 288(1953). <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.0392>
- Ogah, D. M. (2011). Assessing Size and Conformation of the Body of Nigerian Indigenous Turkey. *Slovak Journal of Animal Science*, 44(1), 21–27.