

CARACTERIZACIÓN DEL DIMORFISMO SEXUAL EN CAPRINOS DE RAZA COLORADA PAMPEANA MEDIANTE MEDIDAS CORPORALES USANDO REGRESIÓN LOGÍSTICA BINARIA

CHARACTERIZATION OF SEXUAL DIMORPHISM IN COLORADA PAMPEANA GOATS USING BINARY LOGISTIC REGRESSION OF BODY MEASUREMENTS

Bedotti D.O.^{1*}, Hurtado A.W.¹, Lux J.M.², Babinec F.J.^{1,3}

¹Estación Experimental Agropecuaria Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", INTA, Anguil, La Pampa, Argentina.

*bedotti.daniel@inta.gob.ar.

²Centro Regional La Pampa-San Luis, INTA, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

³Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Keywords: Local breeds; Sexes; Morphometrics.

Palabras clave: Razas locales; Sexos; Morfometría.

ABSTRACT

The presence of sexual dimorphism is widely known as a characteristic of different animal species, with goats being one of the groups in which this phenomenon is most evident. At first glance, males are larger than females in size, with larger and thicker horns, longer and bushy beards, more convex frontal-nasal profile and coarser coats, among other characteristics. Differentiation between sexes in the Colorada-Pampeana goat was studied in 592 animals (560 females and 32 males) from 50 establishments in the west of La Pampa province. Measurements included head length (LC) and head width (AC), face length (LR), chest depth (ALP), shoulder point width (DEE) and body length (DL), rump length (LG) and rump width (AG), height at withers (ACR), height at croup (AP) and height at tail base (ABC); thoracic width (BC), shank circumference (PC) and heart girth (PT). Descriptive statistics (mean, standard error and range) were obtained, and t tests with Satterthwaite correction for pooled degrees of freedom were performed when appropriate. Binary logistic regression method was used, with sex as a dependent variable and morphometric measures as explanatory variables. The final model retained the variables DEE, DL, AG, ACR, PC and PT and allowed a separation of 99% of the observations.

RESUMEN

La existencia de dimorfismo sexual es una característica ampliamente conocida en diferentes especies animales, siendo los caprinos uno de los grupos en los que más se manifiesta este fenómeno. A simple vista se observa que los machos presentan mayor tamaño, cuernos más grandes y gruesos, barba más larga y tupida, perfil fronto-nasal más convexo y pelaje más grueso que las hembras, entre otras características. Para estudiar la diferenciación entre los sexos en cabra Colorada Pampeana, se evaluaron 592 animales (560 hembras y 32 machos) provenientes de 50 establecimientos del oeste de la provincia de La Pampa. Se midieron el largo (LC) y ancho de cabeza (AC), largo de cara (LR), altura de pecho (ALP), diámetro entre encuentros (DEE) y

diámetro longitudinal o largo de cuerpo (DL), largo (LG) y ancho de grupa (AG), altura a la cruz (ACR), a las palomillas (AP) y a la base de la cola (ABC); diámetro bicostal (BC), perímetro de caña (PC) y torácico (PT). Se calcularon estadísticos descriptivos (media, error estándar y rango), y tests de t con la corrección de Satterthwaite para heterocedasticidad si correspondía. Se usó el método de regresión logística binaria, considerando el sexo como variable dependiente y a las medidas morfométricas como variables explicativas. El modelo final retuvo las variables DEE, DL, AG, ACR, PC y PT y permitió una separación del 99 % de las observaciones.

INTRODUCCIÓN

La cabra colorada pampeana ha sido caracterizada como una raza local del oeste de la provincia de La Pampa, Argentina (Bedotti, 2000, Bedotti *et al.*, 2004, 2012) en base a criterios morfológicos, fanerópticos, productivos y reproductivos utilizados por varios autores y recomendados por FAO (2012).

El dimorfismo sexual entre machos y hembras es un fenómeno ampliamente conocido en muchas especies animales, perteneciendo los caprinos, junto con los ovinos, a los grupos de mamíferos donde estas diferencias, particularmente en los tamaños corporales, se expresan fuertemente (Polak y Frynta, 2009). Si bien a simple vista se observan marcadas diferencias entre machos y hembras respecto a variables cualitativas, en las que los machos presentan, barbilla más larga y espesa, perfil fronto-nasal con un grado mayor de convexidad, fibras de cobertura y cuernos más gruesos y largos, y de nacimiento más horizontal que en las hembras, son las medidas morfométricas, expresadas en los diámetros transversales, longitudinales y de alturas en distintas regiones del cuerpo, las que determinan que los machos presenten un mayor tamaño y volumen corporal en relación a las hembras. En este trabajo se analiza la contribución de varias de estas medidas a la presencia de este fenómeno en la cabra colorada.

MATERIAL Y MÉTODOS

La caracterización del dimorfismo sexual se realizó en base a medidas corporales. Se evaluaron 596 animales (562 hembras y 34 machos) provenientes de 50 establecimientos del oeste de la Provincia de La Pampa. Las medidas utilizadas fueron largo (LC) y ancho de cabeza (AC), largo de cara (LR), altura de pecho (ALP), diámetro entre encuentros (DEE) y longitudinal (DL), largo (LG) y ancho de grupa (AG), altura a la cruz (ACR), a las palomillas (AP) y a la base de la cola (ABC); diámetro bicostal (BC), y perímetro de caña (PC) y torácico (PT), como en trabajos anteriores (Bedotti *et al.*, 2011). Se calcularon estadísticos descriptivos (media, desvío y rango) por sexo para las variables analizadas (Fernández *et al.*, 2014). Las diferencias entre sexos se evaluaron mediante una prueba de t previo comparación de varianzas mediante una prueba de F a dos colas para emplear la corrección de Satterthwaite si era necesaria (Steel & Torrie 1985). La contribución de cada variable al dimorfismo se estudió mediante regresión logística binaria (Peng & So 1998, Kleinbaum & Klein, 2002) con selección descendente (backward), con el sexo como variable dependiente (1=machos, 2=hembras) y las medidas morfométricas como variables explicativas, empleando PROC LOGISTIC de SAS (versión 9.2) y el criterio de bondad de ajuste de Akaike (SAS 2008). La presencia de valores extraños se verificó gráficamente y se probó multicolinealidad mediante PROC REG con la opción COLLINOINT en la sentencia MODEL (Freund & Littell 1986, Lin 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla I se presentan las medidas corporales de machos y hembras con su correspondiente error estándar y rango. Como informan Vargas *et al.* (2007) en cabras de México y por Okpeku *et al.* (2011) en cabras de Nigeria, se observó que los machos en general presentaron medidas corporales mayores a las de las hembras, lo que determina un mayor volumen corporal.

Tabla I. Estadísticos descriptivos (media, error estándar y rango) para medidas corporales en ambos sexos de Cabra Colorada Pampeana (*Descriptive statistics –mean, standard error and range- for morphometric measures in both sexes of Cabra Colorada Pampeana*).

Sexo	Machos (N=34)			Hembras (N=562)		
Variable	Media	Error Std.	Rango	Media	Error Std.	Rango
LC	23,322	0,297	7,71	21,840	0,050	9,00
AC	14,051	0,200	4,50	13,146	0,028	4,50
LR	18,978	0,250	5,50	18,644	0,047	6,50
DD-ALP	32,559	0,460	9,50	32,005	0,084	16,00
DEE	22,360	0,380	8,50	19,384	0,074	10,00
DL	72,882	1,278	33,50	71,853	0,185	28,50
LG	24,684	0,377	9,00	23,155	0,060	11,50
AG	16,199	0,273	7,00	16,889	0,064	9,00
ACR	70,787	1,071	24,50	67,799	0,148	29,00
AP	71,735	0,924	21,50	69,810	0,148	27,00
ABC	62,088	0,829	20,00	60,263	0,185	48,50
DB	22,206	0,292	6,75	21,831	0,130	15,50
PC	10,426	0,145	3,50	9,086	0,024	3,00
PT	90,751	0,964	21,55	88,141	0,225	43,00
LO	16,941	0,260	6,00	16,748	0,076	10,50

Las diferencias entre sexos fueron significativas para LC, AC, DEE, LG, AG, ACR AP ABC, PC y PT (Tabla II). Algunas medidas como el Diámetro longitudinal (DL), las medidas de alzadas (ACR, AP y ABC) y el perímetro torácico presentan un rango amplio, lo que podría estar indicando diferentes ecotipos regionales o mayor presión de selección en algunas majadas.

El modelo final del análisis de regresión logística binaria con selección descendente de variables retuvo las variables DEE, DL, AG, ACR, PC y PT (Tabla III), y permitió una separación del 99 % de las observaciones. Estas medidas están relacionadas en su mayoría con la forma del cuerpo y volumen de la masa corporal como han observado otros autores (Polak & Frynta, 2009). En la tabla IV se presentan los valores de sensibilidad y especificidad

El dimorfismo sexual en animales ha sido estudiado empleando variables cuantitativas con diversos métodos multivariados, tales como componentes principales (Chacón *et al.*, 2011, Pares-Casanova, 2015), análisis discriminante (Pares-Casanova, 2015) y análisis de varianza multivariado (MANOVA) (Pares-Casanova, 2015). Componentes principales es una técnica de reducción de dimensiones, pero no establece una jerarquía entre las variables originales, al igual que el MANOVA. A diferencia del análisis discriminante, la regresión logística no requiere el supuesto de normalidad multivariada y permite identificar aquellas variables más importantes en su determinación (Kleinbaum & Klein 2002), por lo que se le emplea por ejemplo en identificación forense (Angadi *et al.*, 2013).

Tabla II. Prueba de homogeneidad de varianzas y prueba de t para la diferencia de medidas corporales entre ambos sexos (*Homogeneity of variances and t tests for differences in morphometric measures for both sexes*).

Variable	F bilateral	Prob>F	T	G. Libertad	Prob>t
LC	2,17	0,0005	4,93	34,9	<,0001
AC	3,14	<,0001	4,47	34,3	<,0001
LR	1,72	0,0172	1,31	35,4	0,1970
DD_ALP	1,81	0,0088	1,18	35,2	0,2440
DEE	1,62	0,0353	7,69	35,5	<,0001
DL	2,88	<,0001	0,8	34,4	0,4309
LG	2,42	<,0001	4,01	34,7	0,0003
AG	1,10	0,6429	-2,58	594	0,0102
ACR	3,16	<,0001	2,76	34,3	0,0091
AP	2,37	<,0001	2,06	34,7	0,0472
ABC	1,21	0,3916	2,34	593	0,0196
DB	3,27	<,0001	1,17	47,3	0,2459
PC	2,21	0,0003	9,12	34,8	<,0001
PT	1,11	0,6232	2,76	594	0,0059
LO	1,40	0,2345	0,62	594	0,5382

Tabla III. Coeficientes del modelo final de regresión logística binaria con selección descendente (*Final model coefficients from binary logistic regression with backward selection*).

Parámetro	Coefficiente	Error Estándar	X ²	Pr > χ^2
Ordenada	-26,6389	10,6099	6,304	0,0120
DEE	3,2431	0,9335	12,0705	0,0005
DL	-0,8904	0,3387	6,9118	0,0086
AG	-4,0525	1,1182	13,1337	0,0003
ACR	0,5991	0,2275	6,9359	0,0084
PC	8,4004	2,4806	11,4681	0,0007
PT	-0,4113	0,1708	5,7955	0,0161

Tabla IV. Resultados de la clasificación usando análisis de regresión logística (*Classification results of the logistic regression analyses*).

Probabilidad	% Correcto		% Incorrecto		Correcto	Sensibilidad	Especificidad	Falso Positivo
	Evento	No Evento	Evento	No Evento				
0.20	32	555	7	2	98.5	94.1	98.8	17.9
0.40	30	556	6	4	98.3	88.2	98.9	16.7
0.60	28	558	4	6	98.3	82.4	99.3	12.5
0.80	27	560	2	7	98.5	79.4	99.6	6.9
1.00	0	562	0	34	94.3	0	100	.

CONCLUSIONES

Más allá de las características fanerópticas que no se discuten en el presente estudio, este trabajo demuestra que en la Cabra Colorada Pampeana existe un dimorfismo sexual evidente. Se encontraron diferencias significativas en 10 de las 15 medidas morfométricas. Las medidas que

permitieron la separación entre ambos sexos están relacionadas mayormente con la forma del cuerpo y volumen de la masa corporal.

BIBLIOGRAFÍA

- Angadi P.V., Hemani S., Prabhu S., & Acharya A.B. 2013. Analyses of odontometric sexual dimorphism and sex assessment accuracy on a large sample. *Journal of forensic and legal medicine*, 20(6), 673-677.
- Bedotti D.O. 2000. Caracterización de los sistemas de Producción caprina en el Oeste Pampeano, Argentina. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, España.
- Bedotti D., Gómez Castro A.G., Sánchez Rodríguez M., & Martos Peinado, J. 2004. Caracterización morfológica y faneróptica de la cabra colorada pampeana. *Archivos de Zootecnia*, 53(203): 261-271.
- Bedotti D.O., Meder A.R., Lux J., Sanchez M. & Moralejo, M. 2011. Características morfométricas de la Cabra Colorada Pampeana. *Revista Argentina de Producción Animal* 31 (Supl. 1): 118.
- Bedotti D.O., Meder A., Lux J.M., Sanchez M., Moralejo M., Petruzzi H.J. & Kotani, I. 2012. Racial Characteristics and morphometric measurements of the Pampeana red goat (Cabra colorada pampeana). XI International Conference on Goats. September 24-27. Gran Canaria. España. Poster nº G-61.
- Chacón E., Macedo F., Velázquez F., Rezende Paiva S., Pineda E., & McManus C. 2011. Morphological measurements and body indices for Cuban Creole goats and their crossbreds. *R. Bras. Zootec.*, 40, 1671-1679.
- FAO. 2012. Phenotypic characterization of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines Nº. 11. Rome, Italy.
- Fernández J.L., Holgado F.D., Hernández, M.E., Solaligue P.B., & Salinas C. 2014. Caracterización morfológica del caprino Criollo del NOA I: Medidas morfométricas e índices corporales *Rev. Agron. Noroeste Argent.* 34,107-110.
- Freund R.J., & Littell R.C. 1986. SAS System for Regression, 1986 Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- King, J.E. 2003. Running a best-subsets logistic regression: An alternative to stepwise methods. *Educational and Psychological Measurement* 63 (3), 392-403.
- Kleinbaum D.G. & Klein M. 2002. Logistic regression: a self-learning text. Springer, NY.
- Lin A.Z. 2015. Integrating PROC REG and PROC LOGISTIC for Collinearity Examination, Sample Scoring and Model Evaluation, SESUG 2015: The Proceedings of the SouthEast SAS Users Group, Savannah, GA, 2015. Paper SD69.
- Okpeku M., Yakubu A., Peters S.O., Ozoje M. O., Ikeobi C.O.N., Adebambo O.A., & Imumorin I.G. 2011. Application of multivariate principal component analysis to morphological characterization of indigenous goats in southern Nigeria. *Acta Agriculturae Slovenica*, 98/2, 101-109.
- Parés-Casanova P.M. 2015. Geometric morphometrics to the study of skull sexual dimorphism in a local domestic goat breed. *J. Fisheries Livest. Prod.* 3: 141.
- Peng, C.Y., & So, T.S. 1998. If there is a will, there is a way: Getting around defaults of PROC LOGISTIC in SAS. Proceedings of the Mid-West SAS Users Group 1998 Conference, pp. 243-252.
- Polák J., & Frynta D. 2009. Sexual size dimorphism in domestic goats, sheep and their wild relatives. *Biological Journal of the Linnean Society* 98, 872-883.
- Press S.J. & Wilson S. 1978. Choosing between Logistic Regression and Discriminant Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 73, 699-705.
- SAS Institute Inc. 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Steel R.G.D. & Torrie J.H. 1985. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Mc Graw-Hill.
- Vargas S., Larbi A., & Sanchez M. 2007. Analysis of size and conformation of native Creole goat breeds and crossbreds used in a smallholder agrosilvopastoral systems in Puebla, Mexico. *Tro. Anim. Health Prod.*, 39: 279-286.