

# ESTIMACIÓN DEL PESO CORPORAL EN CAPRINOS MACHOS Y HEMBRAS DE RAZA COLORADA PAMPEANA MEDIANTE MEDIDAS MORFOMÉTRICAS

BODY WEIGHT ESTIMATION IN MALE AND FEMALE CAPRINES OF RED PAMPEANA RACE USING MORPHOMETRIC MEASURES

Bedotti D.O.<sup>1\*</sup>, Hurtado A.W.<sup>1</sup>, Babinec F.J.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", INTA. Anguil, La Pampa, Argentina. \*bedotti.daniel@inta.gob.ar.

<sup>2</sup>Facultad de Agronomía, UNLPam.Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

**Keywords:** Multiple Linear Regression; Local breeds; Prediction.

**Palabras clave:** Regresión linear múltiple; Razas locales; Predicción.

## ABSTRACT

Prediction of body weight in both sexes of goats was studied using morphometric measurements, given the sexual dimorphism in phaneroptics characteristics and body measurements present in Red Pampeana goats. Data of 546 female adult and 22 males over two years old, from different establishments located in four departments of western La Pampa (Argentina) were used. Live weight was determined by means of an electronic balance and head length (LC), head width (AC), sternal back diameter (DD), diameter between encounters (DEE), longitudinal diameter were measured. (DL), Rump length (LG), Rump width (AG), Cross elevation (ACR) Palomilla height (AP), Height at the base of the tail (ABC), Bicostal diameter (BC), Torax perimeter (PT) and cane perimeter (PC), with a pedometer and tape measure. Simple correlations of weight with the morphometric variables and between a subset of these with each other were calculated for preliminary diagnostic. Live weight was related to morphometric variables by sex by multiple regression with combined selection (stepwise) using the GLMSELECT procedure of SAS, dividing by halves the data set of females and males (separately) for adjustment and validation of the model, given that the number of observations allowed this separation of subsets. Since models obtained had a high number of predictor variables, they were recalculated, limiting it to three (plus intercept). For females the model obtained weight =  $-83.3519 + 1.5474DEE + 0.5855AG + 0.7174PT$  (R<sup>2</sup> adjusted: 0.7525), while for males it was weight =  $-143.630322 + 4.1817AC + 1.3610DL + 0.5501ACR$  (R<sup>2</sup> adjusted: 0.9641).

## RESUMEN

Dado el dimorfismo sexual en características fanerópticas y en medidas corporales presente en cabras coloradas pampeanas, se estudió la predicción del peso corporal en ambos sexos usando medidas morfométricas. Se usaron los datos de 546 cabras adultas y 22 machos mayores de 2 años, provenientes de diferentes establecimientos situados en cuatro departamentos del oeste de La Pampa (Argentina). Se determinó el peso vivo mediante una balanza electrónica y con un pedómetro y cinta métrica se midió el largo de cabeza (LC), ancho de cabeza (AC) diámetro dorso esternal (DD), diámetro entre encuentros (DEE), diámetro longitudinal (DL), largo de grupa (LG), ancho de grupa (AG), alzada a la cruz (ACR), altura a las palomillas (AP), altura a la base de la cola (ABC), diámetro bicostal (BC), perímetro de tórax (PT) y perímetro de caña (PC). Se calcularon correlaciones simples del peso con las variables morfométricas y entre un subconjunto de estas entre sí para diagnóstico preliminar. El peso se relacionó con las variables morfométricas por sexo mediante regresión múltiple con selección combinada (stepwise) usando el procedimiento

GLMSELECT de SAS, particionando por mitades el conjunto de datos de hembras y machos (por separado) para ajuste y validación del modelo, dado que el número de observaciones lo permitía. Como los modelos obtenidos tenían un número elevado de variables predictoras se los recalculó limitándolo a tres (más la ordenada al origen). Para hembras se obtuvo el modelo  $\text{peso} = -83.3519 + 1.5474\text{DEE} + 0.5855\text{AG} + 0.7174\text{PT}$  (R2 ajustado: 0.7525), mientras que para machos fue  $\text{peso} = -143.630322 + 4.1817\text{AC} + 1.3610\text{DL} + 0.5501\text{ACR}$  (R2 ajustado: 0.9641).

---

## INTRODUCCIÓN

La cabra Colorada Pampeana ha sido caracterizada como raza local típica del oeste de la provincia de La Pampa, Argentina (Bedotti, 2000) y está presente principalmente en los departamentos de Limay Mahuida, Puelén, Chical Co y Chadileo. Los animales se destinan mayormente a la producción de carne de cabritos de 8 a 12 kg de peso vivo, pero también se venden individuos adultos, sobre todo para consumo local. Además, existe una producción potencial de fibra fina, recurso que actualmente está en procesos de caracterización como fibra de calidad (Sacchero et al., 2018). Los productores de caprino del oeste pampeano no disponen de muchos recursos económicos, por lo que no se encuentra a su alcance la compra de balanzas. Además, la gran mayoría no tiene electricidad en sus hogares, por lo que se dificulta la carga de baterías para balanzas electrónicas (Bedotti, 2000). La determinación del peso en los animales es necesaria para una serie de prácticas de manejo, tales como la estimación del consumo de alimentos, la evolución del crecimiento, la determinación de un peso mínimo al primer servicio, la dosificación de medicamentos y la realización de transacciones comerciales entre otras. Las medidas morfométricas han sido utilizadas para estimar el peso vivo en diversas especies animales (Ramírez et al., 2008; García Neder et al., 2009, Sousa et al., 2009). En caprinos varios autores (Ribeiro et al., 2004, Bedotti et al., 2015, Dorantes et al., 2015, Cappello et al., 2017) han empleado diversas medidas corporales con este fin, estableciendo correlaciones con el peso vivo. Estos trabajos utilizan regresión múltiple con selección de variables, y se han realizado solamente con hembras. En la cabra colorada, Bedotti et al. (2017) describieron la existencia de dimorfismo sexual mediante la utilización de medidas morfométricas, por lo que puede suponerse que no necesariamente las mismas medidas serían seleccionadas en ambos sexos para establecer mejores ecuaciones de correlación para estimar el peso vivo en machos y hembras de esta raza. En este trabajo se aplica la técnica de regresión lineal múltiple con selección combinada de las variables predictoras para estimar el peso vivo a partir de variables morfométricas en ambos sexos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se usaron los datos de 546 cabras adultas y 22 machos mayores de dos años, provenientes de distintos establecimientos situados en cuatro departamentos del oeste de La Pampa (Argentina). Se determinó el peso vivo mediante una balanza electrónica cuando las cabras estaban vacías o hasta el primer mes de gestación, para evitar errores debidos al peso de útero grávido, fetos y líquidos fetales. Con un pediómetro y cinta métrica se midió el Largo de cabeza (LC), el Ancho de cabeza (AC) el Diámetro Dorso Esternal (DD), Diámetro entre encuentros (DEE), Diámetro Longitudinal (DL), Largo de grupa (LG), Ancho de Grupa (AG), Alzada a la cruz (ACR) Altura a las palomillas (AP), Altura a la base de la Cola (ABC), Diámetro Bicostal (BC), Perímetro de Tórax (PT) y Perímetro de caña (PC).

Se calcularon para cada sexo estadísticos descriptivos y correlaciones simples del peso con las variables morfométricas medidas, y entre un subconjunto de estas (LC, LR y LO con AC, DD, ALP DEE, DL, LG, AG, ACR, AP, ABC, DB, PC y PT) para diagnóstico preliminar. El peso se relacionó con las variables morfométricas por sexo mediante regresión múltiple con el procedimiento REG de SAS usando distintos criterios de selección de variables (backward, forward y stepwise) para construir modelos preliminares (Christensen, 1997, Rawlings et al., 2001). El

enfoque de ajustar modelos (ecuaciones) separados para cada sexo se eligió en base a los diferentes números de individuos medidos y en las diferencias morfométricas encontradas previamente (Bedotti *et al.*, 2017). Para desarrollar los modelos finales se usó selección combinada (stepwise) particionando por mitades el conjunto de datos de hembras y machos (por separado) para ajuste y validación del modelo, dado que el número de observaciones lo permitía, mediante el procedimiento GLMSELECT de SAS (Cohen, 2006; Rodríguez *et al.*, 2017). Como los modelos obtenidos tenían un número elevado de variables predictoras se los recalculó limitándolas a tres más la ordenada al origen. El diagnóstico y cálculo de estadísticos de influencia se hizo mediante el procedimiento REG.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla I se indican los estadísticos descriptivos para las variables cuantitativas evaluadas. Como se informó en un trabajo anterior (Bedotti *et al.*, 2017) en general los machos presentan medidas corporales mayores a las de las hembras, lo que determina un mayor volumen corporal y un mayor peso, siendo las variables DEE, DL, AG, ACR, PC y PT las que más diferenciaban ambos sexos.

**Tabla I.** Estadísticos descriptivos por sexo (*Descriptive statistics by sex*).

Variable	Hembras (N=547)				Machos (N=22)			
	Media	Desvío std.	Mínimo	Máximo	Media	Desvío std	Mínimo	Máximo
LC	21,88199	1,14675	17.5	26.5	24,08909	1,53765	21.5	27.71
AC	13,16408	0,63992	11	15.5	14,71591	0,82842	13.5	16.5
LR	18,66865	1,10174	15	21.5	19,69318	1,23426	17	21.5
DD_ALP	32,07441	1,93580	26.5	39.5	33,77273	2,31829	30	38
DEE	19,40969	1,73824	15.5	25.5	23,51136	1,64837	20	26.5
DL	72,04022	4,21514	59.5	83.5	76,50000	6,13344	62.5	93
LG	23,17596	1,39924	18	29.5	25,78409	1,67313	22.5	30
AG	16,90676	1,51201	12.5	21.5	17,01136	1,23317	15	20.5
ACR	67,95018	3,33420	52.5	79	73,23864	5,58190	62.5	83.5
AP	69,95932	3,31263	58.5	80	74,20455	4,23326	63	83
ABC	60,37660	4,29401	45.5	93.5	63,70455	4,64619	52.5	71
DB	21,84352	3,08771	14.5	30	22,81818	1,72720	19	25.75
PC	9,09598	0,56729	8	11	10,79545	0,68416	10	12.5
PT	88,35558	5,13652	73	108	94,02500	2,94666	89	100.05
LO	16,74973	1,81096	12	22.5	16,72727	1,34277	14	19.5
Peso	50,76980	7,79705	33.3	74.5	63,77864	10,15814	47	92.22

En la tabla II se presentan las correlaciones lineares simples entre cada una de las medidas morfométricas y el peso de los animales para ambos sexos. Para el caso de las hembras si bien todas las medidas tuvieron correlaciones positivas altamente significativas con el peso corporal, las mayores correlaciones corresponden al diámetro entre encuentros o ancho de pecho (DEE,  $r=0.73$ ), perímetro torácico (PT,  $r=0.77$ ), diámetro dorso esternal o altura de pecho (DDE,  $r=0.67$ ) y ancho de grupa (AG,  $r=0.66$ ). En los machos, sólo cinco medidas (AC, LR, DD, DB y LO) tuvieron correlaciones no significativas y una (AC) significativa al 5%. Las medidas con más alta correlación con el peso fueron el perímetro torácico (PT,  $r=0.82$ ), ancho de grupa (AG,  $r=0.82$ ), diámetro longitudinal o largo de cuerpo (DL,  $r=0.76$ ) y largo de grupa (LG,  $r=0.74$ ). De las cuatro medidas que tienen mayor correlación con el peso, el perímetro torácico y el ancho de grupa son comunes a ambos sexos. El perímetro torácico ha sido entre todas las medidas morfológica que mostró mayor correlación con el peso vivo ( $r_{\text{hembras}}=0.77$  y  $r_{\text{machos}}=0.82$ ), lo que coincide con los trabajos de

Ribeiro *et al.* (2004) en las razas Moxotó y Caninde, de Souza *et al.* (2009) en ovinos de cuatro razas y sus cruzamientos, de de Araujo *et al.* (2015) en cabras Saanen, de Dorantes *et al.* (2015) en cabras criollas de México, y de Cappello *et al.* (2017) con cabras formoseñas. En el trabajo de Dorantes *et al.* (2015), el largo de cuerpo o diámetro longitudinal fue también una medida correlacionada positivamente con el peso, al igual que en los machos de cabra colorada. Si bien algunos de los mencionados autores consideran que el perímetro torácico es suficiente para predecir el peso vivo de los animales, en nuestra investigación la utilización de medidas adicionales aumentó la confiabilidad de la predicción.

**Tabla II.** Correlaciones de variables morfométricas con peso según sexo. (*Correlations of morphometric variables with weight by sex*).

Variable	Hembras		Machos	
LC	0.39785	**	0.09030	Ns
AC	0.53513	**	0.45516	*
LR	0.39552	**	-0.0153	Ns
DD_ALP	0.66736	**	0.20835	Ns
DEE	0.72654	**	0.60342	**
DL	0.62364	**	0.76139	**
LG	0.50747	**	0.73894	**
AG	0.66062	**	0.82038	**
ACR	0.49221	**	0.54939	**
AP	0.52077	**	0.53895	**
ABC	0.43615	**	0.54773	**
DB	0.56044	**	0.30292	Ns
PC	0.52978	**	0.65729	**
PT	0.76852	**	0.82149	**
LO	0.24146	**	0.13742	Ns

Referencias: ns: no significativo, \*: significativo al 5%; \*\*: significativo al 1%.

**Tabla III.** Correlaciones de LC, LR y LO con otras variables morfométricas por sexo.

Variable	Hembra						Macho					
	LC		LR		LO		LC		LR		LO	
AC	0.41749	**	0.43721	**	0.15695	**	0.02624	ns	0.01257	ns	0.41933	*
DD_ALP	0.38268	**	0.53016	**	0.16563	**	-0.3172	ns	0.53614	**	-0.2044	ns
DEE	0.44851	**	0.48349	**	0.14457	**	0.44935	*	0.02813	ns	0.31342	ns
DL	0.47541	**	0.42077	**	0.14236	**	0.28757	ns	0.01651	ns	0.19225	ns
LG	0.42987	**	0.45972	**	0.15581	**	0.23652	ns	-0,0682	ns	0.06792	ns
AG	0.35277	**	0.49253	**	0.15995	**	0.27355	ns	0.1295	ns	0.26797	ns
ACR	0.35303	**	0.35127	**	0.16421	**	0.39233	ns	0.3524	ns	-0,0465	ns
AP	0.35926	**	0.3701	**	0.23614	**	0.14294	ns	0.13676	ns	0.0417	ns
ABC	0.29664	**	0.28131	**	0.20384	**	-0,1245	ns	0.07374	ns	0.0628	ns
DB	0.33549	**	0.48768	**	0.07633	ns	-0,007	ns	0.17083	ns	-0,1559	ns
PC	0.35486	**	0.36453	**	0.18753	**	0.07563	ns	0.02788	ns	0.50657	*
PT	0.32141	**	0.28503	**	0.28648	**	0.24596	ns	-0.0773	ns	-0.0427	ns

Referencias: ns: no significativo, \*: significativo al 5%; \*\*: significativo al 1%.

Siendo las variables LC, LR y LO las que menos correlación exhibieron con el peso en ambos sexos, se examinó su relación con las restantes (Tabla III), no encontrándose un patrón particular. Resta un examen más detallado de las relaciones entre variables predictoras para detectar la posible

presencia de multicolinealidad, lo que afecta el proceso de construcción de un modelo de regresión múltiple (Christensen, 1997, Rawlings *et al.*, 2001). Los modelos preliminares tenían seis o más variables predictoras retenidas (Tabla IV). Al limitar el número a tres (Tabla V), para hembras se obtuvo el modelo  $\text{peso} = -83.3519 + 1.5474\text{DEE} + 0.5855\text{AG} + 0.7174\text{PT}$  ( $R^2$  ajustado: 0.7525), mientras que para machos fue  $\text{peso} = -143.630322 + 4.1817\text{AC} + 1.3610\text{DL} + 0.5501\text{ACR}$  ( $R^2$  ajustado: 0.9641). Obsérvese que a pesar del reducido número de machos utilizados para desarrollar el modelo el ajuste fue mejor que el obtenido para hembras, tal vez por la mayor dispersión de los datos. Es importante tener presente que es necesario evitar el redondeo de los coeficientes en exceso para no incurrir en errores. La selección de variables en la construcción de modelos de regresión está ampliamente difundida y aceptada, pero su aplicación a datos reales presenta algunos problemas, ya que solo se elige un modelo, que no necesariamente es el “mejor”; pudiendo existir otros más parsimoniosos o más intuitivamente razonables, y la selección es afectada por outliers (Rodríguez *et al.*, 2017). Estos problemas son intrínsecos del método, y por ello suele criticarse el procedimiento.

**Tabla IV.** Variables morfométricas seleccionadas con distintos métodos en el análisis preliminar (*Morphometric variables selected by different methods in preliminar analysis*).

Stepwise		Backward	
Hembras	Machos	Hembras	Machos
PT	AG	DDALP	LC
AG	ACR	DEE	AC
AP	AC	DL	LR
DEE	DEE	AG	DDALP
DL	DDALP	AP	DEE
LR	LG	PT	DL
	DB		LG
			AG
			ACR
			AP
			ABC
			DB
			PC
			PT
			LO

**Tabla V.** Coeficientes para las variables morfométricas seleccionadas en los modelos finales para cada sexo (*Coefficients for the selected morphometric variables in the final models for each sex*).

Sexo	Parámetro	Estimador	Error	t	Probab.
Hembras	Ordenada	-833.519	55.827	14.93	<.001
	DEE	15.474	0.1738	8.9	<.001
	AP	0.5855	0.0809	7.24	<.001
	PT	0.7174	0.0604	11.88	<.001
Machos	Ordenada	-1.436.303	170.312	8.43	<.001
	AC	41.817	10.889	3.84	0.009
	DL	13.610	0.2011	6.77	0.001
	ACR	0.5501	0.1901	2.89	0.028

## CONCLUSIONES

Es posible generar ecuaciones para estimar con buena aproximación el peso en cabras coloradas a partir de medidas morfométricas. Pero como en cada sexo aparecen combinaciones de diferentes variables, en la práctica puede resultar complicado su empleo. Obtener una fórmula única usando una variable indicadora para sexo e interacciones para pendientes diferentes requiere de trabajos adicionales a fin de verificar su confiabilidad, máxime teniendo en cuenta las dificultades para obtener en condiciones reales números similares de machos y hembras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bedotti D.O. 2000. Caracterización de los sistemas de Producción caprina en el Oeste Pampeano, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, España. 359 pp.
- Bedotti D.O., Vazquez P., Meder A., Lux J.M., & Sánchez M.O. 2012. Estimación del peso vivo en caprinos criollos de la Pampa mediante medidas morfométricas *Revista Argentina de Producción Animal* 37 Supl. 1, 215.
- Bedotti D.O., Hurtado A.W., Lux J.M., & Babinec F.J. 2017. Caracterización del dimorfismo sexual en caprinos de raza Colorada Pampeana mediante medidas corporales usando Regresión Logística Binaria. *AICA* 10, 69-73
- Cappello J.S., Ruiz S., Rivaditti M.A., De la Rosa S.A., Morales V., Tejerina E.R. & Orga A. 2017. Estimación del peso vivo a través de la medición del perímetro torácico en cabras criollas formoseñas (Argentina). *AICA* 9, 103-108.
- Christensen L.A. 1997. Introduction to Building a Linear Regression Model. In: *Proceedings of the Twenty-Two Annual SAS Users Group International Conference*. Cary, NC: SAS Institute Inc. <http://www2.sas.com/proceedings/sugi22/STATS/PAPER267.PDF>
- Cohen R. 2006. Introducing the GLMSELECT Procedure for Model Selection. In: *Proceedings of the Thirty-First Annual SAS Users Group International Conference*. Cary, NC: SAS Institute Inc. <http://www2.sas.com/proceedings/sugi31/207-31.pdf>.
- de Araújo F.C.T., Filho J.R.V.D.S., dos Santos L.T.A., Medeiros L.G.D.L., & Fraga A.B. 2015. Estudo da eficácia da fita torácica para estimação do peso em cabras mestiças Saanen. *X Congresso Nordestino de Produção Animal*, Teresina, Pirauí, Brasil <http://www.cnpa2015.com.br/anais/resumos/R0089-1.PDF>
- Dorantes C.X.E.J., Gómez T.G., Jasso A.X., Mondragón A.J., & García H.P. 2015. Utilización de as medidas zoométricas para predecir el peso corporal e cabras criollas, en el sur del estado de México. *AICA* 6, 525-534.
- García Neder A., Perez A. & Perrone G. 2009. Estimación del peso corporal del caballo criollo mediante medidas morfométricas: Validación de ecuaciones publicadas para otras razas y desarrollo de nueva fórmula. *Revista Electrónica de Veterinaria* 10, 1-8. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090909.html>
- Ramirez J.L., Quiragua A., Rodríguez T. & Torres Y. 2008. Evaluación del peso vivo estimado con el uso de medidas corporales de becerros de doble propósito. *Revista Científica UDO Agrícola* 8, 132-137.
- Rawlings J.O., Pantula S.G. & Dickey D.A. 2001. *Applied regression analysis: a research tool*. Springer Science & Business Media, 658 pp.
- Ribeiro N.L., Medeiros A.N., Ribiro M.N & Pimenta Filho E.C. 2004. Estimación del peso vivo de caprinos autóctonos brasileños mediante medidas morfométricas. *Archivos de Zootecnia*, 53, 341-344.
- Rodriguez R.N., Gibbs P., Tobias, R. (2017) Step Up Your Statistical Practice with Today's SAS/STAT® Software. *Western Users of SAS® Software Conferences (WUSS 2017)*. Long Beach, California. [https://www.lexjansen.com/wuss/2017/172\\_Final\\_Paper\\_PDF.pdf](https://www.lexjansen.com/wuss/2017/172_Final_Paper_PDF.pdf)
- Sacchero D., Maurino J., Hurtado A., Bedotti D., Palaveccino C. & Sáez A (2018) Procesamiento de Vellones de Cabra Colorada Pampeana Mediante Maquinas Minimills. *Comunicación técnica 742*. EEA Bariloche, INTA. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/ct\\_742-pampeana\\_informe\\_procesamiento\\_cabra\\_colorada.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/ct_742-pampeana_informe_procesamiento_cabra_colorada.pdf)
- Sousa S., Leal A., Barioni C., Matos A., Morais J., Arujo M., Neto O., Santos A. & Costa R. 2009. Utilização de medidas biométricas para estimar peso vivo em ovinos. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 17, 61-66.