



Estimación del peso vivo en caprinos a través de medidas morfométricas

Estimation live weight in goats using morphometric measurements

Castellaro, G.^a, Orellana C.^a, Escanilla, J.P.^a, Ruz, Y.^a

^a Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
Casilla 1004, Santiago, Chile.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 02.01.2019

Accepted 04.07.2019

Keywords:

Barimetry

Goats

Stepwise regression

Review Article,

Animal Science

*Corresponding author:

Giorgio Castellaro

E-mail address:

gicastel@uchile.cl

ABSTRACT

In marginal areas where extensive goat production systems are developed, it is common not to have the technology that allows weighing animals. The aim of this study was to develop equations to predict body weight as a function of morphometric variables. A total of 382 records of "criollo" goats of different ages and sex were analysed, measuring live weight and 15 morphometric variables. Correlation analysis and logarithmic regression were used to analyse the data, selecting only the variables presenting a higher association with body weight to include them in the logarithmic regression model, which was calculated using a "stepwise" procedure. The equations obtained were highly significant ($p < 0.05$) and explained a high proportion of the variability ($R^2 > 85\%$). The predictor variables for live weight were thoracic perimeter and back sternal and/or longitudinal diameters, independently of the sex of the goat. The use of the thoracic perimeter only as the predictor of the live weight of the goat required an equation for each sex.

RESUMEN

En zonas marginales donde se desarrollan sistemas extensivos de producción caprina, es frecuente no contar con la tecnología que permita efectuar pesaje de los animales. Por ello, se efectuó un estudio cuyo objetivo fue obtener ecuaciones de predicción del peso vivo en función de variables morfométricas. Se analizaron 382 registros de caprinos "criollos", de diferentes edades y sexo, en los cuales se determinó el peso vivo y 15 variables morfométricas. A partir de un análisis de correlación entre las variables antes mencionadas, se seleccionaron las de más alta asociación con el peso vivo, incorporándolas en un modelo de regresión logarítmico, el cual fue calculado mediante un procedimiento "stepwise". Las ecuaciones obtenidas fueron altamente significativas ($p < 0,05$) y explicaron una gran proporción de la variabilidad ($R^2 > 85\%$), e incluyeron como variables predictoras del peso vivo, al perímetro torácico y los diámetros dorso esternal y/o longitudinal, siendo independientes del sexo del caprino. Cuando solamente se utilizó el perímetro torácico como variable predictora del peso vivo del caprino, fue requerida una ecuación para cada sexo en forma independiente.

Palabras clave: barimetría, cabras, regresión stepwise.

INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas la producción caprina normalmente se desarrolla en condiciones de pastoreo extensivo en terrenos con pastizales naturales, siendo frecuente también la trashumancia hacia terrenos de cordillera durante la época estival. En dichas condiciones, muchas veces, resulta difícil contar con infraestructura que permita realizar pesajes sistemáticos de los animales. Una alternativa sencilla es el uso de ecuaciones empíricas que relacionan el peso vivo con medidas morfométricas, técnica conocida como barimetría (Inchausti y Tagle, 1964). Entre estas medidas, las más

utilizadas para tales propósitos han sido el largo y perímetro torácico del animal, las cuales han sido muy difundidas en otras especies (Inchausti y Tagle, 1964; Carroll y Huntington, 1988; Souza *et al.*, 2009; Sungirai *et al.*, 2014). El objetivo del presente trabajo fue obtener ecuaciones confiables para estimar el peso del ganado caprino y determinar si el sexo de los animales afecta a las mismas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado por el Programa de Investigación de Rumiantes Menores y Pastizales de Secano,

en la Estación Experimental Agronómica Germán Greve Silva, (33° 28' Lat. Sur; 70° 50' Long. O; 470 m s. n. m.), perteneciente a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Las mediciones en terreno se llevaron a cabo entre los meses de diciembre de 2007 a marzo de 2008. Se evaluaron 382 animales caprinos (fundamentalmente mestizos Boer con caprinos "criollos") de diferentes edades (crías lactantes menores de 4 meses; animales de recría, entre 5-18 meses; adultos, de 1,5 a 6,5 años), tanto machos (n = 34) como hembras (n = 348). En ellos se determinaron 15 medidas morfométricas (Ancho de la cabeza; Altura al esternón; Anchura a la grupa; Alzada a la cruz; Alzada a la grupa; Diámetro bicostal; Diámetro dorso-esternal; Distancia entre encuentros; Diámetro del hocico; Diámetro longitudinal; Longitud de la cabeza; Longitud de la grupa; Longitud de la cara; Perímetro del carpo; Perímetro de tórax), de acuerdo al protocolo sugerido por Deza *et al.* (2003), las cuales se correlacionaron entre sí y con el peso vivo, a través del cálculo de una matriz de correlaciones de Pearson (Kaps y Lamberson, 2004). Las variables morfométricas (X_n , cm) que resultaron altamente correlacionadas con el peso vivo (W , Kg.) ($r > 0,85$; $p \leq 0,05$), fueron seleccionadas para calcular regresiones logarítmicas (base logaritmo natural), utilizando un modelo general de la forma $\ln(W) = a_0 + a_1 \cdot \ln(X_1) + a_2 \cdot \ln(X_2) + \dots + a_n \cdot \ln(X_n)$, mediante regresión "paso a paso" (stepwise regression). Para determinar si el efecto sexo influía en la ecuación anterior, se incluyó en ésta una variable "dummy", denominada *Sexo*, que tuvo dos valores: *Sexo* = 1, para hembras y *Sexo* = 2, para machos, analizándose su significancia estadística. Todos los análisis estadísticos antes mencionados fueron ejecutados utilizando el software estadístico SAS (1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La matriz de correlación de Pearson entre las variables morfométricas y el peso vivo, se presentan en el Cuadro 1.

Todos los valores de las correlaciones entre las variables estudiadas fueron significativos ($p < 0,001$) y con valores positivos. De todas las variables analizadas, el diámetro dorso-esternal (DD, cm), el diámetro longitudinal (DL, cm) y el perímetro torácico (PT, cm), presentaron los más altos valores de correlación con el peso vivo, siendo estos de 0,91; 0,88 y 0,91, respectivamente.

En el estudio de Ribeiro *et al.* (2004b), donde evaluaron dos razas distintas (Moxotó y Canindé), la variable que presentó la correlación más alta en ambos tipos raciales fue el PT, con valores de 0,97 y 0,94 respectivamente. Los autores concluyeron que esta variable fue la más indicada para estimar el PV en todas las edades. En otro estudio realizado por los mismos autores (Ribeiro *et al.*, 2004a), donde se analizó la correlación de cuatro variables (DL, alzada a la cruz (ALCR), PT y longitud de

orejas) con el PV de caprinos, criados en los estados de Paraíba y Río Grande en Brasil, se observaron valores de correlación bajos, pero positivos y significativos ($p < 0,05$) para la mayoría de las variables. Estos valores fueron inferiores a los registrados en el presente estudio. Además, se constató que DL y PT fueron los mejores estimadores del peso vivo, puntualizando que esta última variable, por sí sola sería suficiente para predecir el peso vivo de las cabras. Resende *et al.* (2001), realizaron un estudio en cabras Saanen, en la localidad de Jaboticabal (Brasil), donde calcularon la correlación entre el peso vivo y tres variables: PT, ALCR y longitud del cuerpo. Estos autores obtuvieron valores muy similares a los del presente estudio para la correlación entre el PV y PT y entre la longitud y PV (0,95 y 0,91, respectivamente), con excepción de ALCR donde la correlación fue menor ($r = 0,43$). Asimismo, correlaciones de inferior valor entre PT y PV ($r = 0,62$), han sido informadas por Parés-Casanova y Kucherova (2015) en cabras de la raza Catalana.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la matriz de correlaciones, se establecieron ecuaciones de regresión múltiple, utilizando como predictores del PV y las variables DD, DL y PT, además de la variable "dummy" *Sexo*. Se constató en primer lugar que la variable "dummy" que representó el efecto del sexo, no resultó ser significativa ($p = 0,8138$), eliminándose del modelo, el cual quedó reducido a la siguiente ecuación:

$$\ln(PV) = -8,69107 + 0,643982 \cdot \ln(DD) + 1,15385 \cdot \ln(DL) + 1,00934 \cdot \ln(PT) \quad [\text{Ec. 1}]$$

Este modelo fue significativo ($p < 0,05$) y presentó un R^2 de 93,2% con un error estándar de 0,0728. En la Figura 1, se presentan los valores observados versus los valores estimados con la Ec. [1]. Estos resultados difieren de los obtenidos por Urbano *et al.* (2006), en cuanto al efecto del sexo en la predicción del peso vivo en caprinos de raza Canindé. Estos autores definieron ecuaciones predictoras en función de las variables altura posterior, longitud del cuerpo, PT y perímetro del cuerpo tomado alrededor de la cavidad abdominal y específicas para machos y hembras. Cabe señalar que estas medidas son más complejas de medir que las encontradas en este estudio.

Se consideró de interés calcular una fórmula similar a la citada por Inchausti y Tagle (1964), debido a su amplia utilización en este tipo de estudios. Esta fórmula considera solamente el PT y DL como variables predictoras del peso vivo, denominándose fórmula de Quetelet. En esta ecuación, al igual que la Ec. [1], no se consideró la variable sexo, ya que no fue significativa la diferencia entre machos y hembras ($p = 0,8006$). La fórmula obtenida fue la siguiente:

$$\ln(PV) = -8,59572 + 1,44627 \cdot \ln(PT) + 1,33135 \cdot \ln(DL) \quad [\text{Ec. 2}]$$

Cuadro 1. Matriz de Correlación de Pearson entre diferentes variables morfo-estructurales y el peso vivo del rebaño caprino bajo estudio.**Table 1.** Pearson correlation matrix between different morpho-structural variables and live weight of the goat herd under study.

Variable evaluada ¹	AES	AG	ALCR	ALG	DB	DD	DE	DH	DL	LC	LG	LR	PC	PT	PV
AC	0,1761	0,6416	0,6009	0,6156	0,4456	0,7414	0,6171	0,6653	0,7061	0,6149	0,4749	0,5513	0,4503	0,7518	0,7791
AES		0,287	0,5837	0,4891	0,142	0,2544	0,1346	0,2938	0,3672	0,3538	0,1995	0,3269	0,1273	0,2532	0,3127
AG			0,6917	0,7359	0,54	0,7721	0,5566	0,6106	0,7773	0,6696	0,5744	0,6416	0,3017	0,7338	0,7819
ALCR				0,8976	0,4106	0,7241	0,4236	0,6231	0,7853	0,7634	0,4772	0,6741	0,3157	0,6955	0,7773
ALG					0,4038	0,7669	0,4654	0,6127	0,8227	0,7968	0,5263	0,7061	0,3127	0,735	0,8075
DB						0,5593	0,578	0,4973	0,4802	0,3363	0,3313	0,2169	0,4449	0,5231	0,575
DD							0,6921	0,7185	0,8203	0,7444	0,5537	0,6561	0,4665	0,9242	0,9084
DE								0,5929	0,587	0,397	0,415	0,3549	0,5211	0,6617	0,7021
DH									0,6876	0,5838	0,5303	0,4589	0,5042	0,7173	0,7822
DL										0,7582	0,6014	0,6699	0,3652	0,7832	0,8823
LC											0,4183	0,7957	0,3572	0,7205	0,7543
LG												0,4504	0,1616	0,5458	0,5887
LR													0,227	0,6307	0,645
PC														0,4832	0,502
PT															0,91

¹ AC: Ancho de la cabeza; AES: Altura al esternón; AG: Anchura a la grupa; ALCR: Alzada a la cruz; ALG: Alzada a la grupa; DB: Diámetro bicostal; DD: Diámetro dorso-esternal; DE: Distancia entre-encuentros; DH: Diámetro del hocico; DL: Diámetro longitudinal; LC: Longitud de la cabeza; LG: Longitud de la grupa; LR: Longitud de la cara; PC: Perímetro del carpo; PT: Perímetro de tórax; PV: Peso vivo.

La Figura 2 da cuenta de los valores observados versus los valores estimados con la Ec. [2]. Esta ecuación obtuvo un R^2 ajustado de 92,5% y un error estándar de 0,0760. Si bien el valor de R^2 obtenido en esta última ecuación es menor al registrado en la Ec. [1], el número de variables utilizadas en su construcción es también menor, haciendo más simple el proceso de estimación de peso vivo. Estudios realizados por Rodríguez *et al.* (1990) concuerdan con la idea de disminuir el número de mediciones, ya que esto simplificaría el control morfológico, permitiendo definir correctamente a un animal.

Como fue mencionado anteriormente, la Ec. [2] es muy similar a la fórmula de Quelet ($PV = 87,5 \cdot DL \cdot PT^2$), citada por Inchausti y Tagle (1964) para ganado bovino,

donde las variables utilizadas son las mismas de la Ec. [2], solo con diferencia en los valores de los coeficientes. Los autores antes citados puntualizan que esta fórmula es más aproximada en hembras que en machos. Ello se debería a que estos últimos presentan valores de diámetros longitudinales menores que las hembras. Este último punto difiere a lo constatado en este estudio, donde a través de la utilización de una variable “dummy” se estableció que el sexo no influía en la construcción final de la ecuación. Ribeiro *et al.* (2004a) en su investigación con el grupo genético Graúna en Brasil, constató que los mejores predictores del peso vivo son el diámetro longitudinal y el perímetro torácico. Sin embargo, para estos autores, el perímetro torácico sería suficiente para predecir el peso vivo de los anima-

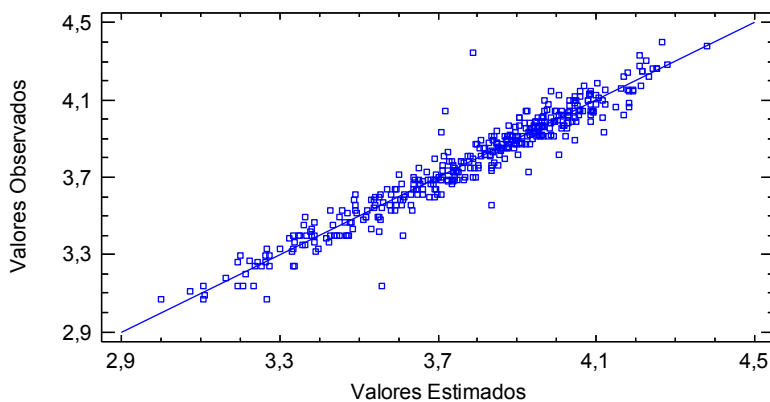


Figura 1. Valores estimados y observados del logaritmo natural del peso vivo de caprinos, utilizando en modelo de regresión múltiple que incluye a las variables diámetro dorso-esternal, diámetro longitudinal y perímetro torácico.

Figure 1. Estimated and observed values of the live weight of goats using the multiple regression model that includes back-sternal diameter, longitudinal diameter and thoracic perimeter variables.

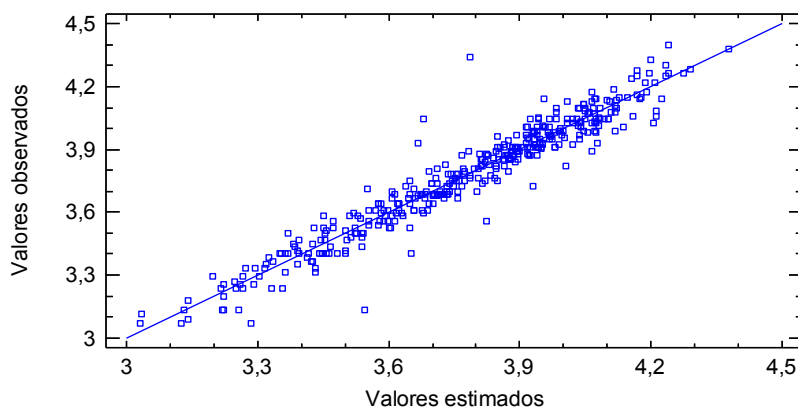


Figura 2. Valores estimados y observados del logaritmo natural del peso vivo de caprinos, utilizando en modelo de regresión múltiple que incluye a las variables diámetro dorso-esternal, diámetro longitudinal y perímetro torácico.

Figure 2. Estimated and observed values of the live weight of goats using the multiple regression model that includes longitudinal diameter and thoracic perimeter variables.

les en condiciones de campo ($R^2 = 0,72$). En ovinos de tipo carnívero, de diferentes razas y edades, y de acuerdo a los resultados del estudio efectuado por Souza *et al.* (2009), plantean que tanto el perímetro torácico como la longitud del cuerpo, utilizados en forma independiente, y en ecuaciones específicas para hembras y machos serían buenos estimadores del peso vivo.

Finalmente, se consideró de interés calcular una ecuación que solo considera al PT como predictor del peso vivo, ya que esta variable fue la que obtuvo un mayor coeficiente de correlación con el peso vivo. La ecuación resultante fue la siguiente:

$$\ln(PV) = -6,98645 + 2,25371 \cdot \ln(PT) - 0,0522893 \cdot SEXO$$

[Ec. 3]

En este caso el R^2 ajustado fue de 85,46%, con un error estándar de 0,106, pero a diferencia de los modelos anteriores, la variable *Sexo* fue significativa ($p = 0,0066$), por lo cual se debió considerar su efecto, estableciendo una ecuación para cada sexo, las cuales se presentan a continuación.

$$\ln(PV) = -6,75354 + 2,29163 \cdot \ln(PT), \text{ para hembras}$$

[Ec. 4]

$$\ln(PV) = -8,66397 + 2,69326 \cdot \ln(PT), \text{ para machos}$$

[Ec. 5]

Las estimaciones del peso vivo, en función de PT, tiene una fórmula general similar a la citada por Inchausti y Tagle (1964). Estos autores indican que es posible la estimación del peso vivo en bovinos a través de la fórmula de Crevat, la cual solamente utiliza el perímetro torácico como variable predictora ($PV = 80 \cdot PT^2$). Ribeiro *et al.* (2004b), proponen una ecuación que incluye una variable, siendo el PT la mejor medida para estimar el PV de los animales en todas las razas y edades evaluadas en su estudio. Resende *et al.* (2001), coinciden con esto, ya que, al evaluar el peso vivo de cabras de tres edades distintas, utilizando el perímetro torácico, altura a la cruz y la longitud, concluyeron que el perímetro torácico fue la medida más eficiente para estimar el peso vivo de cabras lecheras, pudiendo ser utilizada esta variable para construir una ecuación de predicción general para cabras de todas las edades. Chacón y Boschini (2017), utilizando cabras lecheras, encontraron un buen ajuste entre el peso vivo y el perímetro torácico, pero a diferencia del presente estudio, la relación encontrada por estos autores fue lineal. Mahecha *et al.* (2002), plantearon que el perímetro torácico es la medida morfométrica que más se ha utilizado para la predicción del peso vivo en ganado bovino. No obstante, su utilidad también ha sido reportada como un indicador de crecimiento, adaptabilidad y eficiencia

alimenticia en este tipo de ganado. Al igual que en el caso de la presente investigación, en burros se requiere una ecuación específica para cada sexo, cuando se utiliza solamente el perímetro torácico como estimador del peso vivo (de Aluja *et al.*, 2005). Finalmente, es importante destacar la posible diferenciación en la morfoestructura observada en caprinos con diferente grado de mestizaje entre razas especializadas y criollas (de la Barra *et al.*, 2019), lo cual podría afectar las ecuaciones determinadas en este trabajo, por lo cual estas debiesen de calibrarse previamente al utilizarse en biotipos de caprinos distintos a los evaluados en este trabajo.

CONCLUSIONES

Las variables morfo-estructurales que predicen de mejor manera el peso vivo de caprinos fueron el diámetro longitudinal (DL), diámetro dorsoesternal (DD) y perímetro torácico (PT), las que al considerarse conjuntamente explican gran parte de la variabilidad observada, independiente del sexo. No obstante, cuando se utiliza solamente el PT como estimador del peso vivo, se requiere determinar una ecuación para machos y otra para hembras, en forma independiente.

REFERENCIAS

- Carroll, C.L., Huntington, P.J., 1988. Body condition scoring and weight estimation of horses. *Equine Veterinary Journal* 20 (1), 21–45. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1988.tb01451.x>
- Chacón, H.P., Boschini, F.C., 2017. Peso estimado en cabras con una cinta comercial de pesaje y perímetro torácico. *Agronomía Mesoamericana* 28 (1), 229–236. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21611>
- De Aluja, A.S., Tapia Pérez, G., López, F., Pearson, R.A., 2005. Live weight estimation of donkey in Central Mexico from measurement of thoracic circumference. *Tropical Animal Health and Production* 37 (1), 159–1712. <https://doi.org/10.1007/s11250-005-9007-0>
- De la Barra, R., Carvajal, A.M., Martínez, M.E., 2019. Population differentiation in the body architecture of creole goats in the semiarid region of Chile. *International Journal of Morphology* 37(2), 690–693. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022019000200690>
- Deza, C., Bascur, I., Pérez, G., Díaz, M.P., Batioglo, C.F., 2003. Identificación de variables morfo-estructurales y de polimorfismo sanguíneos para la caracterización de cabras criollas en el NO de Córdoba, Argentina. *Agriscientia* 20, 69–77. <http://dx.doi.org/10.31047/1668.298x.v20.n0.2833>
- Inchausti, D., Tagle, E., 1964. *Bovinecra. Exterior y razas*. Tomo I. 4ª Edición. El Ateneo. Buenos Aires, Argentina.
- Kaps, M., Lamberson, W., 2004. *Biostatistics for Animal Science*. CABI Publishing, Oxfordshire, UK.
- Mahecha, L., Angulo, J., Manrique. Y.L., 2002. Predicción del peso vivo a través del perímetro torácico en la raza bovina Lucerna. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*

- 15 (1), 88 Identificación de variables morfo-estructurales y de polimorfismo sanguíneos para la caracterización de cabras criollas en el NO de Córdoba 91. <http://hdl.handle.net/10495/6833>
- Parés-Casanova, P. M., Kucherova, I., 2015. Caracteres Morfoestructurales de una Raza Caprina Recientemente Recuperada. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 26 (2), 159-165. <http://dx.doi.org/10.15381/ri-vep.v26i2.11012>
- Resende, K.T., Medeiros, A.N., Calegari, A., Yáñez. E.A., 2001. Utilización de medidas corporales para estimar el peso vivo de caprinos Saanen. Jornadas Científicas 26, 340-344.
- Ribeiro, M.N., da Silva, J.V., Pimenta Filho E.C., Sereno. J.R.B., 2004a. Estudio de las correlaciones entre características fenotípicas de caprinos naturalizados. Archivos de Zootecnia 53 (203), 337-340.
- Ribeiro, N.L., Medeiros, A.N., Ribeiro M.N., Pimenta Filho., E.C., 2004b. Estimación del peso vivo de caprinos autóctonos brasileños mediante medidas morfométricas. Universidad de Córdoba. España. Archivos de Zootecnia 53 (203), 341-344.
- Rodríguez, P.L., Tovar, J.J., Rota, A.M., Rojas, A., Martín, L., 1990. El exterior de la cabra Verata. Departamento de Zootecnia, Facultad de Veterinaria. España. Archivos de Zootecnia 39 (143), 43-57.
- SAS, 1996. Versión 6.12 Ed. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Souza, S., Leal, A., Barioni, C., Matos A., Morais J., Araújo M., Neto, O. Santos, A., Costa, E.R., 2009. Utilização de medidas biométricas para estimar peso vivo em ovinos. Archivos Latinoamericana de Producción Animal 17 (3), 61-66.
- Sungirai, M., Masaka, L., Benhura, T. M., 2014. Validity of Weight Estimation Models in Pigs Reared under Different Management Conditions. Veterinary Medicine International 1, 1-5. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/530469>
- Urbano, S.A., Pereira Cândido E., de Lima, C.A., Júnior, F.C.F., Dias, W., Júnior, L., Das Chagas, F., Da Fonseca, E., de Araújo Lopes-Cavalcanti, F., 2006. Uso da barimetria para estimar o peso corporal de caprinos da raça Canindé. Congreso Brasileiro de Zootecnia. Centro de Convenções de Pernambuco, 22-26 de Mayo de 2006, ZOOTEC, Recife. <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EM-PARN/DOC/DOC000000000001391.pdf>