

Determinación de la curva de crecimiento en la cabra “Chusca Lojana” del bosque seco del Sur del Ecuador

Determination of the growth curve in the Creole goat “Chusca Lojana” from the dry forest of the southern region of Ecuador

Lenin Aguirre^{1,*}, Oscar Albito¹, Rodrigo Abad-Guamán¹ y Teddy Maza¹

¹ Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, edgar.aguirre@unl.edu.ec, oscar.albito@unl.edu.ec, rodrigo.abad@unl.edu.ec, temata1@hotmail.com.

* Autor para correspondencia: edgar.aguirre@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 04/02/2022 Fecha de aceptación del manuscrito: 14/12/2022 Fecha de publicación: 29/12/2022

Resumen—El presente trabajo tuvo por objetivo estudiar la curva de crecimiento de la cabra criolla “Chusca Lojana” del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador. Se evaluó la capacidad de ajuste de cuatro modelos de crecimiento (Logístico, Von Bertalanffy, Brody y Gompertz) y se estimó el porcentaje de madurez que alcanzan a las distintas edades. Se utilizaron registros de peso de 244 animales (56 machos y 188 hembras de diversas edades) mediante el procedimiento NLIN de SAS. El modelo Brody fue el que mejor se adapta para describir la curva de crecimiento de la cabra Chusca Lojana en el sistema de producción extensiva del bosque seco y sirve como indicador de evaluación genética y ambiental, permitiendo determinar la edad óptima al sacrificio y establecer estrategias de manejo, alimentación y selección de los mejores genotipos. En la descripción de la curva de crecimiento para hembras y machos se estimaron pesos a la madurez de $40 \pm 1,3$ kg y $62,5 \pm 4$ kg, respectivamente. La madurez alcanzada a los cuatro y seis meses de edad para hembras fue del 32 % y 40 %, mientras que en machos fue del 23 % y 31 %, identificándose un crecimiento mínimo luego de los 42 y 38 meses de edad para hembras y machos, respectivamente.

Palabras clave—Modelos no lineales, Edad, Madurez, Cabra criolla.

Abstract—The present work aimed to study the growth curve of the Creole goat “Chusca Lojana” from the dry forest of the province of Loja, Ecuador. The adjustment of four growth models (Logistic, Von Bertalanffy, Brody and Gompertz) was evaluated and the percentage of maturity reached at different ages was estimated. Weight records of animals (56 males and 188 females of various ages) were used, using the SAS NLIN procedure. The Brody model was the best adapted to describe the growth curve of the Chusca Lojana goat in the extensive production system of the dry forest, and serves as an indicator of genetic and environmental evaluation. It determined the optimal age at slaughter and helped to establish management strategies, feeding and selection of the best genotypes. In the description of the growth curve for females and males, weights at maturity of 40 ± 1.3 kg and 62.5 ± 4 kg, respectively, were estimated. The maturity reached at four and six months of age was 32 % and 40 % for females, while it was 23 % and 31 % in males, identifying a minimum growth after 42 and 38 months of age for females and males, respectively.

Keywords—Nonlinear models, Age, Maturity, Creole goat.

INTRODUCCIÓN

La cabra Chusca que habita la región sur del Ecuador tiene sus orígenes en aquellas poblaciones europeas y africanas que Colón en sus viajes trajo a América (Rodero et al. 1992), las mismas que desde inicios del siglo XVI han tenido un proceso continuo de coevolución a los diferentes ecosistemas imperantes en el nuevo mundo, permitiéndoles con ello alcanzar características genéticas, fanerópticas y fenotípicas particulares distintas al resto de poblaciones (Aguirre et al. 2020; 2021).

El estudio del crecimiento de la cabra Chusca Lojana ma-

nejada bajo un sistema de producción extensiva y poco tecnificada es de gran importancia en la producción, salud y bienestar animal. El crecimiento animal implica el aumento en los músculos, huesos, órganos y depósitos de grasa (Maynard & Loosli, 1969), este fenómeno generalmente depende tanto de la edad cronológica y fisiológica (relación entre sexo, tamaño, madurez y estado hormonal), como del genotipo (potencial genético del individuo), y tiene relación con factores ambientales (alimentación, manejo, salud, efectos climáticos, entre otros).

Generalmente, el estudio de la curva de crecimiento a través de los modelos no lineales permite conocer los niveles

de respuesta de los animales en relación al tratamiento, dosis y tiempo, identifica a los animales de mejor desempeño a edades tempranas y determina la variación entre y dentro de individuos para fines de evaluación genética (Sandland & Mcgilchrist, 1979; Draper & Smith, 1980; Mansour *et al.* 1991; Davidian & Giltinan, 1996).

Existen varios modelos no lineales capaces de describir el crecimiento de los animales a través de curvas sigmoideas en donde se considera la relación del peso corporal y edad de los animales (Davidian & Giltinan, 1996), siendo considerados como más adecuados para explicar el proceso de crecimiento (Ratkowsky, 1990), entre los cuales encontramos los modelos como: Brody o Monomolecular (Brody, 1945), Gompertz (Winsor, 1932), Logístico (Nelder, 1961) y Von Bertalanffy (Von Bertalanffy, 1957), que han sido utilizados ampliamente para describir el crecimiento animal en diferentes especies (Carneiro *et al.*, 2009).

En este contexto, generar información sobre el crecimiento de la cabra Chusca Lojana permitirá realizar evaluaciones sencillas sobre la productividad de esta raza en una zona determinada. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es validar el modelo más apropiado de estimación de crecimiento para esta población manejada extensivamente en el bosque seco con fines de selección y mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el bosque seco de la provincia de Loja ubicada al sur del Ecuador (Figura 1), caracterizado por su topografía irregular, altitud desde los 40 a 1200 msnm, con una escasa pluviometría y limitada producción de biomasa forrajera, con dos estaciones marcadas de invierno y verano.

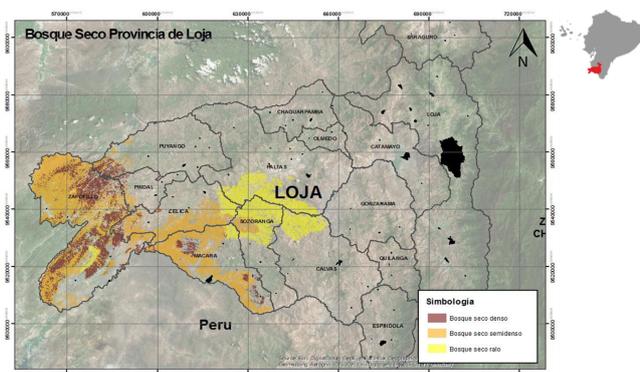


Fig. 1: Ubicación geográfica en el Ecuador de la zona de estudio en el bosque seco de la provincia de Loja.

Fueron analizados datos de 244 cabras Chuscas (56 machos y 188 hembras), descritas previamente (Aguirre *et al.*, 2020, 2021), de diversas edades, caracterizados por su amplia policromía de colores en su capa, manejadas bajo un sistema de pastoreo extensivo y poco tecnificado, sin ningún tipo de registro y sin ninguna característica que vinculen a estos animales a razas exóticas. Se registró el peso vivo de los animales con balanza electrónica colgante NVK®, modelo OCS-B, con un grado de precisión de 0,2 kg y la edad se determinó con base en las declaraciones del capricultor y uso de la metodología de observación dentaria propuesto por la FAO (1994).

Análisis de información

Los modelos utilizados para describir el crecimiento de los animales fueron: Logístico, Von Bertalanffy, Brody y el de Gompertz. Las expresiones matemáticas que representan a cada uno de los modelos son presentadas en la Tabla 1. Los ajustes de los modelos fueron realizados mediante el procedimiento NLIN de SAS y en la elección del modelo se consideró el valor AIC (Akaike Information Criterion) de cada uno de ellos.

Tabla 1: Descripción matemática de los modelos no lineales de crecimiento: y = peso del animal en el tiempo t ; β_0 = peso asintótico del animal cuando “ t ” tiende a infinito; β_1 = parámetro de ajuste cuando $y \neq 0$ o $t \neq 0$; β_2 = índice de madurez o medida de precocidad; e = exponencial.

Modelo	Ecuación Matemática
Logístico	$y = \beta_0(1 - e^{-\beta_1 t})^{-1}$
Von Bertalanffy	$y = \beta_0(1 - \beta_1 e^{-\beta_2 t})^3$
Brody	$y = \beta_0(1 - \beta_1 e^{-\beta_2 t})$
Gompertz	$y = \beta_0 e^{-\beta_1 e^{-\beta_2 t}}$

β_0 generalmente es interpretado como porcentaje de madurez con respecto al peso adulto, y β_2 es expresado como una proporción de porcentaje del máximo crecimiento con respecto al peso adulto del animal, entre mayor sea, indica una tasa de crecimiento más rápida (Freitas, 2005; Sarmento *et al.* 2006).

Además, se calculó el porcentaje de madurez a los cuatro (M4) y seis meses (M6) de edad y la edad promedio para alcanzar el 75 (EM75) y 95 % (EM95) de madurez, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\%M = (1 - \beta_1 e^{\beta_1 t}) \tag{1}$$

Donde: % M= porcentaje de madurez estimado a 4 o 6 meses; β_1 = parámetro de ajuste cuando $y \neq 0$ o $t \neq 0$; t = tiempo para alcanzar un porcentaje de madurez (4 o 6 meses).

$$EM = -\log\left(\frac{1 - \%M}{\beta_2}\right) \tag{2}$$

Donde: EM= edad estimada al alcanzar el 75 o 95% de madurez; % M= porcentaje de madurez esperado (75 o 95 %); β_1 = parámetro de ajuste cuando $y \neq 0$ o $t \neq 0$; β_2 = índice de madurez o medida de precocidad.

RESULTADOS

La comparación del peso asintótico (A) (Tabla 2) obtenido por los cuatro modelos para hembras identificó los mayores pesos en Brody, seguidos por los modelos Von Bertalanffy, Gompertz y Logístico. En los machos, se obtuvo el mismo comportamiento que en las hembras: Brody, Von Bertalanffy, Gompertz y Logístico. Entre los modelos utilizados, Brody es el más acorde por realizar una mejor descripción de la curva de crecimiento al tener un AIC menor y no sobreestimar los pesos al nacimiento en ambos sexos.

En la Figura 2 se muestra la proyección del peso en relación a la edad en las hembras y machos de los modelos

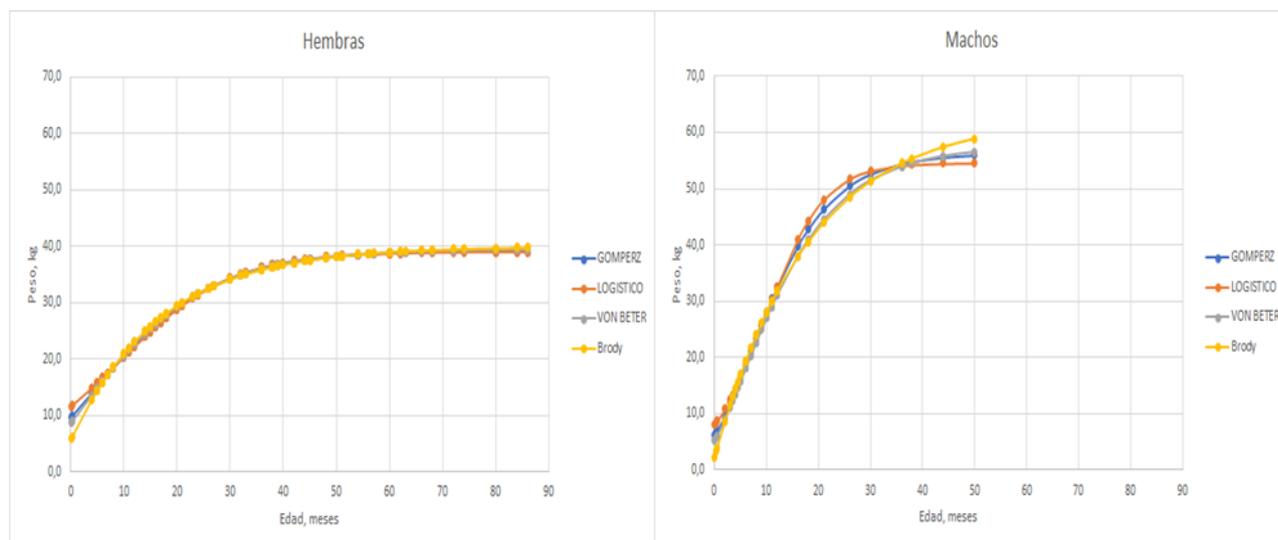


Fig. 2: Curva de crecimiento de la cabra Chusca Lojana en ambos sexos, obtenidas por los modelos Brody, Gompertz, Logístico y Von Bertalanffy.

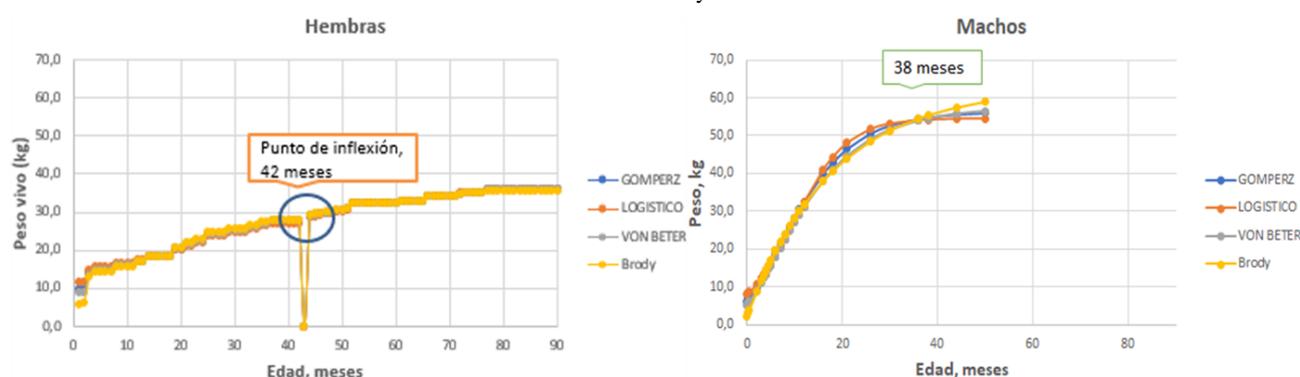


Fig. 3: Estimación del punto de inflexión en la curva de crecimiento de la cabra Chusca Lojana en ambos sexos, por los modelos Brody, Gompertz, Logístico y Von Bertalanffy.

Tabla 2: Parámetros estimados (A, B y K) para cada modelo del estudio de la curva de crecimiento biológico para ambos sexos de la cabra criolla Chusca Lojana. A = peso asíntotico del animal; B = parámetro de ajuste cuando $y \neq 0$ o $t \neq 0$ (punto de inflexión, inicio de la etapa de autodesaceleración del peso); K = índice de madurez o medida de precocidad, expresado como una proporción de porcentaje del máximo crecimiento con respecto al peso adulto del animal.

Modelo	Sexo	A (kg)	B	K
Logístico	Hembras	39,0	2,37	0,0951
	Machos	54,6	5,78	0,1787
Von Bertalanffy	Hembras	39,5	0,40	0,0716
	Machos	57,5	0,55	0,0910
Brody	Hembras	39,9	0,86	0,0591
	Machos	62,5	0,96	0,0559
Gompertz	Hembras	39,3	1,42	0,0775
	Machos	56,4	2,21	0,1158

analizados, donde se establece que el modelo Brody realiza una mejor descripción de la curva de crecimiento.

En la etapa de autodesaceleración del peso del animal (parámetro B) donde se identifica el punto de inflexión (Figura 3), se obtuvieron resultados similares en cada uno de los modelos, donde se observó que en hembras y machos lo alcanzan a los 42 y 38 meses de edad, respectivamente. Durante

este tiempo el peso promedio obtenido en hembras es de $40 \pm 1,3$ kg y en machos es de $62,5 \pm 4$ kg, luego de este periodo el crecimiento viene a ser mínimo.

En relación a la velocidad de crecimiento para alcanzar el peso a la madurez (K), en hembras se observaron distintos valores para cada uno de los modelos: 0,095 (Logístico), 0,077 (Gompertz), 0,0716 (Von Bertalanffy) y 0,059 (Brody), mientras que para machos se obtuvo 0,178 (Logístico), 0,115 (Gompertz), 0,091 (Von Bertalanffy) y 0,055 (Brody), determinando que los valores más altos indican animales con madurez precoz. Así mismo, la madurez alcanzada a los 4, 6, 21 y 48 meses en hembras es del 32%, 40%, 75% y 95% y en machos en 23%, 31%, 75% y 95% respectivamente, identificándose un crecimiento precoz en las hembras en relación a los machos hasta los 2 años, para a partir de allí los machos tener un mayor crecimiento, alcanzando una madurez un poco más temprana que las hembras, debiéndose esto posiblemente a que las hembras antes de los 2 años ya comienzan a parir y por tanto tienen que sacrificar su crecimiento por la lactación.

DISCUSIÓN

En este estudio se establece que el modelo de Brody es el que mejor ajuste tiene a los datos observados, resultados similares fueron observados en otros autores (Freitas, 2005;

Gbangboche et al. 2008; Bahreini et al. 2014) en cabras de raza Moxotó, ovejas enanas africanas y Baluchi, respectivamente.

Los modelos utilizados son adecuados para describir la curva de crecimiento de la cabra Chusca Lojana de acuerdo con la precisión con la que se ajusten los datos, obteniéndose el coeficiente de determinación (R^2) más alto para el modelo de Brody, que fue de 0,882, que está en correspondencia con el menor valor de AIC, lo que permite establecer a este modelo como el mejor para describir los datos observados. Diversos estudios establecen la importancia biológica de la curva de crecimiento en relación al peso asintótico y tasa de crecimiento relativa (crecimiento exponencial) distribuidas en el tiempo (Mcmanus et al. 2003; Tsukahara et al. 2008; Lupi et al. 2015), independientemente del efecto genético y ambiental donde se desenvuelva la especie.

Los pesos de machos y hembras están dentro del rango de amplitud y concuerdan con los estudios realizados en Argentina por Rossanigo et al. (1995) en cabra criolla Santa Luiseña, estableciendo pesos de machos de 50 a 80 kg y en hembras de 30 a 50 kg, así como por Martínez-Rojer et al. (2014) en México donde identificó peso adulto de la cabra blanca criolla del Filo Mayor para machos de $68,0 \pm 2,1$ kg y en hembras de $43,0 \pm 3,2$ kg.

Hay diferencia entre pesos asintóticos para ambos sexos donde las hembras por lo general tienen el tamaño corporal pequeño y menor peso con la finalidad de llegar a la madurez fisiológica y empezar el proceso reproductivo, reduciendo los requisitos nutritivos para el mantenimiento y crecimiento fisiológico, características que presentan un dimorfismo en esta especie (McManus et al. 2003; Sarmiento et al. 2006; Carneiro et al. 2009; Ulutas et al. 2010; Gbangboche et al. 2011; Lupi et al. 2015).

De acuerdo a Figueiredo Filho et al. (2012), Alexandre et al. (1997, 1999) y Najari et al. (2002), el peso asintótico es un parámetro influenciado por recursos técnicos y naturales como sistema de producción, raza (genotipos), selección, tipo de nacimiento, sexo y condiciones climáticas (año y estación de nacimiento), siendo los responsables en mayor o menor medida en la variación de la curva de crecimiento ajustada al peso a medida que las cabras criollas alcanzan la madurez fisiológica. Por esta razón es de suponer que este modelo de curva obtenido en la Chusca Lojana va a variar a medida que cualquiera de los factores antes mencionados cambie en el ecosistema del bosque seco donde habita este animal.

En relación a la velocidad de crecimiento hasta alcanzar la madurez, se identificó que las hembras son más precoces en relación a los machos, esto podría verse como un mecanismo de adaptación a las condiciones limitadas del bosque seco de la provincia de Loja, lo que garantiza la supervivencia a través del éxito en el proceso de reproducción. De manera similar, varios autores han afirmado la influencia del sexo sobre la velocidad de crecimiento en otras especies (Chemineau et al. 1996; Carneiro et al. 2009; Ghavi, 2015), así como otros factores como tipo de nacimiento, número de partos, año y estación de nacimiento (Bathaei & Leroy, 1996; Gbangboche et al. 2008).

En relación al tiempo prolongado para alcanzar el punto de inflexión en esta población, observado en este estudio en ambos sexos, podría estar relacionado al sistema de producción extensivo y poco tecnificado en donde los animales tienden

a recorrer grandes distancias para cubrir sus exigencias nutricionales, tal y como se ha demostrado en diversos estudios donde identificaron que el crecimiento de las cabras criollas es lento en comparación con razas que son criadas en condiciones favorables (Bembridge & Tapson 1993; Sharma et al. 1998; Van Niekerk & Casey, 1988; Najari et al. 2000).

CONCLUSIONES

El modelo Brody es el que mejor se adapta para describir la curva de crecimiento de la cabra Chusca Lojana en el sistema de producción extensiva del bosque seco de la provincia de Loja y sirve como indicador de evaluación genética y ambiental, permitiendo determinar la edad óptima al sacrificio y establecer estrategias de alimentación, manejo y selección de los mejores genotipos.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento y reconocimiento especial a los Capricultores del bosque seco de la provincia de Loja, quienes mantienen este valioso recurso genético como medio de subsistencia.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: LAR y RA; metodología: LAR; análisis formal: RA.; investigación: LAR, OA y TM; recursos: LAR; curación de datos: LAR y RA; redacción — preparación del borrador original: LAR; redacción — revisión y edición: LAR y OA; visualización: LAR; supervisión: LAR y OA; administración de proyecto: LAR; adquisición de financiamiento para la investigación: LAR. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Lenin Aguirre-Riofrio: LAR. Oscar Albito: OA. Rodrigo Abad: RA. Teddy Maza: TM

FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue financiado por la Universidad Nacional de Loja en el proyecto de investigación P07-DI-FARNR-2019, “Estudio de la cabra Chusca lojana con fines de selección, conservación y mejora genética en el bosque seco de la provincia de Loja”.

REFERENCIAS

- Aguirre, L., Maza, T., Quezada, M., Albito, O., Flores, A., Camacho, O., Martínez, A., BioGoat Consortium y Delgado, J.V. (2020). Genetic Characterization of the “Chusca Lojana”, a Creole Goat Reared in Ecuador, and Its Relationship with Other Goat Breeds. *Animals*, 10(6), 1026.
- Aguirre, L., Maza, T., Quezada, M., Albito, O., Armijos, D.R., Flores, A. y Camacho, O. (2021). Descripción morfométrica y faneroptica de la cabra “Chusca lojana” del bosque seco del Sur del Ecuador. *Archivos de Zootecnia*, 70(270), 172-176.
- Alexandre, G., Aumont, G., Fleury, J., Coppoly, O., Mulciba, P. y Nepos A. (1997). Producción semi-intensiva de pastos de cabras de carne en el trópico húmedo: el caso de las cabras criollas sobre pangola (*Digitaria decum-*

- bens) en Guadalupe. *INRA Prod. Anim.*, 10(1), 43-53.
- Alexandre, G., Aumont, G., Despois, P., Mainaud, J.C., Cppry, O. y Xandé, A. (1999). Productive performance of Guadeloupean Creole goat during the suckling period. *Small Ruminant Research*, 34(2), 155-160.
- Bahreini, B.M., Aslaminejad, A.A., Sharifi, A.R. y Simianer, H. (2014). Comparison of mathematical models for describing the growth of Baluchi sheep. *Journal Agriculture Science Technology*, 14(1), 57-68.
- Bathaei, S.S. y Leroy, P.L. (1996). Growth and mature weight of Mehraban Iranian fat-tailed sheep. *Small Ruminant Research*, 22(2), 155-162. Bembridge, T.J. y Tapson, D.R. (1993). Communal Livestock Systems. In: *Livestock Production Systems*. Maree and Casey (Eds.) Pretoria: Agri Development Foundation, 361-373.
- Brody, S. (1945). *Bioenergetics and growth, with special reference to the efficiency complex in domestic animals*. New York. Rheinhold, 645.
- Carneiro, P.L.S., Malhado, C.H.M., Affonso, P.R.A., Pereira, D.G., Suzart, J.C.C., Ribeiro, M.J.R. y Rocha, J.L. (2009). Curva de crescimento em caprinos, da raça Mambrina, criados na caatinga. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 10(3), 536–545.
- Chemineau, P., Baril, G., Leboeuf, B., Maurel, MC. y Cognie, Y. (1996). Recent advances in the control of goat reproduction. 6th Int. Conf. on Goats Beijing, International Academic Publishers, Beijing, China: 776-784.
- Davidian, M. y Giltinan, D.M. (1996). *Nonlinear models for repeated measurement data*. 2.ed. Chapman Hall Edit. London, England.
- Draper, N.R. y Smith, H. (1980). *Applied regression analysis*. 2.ed. John Wiley & Sons Edit. New York, United State. FAO. (1994). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 1994. Dilemas del desarrollo y las políticas forestales*. FAO, Roma-Italy.
- Figueiredo Filho, L.A.S., Sarmiento, J.L.R., Campelo, J.E.G., Da Silva Santos, N.P., De Sousa, J.E.R. y Biagiotti, D. (2012). Fatores ambientais e genéticos sobre a curva de crescimento de caprinos mestiços. *Comunicata Scientiae*, 3(3), 154-161.
- Freitas, A.R.D. (2005). Curvas de crescimento na produção animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(3), 786-795.
- Gbangboche, A.B., Glele-Kakai, R., Salifou, S., Albuquerque, L.G.D. y Leroy, P.L. (2008). Comparison of non-linear growth models to describe the growth curve in West African Dwarf sheep. *Animal*, 2(7), 1003-1012.
- Gbangboche, A.B., Alkoiret, T.I., Salifou, S., Farnir, F., Leroy, P.L., Abiola, F.A. (2011). Growth pattern of purebred West African Dwarf sheep and its crosses with the West African long legged. *Research Journal of Animal Sciences*, 5, 6–13.
- Ghavi N. (2015). Modeling the growth curve of Iranian Shall sheep using non-linear growth models. *Small Ruminant Research*, 130, 60-66.
- Lupi, T.M., Nogales, S., León, J.M., Barba, C. y Delgado, J.V. (2015). Characterization of commercial and biological growth curves in the Segureña sheep breed. *Animal*, 9(8), 1341-1348.
- Mansour, H., Jensen, E.L. y Johnson, L.P. (1991). Analysis of covariance structure of repeated measurements in Holstein conformation traits. *Journal of Dairy Science*, 74(8), 2757-2766.
- Martínez-Rojer, R.D., Torres-Hernández, G. y Martínez-Hernández, S. (2014). Caracterización fenotípica, productiva y reproductiva de la cabra blanca Criolla del "Filo Mayor" de la Sierra Madre del Sur en el estado de Guerrero. *Nova scientia*, 6(11), 25-44.
- Maynard, L.A. y Loosli, J.K. (1969). *Animal Nutrition*, 6th Ed. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York.
- McManus, C., Evangelista, C., Fernandes, L.A.C., Miranda, R.M., Moreno-Bernal, F. E. y Santos, N.R. (2003). Curvas de Crescimento de Ovinos Bergamácia Criados no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(5), 1207–1212.
- Najari, S., Ben-Hamouda, M., Khaldi, G., Hatmi, H. y Khorchani, T. (2000). Improvement of goat production in arid regions by the use of exotic breeds. In: *7th Conference International on Goats*. Tours, France: 211-214.
- Najari, S., Ben-Hamouda, M. y Knaledi, G. (2002). Kid's genotype expression under arid conditions. In *Proceedings of the 7th World Congress on Genetic Applied to livestock Production*. Montpellier, France: 401– 404.
- Nelder, J.A. 1961. The fitting of a generalization of the logistic curve. *Biometrics*, 17(1), 89-110.
- Ratkowsky, D.A. (1990). *Handbook of nonlinear regression models*. New York: 241. Rodero, A., Delgado, J.V. y Rodero, E. (1992). Primitive Andalusian livestock and their implications in the discovery of America. *Archivos de Zootecnia*, 41(154), 383–400.
- Rossanigo, C.E., Friguerio, K. y Silva-Colomer, J. (1995). Producción de la cabra criolla sanluiseña (Argentina). *Veterinaria Argentina*, 16(151), 24-33.
- Sandland, R.L. y McGilchrist, C.A. (1979). Stochastic growth curve analysis. *Biometrics*, 35(1), 255–271.
- Sarmiento, J.L.R., Regazzi, A.J., Sousa, W.H.D., Torres, R.D.A., Breda, F.C. y Menezes, G.R.D. (2006). Estudio da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(2), 435-442.
- Sharma, K., Saini, A.L., Singh. N. y Ogra, J.L. (1998). Seasonal variation in grazing behaviour and forage nutrient utilization by goats on a semi-arid reconstituted silvipasture. *Small Ruminant Research*, 27(1), 47-54.
- Tsukahara, Y., Chomei, Y., Oishi, K., Kahi, A.K., Panandam, J.M., Mukherjee, T.K. y Hirooka, H. (2008). Analysis of growth patterns in purebred Kambing Katjang goat and its crosses with the German Fawn. *Small Ruminant Research*, 80(1-3), 8-15.
- Ulutas, Z., Sezer, M., Aksoy, Y., Sirin, E., Sen, U., Kuran, M. y Akbas, Y. (2010). The effect of birth types on growth curve parameters of Karayaka lamb. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(9), 1384–1388.
- Van Niekerk, W.A. y Casey, N.H. (1988). The Boer Goat II. Growth, nutrient requirements, carcass and meat quality. *Small Ruminant. Research*, 1(4), 355-368.
- Von Bertalanffy, L. (1957). Quantitative laws in metabolism and growth. *The quarterly review of biology*, 32(3), 217-231.
- Winsor, C.P. (1932). The Gompertz curve as a growth curve. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 18(1), 1-8.