

Caracterização das curvas de crescimento do ovino Segureño em sistemas convencionais e biológicos

Teresa Marta Lupi

Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária, Castelo Branco, Portugal
tmlc@ipcb.pt



Abstrat

The sheep breeding program of Segureño breed has reached a great development in recent years, ranking among the most advanced in Spain and EU. For this reason, its responsible technical team has considered the search for new selection criteria which influence the competitiveness of the breed, in which emphasizes the use of the biological meaning of the best fit growth curve, as selection criteria to improve aspects such as age at slaughter, precocity, among others.

Using data between the years 2000-2015 of the historical database of the National Association of Segureño Sheep Breeders (ANCOS), we developed a study in three stages that lead us to offer the aforementioned new criteria to the genetic program. In a first stage, it was analysed nonlinear models describing biological (birth to adulthood) and commercial (birth to

slaughter age) growth curves of Segureña sheep breed. In a second stage a study was conducted to evaluate the effects of non-genetic factors (sex, birth season, herd, birth year and birth type) on the growth behaviour of the animals in order to optimize the genetic analysis models to use of on the curves parameters. Finally, in a third stage it was defined the individual best fit curve and with each animal parameters it was calculated the genetic parameters that illustrated us on genetic variability levels of them in the population, on genetic relationships between parameters and, above all, on their abilities as potential selection criteria. These three stages constitute the specific objectives of this study, and each led to a specific article published in journals of impact.

Resumo

No presente trabalho analisaram-se modelos não lineares para descrever as curvas de crescimento biológico (do nascimento à idade adulta) e comercial (do nascimento ao sacrifício) da raça ovina Segureña, uma das mais importantes de Espanha. Foram avaliados os modelos de Brody, von Bertalanffy, Verhulst, Gompertz e logístico, utilizando dados entre os anos de 2000 a 2015, da base de dados da Asociación Nacional de Criadores de Ovino Segureño (ANCOS). Foi levado a cabo um estudo para avaliar os efeitos não genéticos (sexo, época de nascimento, rebanho, ano de nascimento e tipo de parto) sobre o comportamento do crescimento dos animais. Foi estudada a importância genética dos parâmetros das curvas de crescimento e a sua importância como critério de selecção nos programas de melhoramento dos ovinos Segureños.

Os resultados obtidos estruturaram-se em 3 trabalhos que deram lugar a 3 publicações:

- Na primeira (Characterization of commercial and biological growth curves in the Segureña sheep breed. *Animal* 2015, 9, pp 1341-1348. doi:10.1017/S1751731115000567) foram analisados os modelos não lineares para descrever o crescimento biológico e comercial da ovelha Segureña, uma das mais importantes raças espanholas. Avaliamos os modelos de Brody, von Bertalanffy, Verhulst, Gompertz e logístico a partir de dados históricos da Asociación Nacional de Criadores de Ovino Segureño (ANCOS). Estes registos foram recolhidos entre 2000 e 2013, num total de 129 610 observações de peso que vão desde o nas-

cimento até à idade adulta. O objetivo desta investigação foi estabelecer o comportamento matemático do desenvolvimento corporal durante a vida comercial desta raça (desde o nascimento ao sacrifício) e durante a vida biológica (desde o nascimento à idade adulta); a comparação entre ambas as vertentes dá-nos uma informação importante sobre o melhor momento para o abate, um aconselhamento dietético consoante as necessidades dos animais, permite previsões económicas de produção e, mediante a utilização dos parâmetros da curva como critérios de seleção, permite melhoramentos nas características de crescimento da raça. Os modelos foram ajustados utilizando o procedimento de regressão não linear (NLR) do programa estatístico IBM SPSS version 19. Os parâmetros do modelo foram estimados utilizando o algoritmo Levenberg-Marquardt. Os modelos em estudo foram comparados utilizando o coeficiente determinativo, o erro quadrático médio, o número de interações, o critério de informação de Akaike e a coerência biológica dos parâmetros estimados. Os modelos de von Bertalanffy e logístico foram os que melhor se ajustaram às curvas de crescimento biológico e comercial, respetivamente, em ambos os sexos. O modelo de Brody não é adequado para o estudo da curva de crescimento comercial. As diferenças entre os parâmetros em ambos os sexos indicam um forte impacto do dimorfismo sexual no crescimento. Isto realça do valor da taxa de crescimento mais elevado nas fêmeas o que indica que alcançam mais cedo a maturidade.

- No segundo trabalho (*Analysis of the non-genetic factors affecting the growth of Segureño sheep*. Italian Journal of Animal Science 2015; 14:3683, pp 124-131. doi: 10.4081/ijas.2015.3683) realizou-se um estudo para avaliar os efeitos dos fatores não genéticos sobre o comportamento do crescimento da raça ovina Segureña. Os dados de crescimento (peso ao desmame precoce, peso ao desmame tardio e peso aos 80 dias de idade) foram recolhidos de 59 704 borregos pertencentes aos dados históricos da Asociación Nacional de Criadores de Ovino Segureño (ANCOS) durante um período de 11 anos. A análise estatística foi realizada utilizando a análise multifatorial da variância do programa estatístico IBM SPSS v. 19. O modelo incluiu os fatores não genéticos - sexo (S) do cordeiro, época de nascimento (N), rebanho (H), ano de nascimento (A) e tipo de parto (P) - como efeitos principais e a idade da ovelha no parto e a idade do cordeiro na recolha de peso como covariáveis, e as interações entre estes fatores. Os resultados mostraram que os pesos em todas as

fases de desenvolvimento foram afetados significativamente ($p < 0,001$) por todos os factores, com excepção do parâmetro A e a covariável idade da ovelha no parto nos cordeiros com 80 dias. As interações duplas H×A, H×P e H×N foram significativas ($p < 0,001$) para todas as variáveis, bem como a interacção tripla H×A×P. Os factores não genéticos têm um papel muito importante no desenvolvimento e crescimento da raça ovina Segureña, nas diferentes idades ou fases de crescimento, pelo que é necessária uma correção para aumentar a precisão directa no peso dos cordeiros no desmame precoce, no desmame tardio e ao sacrifício (80 dias de idade).

- No terceiro trabalho (Genetic parameters of traits associated with the growth curve in Segureña sheep. *Animal*, 2016 May; 10(5), pp 729-35) estudou-se a importância genética dos parâmetros da curva de crescimento e a sua relevância como critério de seleção em programas de melhoramento dos ovinos da raça Segureña. As funções de crescimento logística e de Verhulst foram utilizadas pelo seu melhor ajustamento ao peso corporal/idade nesta raça; o primeiro mostrou o melhor ajuste geral e o segundo o melhor ajuste individual. O peso vivo de 41 330 animais dos arquivos históricos da Asociación Nacional de Criadores de Ovino Segureño (ANCOS) foi utilizado neste estudo. A prole de 1464 carneiros e de 27 048 ovelhas foi utilizada para estudar os parâmetros genéticos e fenotípicos dos parâmetros das curvas de crescimento e as características derivadas de estes. O manejo reprodutivo da população consiste na monta natural controlada dentro de cada rebanho, com um mínimo de 15% das fêmeas fertilizadas por inseminação artificial com sêmen fresco, com o objetivo das conexões genéticas do rebanho, toda a genealogia do rebanho foi rastreada com marcadores de ADN. As estimações dos parâmetros da curva de crescimento desde o nascimento até aos 80 dias foram obtidas para cada indivíduo e para cada modelo, pelo procedimento regressão não linear (NLR) utilizando o software estatístico IBM SPSS (v. 21) com o método de estimação de Levenberg-Marquart. As componentes de covariância e os parâmetros genéticos foram estimados utilizando a metodologia de modelo animal (REML). A herdabilidade do parâmetro A foi estimada em $0,41 \pm 0,042$ e $0,38 \pm 0,021$ com os modelos logístico e de Verhulst, respetivamente, e a herdabilidade dos outros parâmetros variou de 0,41 a 0,62 e 0,37 a 0,61, com os modelos, respetivamente. Foi encontrada uma correlação genética negativa entre o parâmetro A e a taxa de maturidade.

Em síntese, a curva de crescimento que melhor explica o crescimento biológico (do nascimento até à idade adulta) do ovino Segureño é o modelo de von Bertalanffy enquanto que para explicar o crescimento comercial (do nascimento até ao sacrifício) o melhor modelo é o logístico, em ambos os sexos. O modelo de Brody não é adequado para o estudo da curva de crescimento comercial. Os fatores não genéticos, de um modo geral, afetam significativamente o crescimento do cordeiro segurenho. Através do ajuste individual determinaram-se dados com informação necessária para que os produtores possam inferir sobre informação económica relevante em relação ao ponto de inflexão e à maturidade, que não são acessíveis a partir das características de crescimento simples, tais como pesos em diferentes idades chave (nascimento, desmame e sacrifício) ou ganhos de peso diários.

Agradecimentos

Começo por agradecer ao meu orientador, D. Juan Vicente Delgado Bermejo, por todo o seu incentivo, a sua disponibilidade e amizade com que me brindou durante todo o trabalho. Ao D. José Manuel León, por todo o seu apoio e ajuda.

À ANCOS, em especial a José Puntas e a Miguel Serrano, por todo o apoio.

Quero agradecer aos membros do Departamento de Genética (Amparo, Vincenzo), os cafés, os bolinhos e o bem que me acolheram e em especial à Mayra Gomez pela ajuda indispensável na logística.

À Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco, pela possibilidade de realizar esta etapa.

Obrigada à minha família, pelo seu apoio e confiança. Em especial aos meus filhos, pelo respeito que demonstraram pelo meu trabalho e a compreensão pela minha falta de tempo, à minha irmã Gaigai pela força e o orgulho que sempre demonstrou e à minha Mãe pelo orgulho que sempre sentiu pelo meu trabalho.

Às minhas amigas, em especial à Teresa, Isabel e Lala pela ajuda que me deram na logística familiar, pela disponibilidade e pela preocupação. Ao Zé Pedro por toda a sua ajuda no trabalho com as publicações.

Aos meus amigos de Córdoba, em especial ao António e à Macarena, pela companhia que me fizeram nas minhas estadias em Córdoba.

E por último, um agradecimento muito especial ao Sérgio, que sem a sua ajuda não sei se teria chegado a este ponto da minha vida. A sua amizade,

conhecimento, disponibilidade, alegria, simpatia e suporte foram o motor do meu trabalho. MUITÍSSIMO OBRIGADA.

Bibliografia

- Abegaz S, Vanwyk JB and Jacobus JJ 2010. Estimation of genetic and phenotypic parameters of growth curve and their relationship with early growth and productivity in Horro sheep. *Archiv Tierzucht* 53, 1, 85-94.
- Akhtar M, Javed K, Abdullah M, Ahmad N and Elzo MA 2012. Environmental factors affecting preweaning growth traits of Buchi sheep in Pakistan. *Journal of Animal and Plant Sciences* 22, 529-536.
- ANCOS 2014. Raza Segureña – Producción de carne.
- Assan N and Makuza SM 2005. The effect of non-genetic factors on birth weight and weaning weight. *Asian - Australasian Journal of Animal Sciences* 18, 151-157.
- Baneh H and Hafezian SH 2009. Effects of environmental factors on growth traits in Ghezel sheep. *African Journal of Biotechnology* 8, 2903-2907.
- Bathaei SS and Leroy PL 1998. Genetic and phenotypic aspects of the growth curve characteristics in Mehraban Iranian fat-tailed sheep. *Small Ruminant Research* 29, 261-269.
- Bela B and Haile A 2009. Factors affecting growth performance of sheep under village management conditions in the south western part of Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development* 21, 189.
- Blasco A 1999. La descripción del crecimiento. Informe técnico ocasional No 6. Departamento de ciencia animal. Universidad Politécnica de Valencia.
- Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tassell CP and Kachman SD 1993. A Manual for Use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Clay Center, NE, USA.
- Brody S 1945. Bioenergetics and Growth. Reinhold, New York, 1023 pp.
- Brown JE, Brown CJ and Butts WT 1972. A discussion of the genetic aspects of weight, mature weight and rate of maturing in hereford and angus cattle. *Journal of Animal Science* 34, 525-537.
- Brown JE, Fitzhugh HA and Cartwright TC 1976. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *Journal of Animal Science* 42, 810-818.
- Canaza-Cayo AW, Huanca T, Gutiérrez JP and Beltrán PA 2015. Modelling of growth curves and estimation of genetic parameters for growth curve parameters in Peruvian young llamas (*Lama glama*). *Small Ruminant Research* 130, 81-89.
- Cano T, Peña F, Martos J, Domenech V, Alcade MJ, García A, Herrera M, Rodero E and Acero R 2003. Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros de raza Segureña. *Achivos Zootécnicos* 52, 315-326
- Carneiro PLS, Malhado CHM, Affonso PRAM, Pereira DG, Suzart JCC, Ribeiro Junior M and Rocha JL 2009. Curva de crescimento em caprinos, da raça Mambrina, criados na caatinga. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 10, 536-545.
- Carolino RNP and Gama LT 1993. Análise do crescimento corporal nas espécies pecuárias. *Veterinária Técnica* Ano 3 n° 2, 14-21
- Charles AB 1985. Factors affecting the growth of sheep and goats in Africa. Small ruminants in African agriculture - Les petits ruminants dans l'agriculture africaine. pp 34-44 in Proc. of ILCA Conf., Addis Ababa, Ethiopia.
- Daskiran I, Koncagul S and Bingol M 2010. Growth Characteristics of Indigenous Norduz Female and Male Lambs. *Journal of Agricultural Sciences* 16, 62-69
- Dickson-Urdaneta L, Torres-Hernandez G, Dáubeterre R and García O 2004. Crecimiento en ovinos West African bajo un sistema de pastoreo restringido en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía* 21, 59-67.

- Dimoski P, Tosh JJ, Clay JC and Irvin KM 1999. Influence of management system on litter size, lamb growth, and carcass characteristics in sheep. *Journal of Animal Science* 77, 1037-1043.
- Echeverri AML, Bergmann JAG, Toral FLB, Osorio JP, Carmo AS, Mendonça LF, Moustacas VS and Henry M 2013. Use of nonlinear models for describing scrotal circumference growth in Guzerat bulls raised under grazing conditions. *Theriogenology* 79, 751–759.
- Eltawill EA, Hazel L, Sidwell G and Terril CE 1970. Evaluation of environmental factors affecting birth, weaning and yearling traits in Navajo sheep. *Journal of Animal Science* 31, 823-827.
- Fitzhugh HA 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shapes. *Journal of Animal Science, Champaign* 42, 1036-1051.
- Fitzhugh HA and Taylor SCS 1971. Genetic Analysis of Degree of Maturity. *Journal of Animal Science* 33, 4, 717-725
- Freitas AR 2005. Curvas de Crescimento na Produção Animal. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34, 786-795.
- Gbangboche AB, Adamou-Ndiaye M, Youssao AKI, Farnir F, Detilleux J, Abiola FA, Leroy PL, 2006a. Non-genetic factors affecting the reproduction performance, lamb growth and productivity indices of Djallonke sheep. *Small Ruminant Research* 64, 133-142.
- Gbangboche AB, Alkoiret TI, Salifou S, Farnir F, Leroy PL and Abiola FA 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.
- Gbangboche AB, Glele-Kakai R, Salifou S, Albuquerque LG and Leroy PL. 2008. Comparison of non-linear growth models to describe the growth curve. West African Dwarf sheep. *Animal* 2, 1003–1012.
- Gbangboche AB, Youssao AKI, Senou M, Adamou-Ndiaye M, Ahissou A, Farnir F, Michaux C, Abiola FA, Leroy PL 2006. Examination of non-genetic factors affecting the growth performance of djallonke sheep in soudanian zone at the Okpara breeding farm of Benin in *Tropical Animal Health and Production* 38, 55-64.
- Gómez DAA, Muñoz MFC and Betancur LFR 2008. Modelación de funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 21, 39-58.
- González GR, Torres HG and Castillo AM 2002. Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México. *Veterinaria México* 33, 443-453.
- Goyache FM 2005. Crecimientos, consumos y medidas corporales. In: Cañeque, V., Sañudo, C. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. INIA. Madrid. Spain.
- Hamouda MB and Atti N 2011. Comparison of growth curves of lamb fat tail measurements and their relationship with body weight in Babarine sheep. *Small Ruminant Research* 95, 120–127.
- Hernandez JVR 2004. Evaluación fenotípica y genotípica de los caracteres de crecimiento en el esquema de selección del ovino segureño. Dissertation (Ph.D). University of Córdoba, Córdoba (Spain).
- Hinojosa-Cuéllar JA, Oliva-Hernández J, Torres-Hernández G, Segura-Correa JC, Aranda-Ibáñez EM and González-Camacho JM 2012. Factores que afectan el crecimiento predestete de corderos Pelibuey en el trópico húmedo de México. *Universidad y Ciencia* 28, 163-171.
- Hossein-Zadeh NG 2015. Estimation of genetic relationships between growth curve parameters in Guilan sheep. *Journal of Animal Science and Technology* 12, 57-19.
- Hussain A, Akhtar P, Ali S, Younas M, Yaqoob M, Babar ME, Javed K nad Shakoora A 2013. Factors influencing body weights at different ages in Thalli sheep. *Journal of Animal and Plant Sciences* 23, 1-6.
- Kittelsen E 2008. Geographical and management related factors affecting lambs of outwintered sheep along the west coast of Norway. A baseline study in the research project feral sheep in coastal heaths - developing a sustainable local industry in vulnerable cultural landscapes. Degree Diss., University of Bergen, Norway.
- Lambe NR, Navajas EA, Simm G and Bünger L 2006. A genetic investigation of various growth models to describe growth of lambs of two contrasting breeds. *Journal of Animal Science* 84, 2642–2654.

- Lavvaf A and Noshary A 2008. Estimation of genetic parameters and environmental factors on early growth traits for lori breed sheep using single trait animal model. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11, 74-79.
- León JM, Barba C, Gama LT, Carolino NP, Puntas J, Quiroz J and Delgado JV 2005. Parámetros genéticos de prolificidad de la oveja segureña. Resultados preliminares. *Archivos de Zootecnia* 54, 323-326.
- León JM, Macciotta NPP, Gama LT, Barba C and Delgado JV 2012. Characterization of the lactation curve in Murciano-Granadina dairy goats. *Small Ruminant Research* 107, 76-84.
- León JM, Quiroz J, Martínez M, Camacho ME, Puntas J and Delgado JV 2007. The breeding program of the Segureño meat sheep breed. *Ital. Journal of Animal Science* 6(Suppl.1):149 (abstr.).
- Lewis RM and Brotherstone D 2002. A genetic evaluation of growth in sheep using random regression Techniques. *Animal Science* 74, 63-70.
- Lewis RM, Emmans GC, Dingwall WS and Simm G 2002. A description of the growth of sheep and its genetic analysis. *Journal of Animal Science* 74, 51-62.
- López S, France J, Gerrits WJ, Dhanoa MS, Humphries DJ, Dijkstra J 2000. A generalized Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. *Journal of Animal Science* 78, 1816-1828.
- Lupi TM, Nogales S, León JM, Barba C and Delgado JV 2015. Characterization of commercial and biological growth curves in the Segureña sheep breed. *animal* 9, 1341-1348.
- Macedo R and Arredondo V 2008. Efecto del sexo, tipo de nacimiento y lactancia sobre el crecimiento de ovinos pelibuey en manejo intensivo. *Archivos de Zootecnia* 57, 219-228.
- MAGRAMA 2012. Programa de mejora de la raza ovina segureña. Retrieved on 15 March 2014 from http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/Programa_de_Mejora_Raza_Ovina_Segurena_Definitivo_tcm7-293647.pdf
- MAGRAMA 2013. Caracterización del sector ovino y caprino en España año 2013. Retrieved May 19, 2015, from http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/CARACTERIZACION_DEL_SECTOR_OVINO_Y_CAPRINO_EN_ESPA%C3%91A_2013_tcm7-271704.pdf
- McManus C, Evangelista C, Fernandes LAC, Miranda RM, Moreno-Bernal FE and Santos NR 2003. Curvas de Crescimento de Ovinos Bergamácia Criados no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32, 1207-1212.
- Mekuriaw S and Haile A 2014. Genetic Parameter Estimates for Growth and Reproductive Trait of Sheep for Genetic Improvement and Designing Breeding Program in Ethiopia: A Review. *Open Access Library Journal*, e589. <http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1100589>. Accessed on April 2015
- Méndez-Gomez AC, López-Ordaz R, Peralta-Laison M, Ulloa-Arvizu R, Pedraza-Villagómez P, Ruiz-López J, Berruecos-Villalobos JM and Vásquez-Peláez CG 2014. Estimación de heredabilidad de la curva de crecimiento en el borrego de raza Chiapas en México. *Animal Genetic Resources* 54, 85-91.
- Momoh OM, Rotimi EA and Dim NI 2013. Breed effect and non-genetic factors affecting growth performance of sheep in a semi-arid region of Nigeria. *Journal of Applied Biosciences* 67, 5302-5307.
- Noguera RR, Pereira R and Solarte CE 2008. Comparación de modelos no lineales para describir curvas de crecimiento en cuyes (*Cavia porcellus*) desde el nacimiento hasta la edad de sacrificio. *Livestock Research for Rural Development* 20, Article #79.
- Posada SL and Noguera RR 2007. Comparación de modelos matemáticos: una aplicación en la evaluación de alimentos para animales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20, 141-148.
- Quesada M, McManus C and Couto FAA 2002. Efeitos genéticos e fenotípicos sobre características de produção e reprodução de ovinos deslanados no Distrito Federal. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31, 342-349.
- Quirino CR, Bergman JAG, Vale Filho VR and Pereira JCC 1999. Evaluation of four mathematical functions to describe scrotal circumference maturation in Nellore bulls. *Theorietogenology* 52, 25-34.

- Ramírez-Tello JA, Torres-Hernández G, Cruz-Colín L, Ochoa-Cordero MA and Suárez-Espinosa J 2013. Evaluación de factores ambientales que influyen en características de crecimiento del nacimiento al destete de corderos Hampshire. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4, 117-125.
- Ratkowsky DA 1983. *Nonlinear regression modeling*. New York: Marcel Dekker Inc., 297p.
- Robinson JJ, McDonald I, Fraser C and Crafts RMJ 1977. Studies in reproduction in prolific ewes. I. Growth of the products of conception. *Journal of Agricultural Science* 88, 539-552.
- Rodríguez M, Huerta LN, Ventura SM, Rivero LJ and Esparza D 1999. Factores que afectan el comportamiento productivo de corderos mestizos mantenidos bajo condiciones semiintensivas de explotación en el trópico muy seco venezolano. *Revista de la Facultad de Agronomía* 16, 64-78.
- Sarmento JLR, Regazzi AJ, Sousa WH de, Torres RA, Breda FC and Menezes GRO 2006. Estudio da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35, 435-442.
- Sarti FM, Castelli L, Bogani D and Panella F 2003. The measurement of chest girth as an alternative to weight determination in the performance recording of meat sheep. *Italian Journal of Animal Science* 2, 123-129.
- Sarti FM, Panella F and Bogani D 2001. The most suitable traits in the Appenninica sheep for meat selection. *Zuchthygiene-Reproduction in Domestic Animals* 27:65-73.
- Silva FLR and Araújo AM 2000. Características de reprodução e de crescimento de ovinos mestiços Santa Inês, no Ceará. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29, 1712-1720.
- Souza JC and Bianchini Sobrinho E 1994. Estimativa do peso de bovinos de corte, aos 24 meses, da raça Nelore, usando curvas de crescimento. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 23, 85-91.
- Souza LA 2010. Avaliação do crescimento de ovinos da raça Morada Nova sob modelos não lineares convencionais e alternativos. Dissertation (Master), State University of Southwest of Bahia, Itapetinga (Bahia, Brasil).
- Strizke DJ and Whiteman JV 1982. Lamb growth patterns following different seasons of birth. *Journal of Animal Science* 55, 1002-1007.
- Tariq MM, Iqbal F, Eydurán E, Bajwa MA, Huma Z and Waheed A 2013. Comparison of Non-Linear Functions to Describe the Growth in Mengali Sheep Breed of Balochistan. *Pakistan journal of zoology* 45, 3, 661-665.
- Thomas MSC, Annaz D, Ansari D, Serif G, Jarrold C and Karmiloff-Smith A 2009. Using developmental trajectories to understand developmental disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 52, 336-358.
- Topal M, Ozdemir M, Aksakal V, Yildiz N and Dogru U 2004. Determination of the best nonlinear function in order to estimate growth in Morkaraman and Awassi lambs. *Small Ruminant Research* 55, 229-232.
- Tron JL, Quintero LAZ, Padilla EG, Pérez JT, Godoy AV, and Peláez CV 2003. Crecimiento predes-tete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México. *Veterinaria México* 34, 235-245.
- Ulutas Z, Sezer M, Aksoy Y, Sirin E, Sen U, Kuran M and Akbas Y 2010. The effect of birth types on growth curve parameters of Karayaka lamb. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9, 1384-1388.