

GM 05. USO DE FUNCIONES NO LINEALES PARA DESCRIBIR EL CRECIMIENTO DE LOS TESTÍCULOS EN CAPRINOS MESTIZOS EN BRASIL

Wandrick Hauss De Sousa¹, Celia R. Quirino², Carmen I. M. Gonzales¹

¹Pesquisador II de la Empresa de Pesquisa Agropecuária de Paraíba/ SA EMEPA-PB. Rua Euripedes Tavares 210. Cx. Postal 275. CEP 58013-290. João Pessoa, Brazil. ²Estudiante de Doctorado de la Escuela de Veterinária - Universidad Federal de Minas Gerais -Caixa Postal 567 - CEP 31161-970 Belo Horizonte-MG, Brazil

Abstract

Non linear functions to describe circumference scrotal growth in Brazil goats

Four functions to characterize scrotal circumference (SC) growth in goats were compared to identify which one was the most suitable for biological interpretation. Animals were 30 goats males, born in EMEPA-PB, João Pessoa, Brazil. At the time of SC measurements, the ages of the animals were 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126, 140, 154, 168, 182 and 196 days. The functions used to describe the data were: Brody, $SC = A (1 - B \exp^{-kt})$; Logistic, $SC = A / (1 + B \exp^{-kt})$; Gompertz, $SC = A \exp(-B \exp^{-kt})$ and Richards $SC = A (1 + B \exp^{-kt})^m$, where SC is the scrotal circumference at age t, A is the estimated SC at maturity, B is the integration constant established by the initial values of SC and t, k is the maturity constant and m is the inflection point parameter for Richards function. Logistic was selected as the best equation to represent SC growth based on the statistics error mean square, coefficient of determination and average prediction error. In addition, it required the lowest number of iterations for convergence and generated the least computing difficulty. For the Logistic function, estimated SC at maturity (A) was 22.26 ± 2 cm at 72 months of age. The maturity index (k) was .012 cm and the inflection point (time of maximum growth) was reached at 81 days of age at an average SC of 11 cm.

Palavras chaves: Circunferencia escrotal, curvas de crecimiento, caprinos.

Key words: Growth curves, scrotal circumference, goats.

Introducción

El alto valor adaptativo de los caprinos del noreste de Brazil, dado principalmente por su tasa reproductiva y la sobrevivencia de las crías, es una de las alternativas de material genético a ser utilizado en futuros programas de mejoramiento genético de razas adaptadas a ambientes adversos.

Una característica que puede ser usada como criterio de selección de los machos, con el objetivo de aumentar la fertilidad de las majadas, es la circunferencia escrotal. Esta característica presenta heredabilidades medias, es de fácil medición y presenta correlación genética favorable con la tasa reproductiva de las hembras (Notter *et al.*, 1985).

Los estudios convencionales han utilizado modelos lineales para representar el crecimiento testicular, siendo adoptados principalmente los modelos de regresión lineal simple o múltiple. Sin embargo, los modelos de regresión no lineal serían más adecuados en el estudio de características de crecimiento, por combinar medidas repetidas durante la vida del animal en pocos parámetros, siendo estos interpretables biológicamente (Fitzhugh, 1976). Estudios de curvas de crecimiento de circunferencia escrotal en ovinos de clima templado fueron realizados por Notter *et al.* (1985) y Fossecó (1991) y en ovinos del noreste de Brasil por Sousa *et al.* (1997).

Los objetivos del presente estudio fueron estudiar y comparar funciones no lineales para describir el crecimiento testicular y determinar cual de estas funciones es la que mejor representa este crecimiento.

Materiales y métodos

Se realizaron 339 mediciones de la circunferencia escrotal (CE) en 30 cabritos mestizos los cuales nacieron en el período de marzo a abril de 1996 en la Estación Experimental Pendência, que pertenece a EMEPA-PB (Empresa de Pesquisa Agropecuária), del estado de João Pessoa, Brazil.

El tipo de manejo fue el tradicional para la región. Los animales fueron criados a pasto y recibieron suplementación con forraje y concentrado durante el período de escasez de forrajes.

Las mediciones fueron realizadas cuando los animales presentaban edades variando entre los 14 y 196 días de edad.

La circunferencia escrotal fue medida en la región de mayor diámetro de los testículos utilizando una cinta

métrica flexible.

Los datos fueron ajustados por el procedimiento non linear on linear regression (NLIN, SAS, 1995), utilizando el método 'secant' (DUD), donde las derivadas son estimadas a partir de un histórico de iteraciones.

Las funciones utilizadas fueron: Brody (B), Logística (L), Gompertz (G) y Richards (R), descritas como:

$$CE \text{ Brody} = A (1 - B e^{-kt})$$

$$CE \text{ Logística} = A / (1 + B e^{-kt})$$

$$CE \text{ Gopertz} = A e^{(-B e^{-kt})}$$

$$CE \text{ Richards} = A (1 + B e^{-kt})^m$$

donde: CE es la circunferencia escrotal a los t meses de edad; A es la estimativa de la CE a la madurez; B es la constante de integración relacionada con los valores iniciales de CE y t; k es la tasa de maduración testicular y m es el parámetro que confiere el punto de inflección variable para la función Richards.

Los criterios considerados para la elección del modelo fueron: 1- suma de cuadrados del error (SCE), 2 - coeficiente de determinación (R²), 3 - dificultad para alcanzar la convergencia y número de iteraciones necesarias para alcanzar la convergencia (Nº Iter.).

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presentan las medias y desvío standard de los parámetros, sumas de cuadrados del error, coeficientes de determinación y número de iteraciones necesarias para alcanzar la convergencia en las funciones estudiadas. Se observa que las funciones L y G presentan ajustamiento similar en los parámetros A, B y k, con valores proximos de SCE y R², presentando las menores dificultades de cálculo y menor número de iteraciones para alcanzar la convergencia.

Cuadro 1. Estimativas de los parámetros, desvío estándar, suma de cuadrados del error (SCE), coeficiente de determinación (R²) y número de iteraciones (Nº Iter.) estimados para las diferentes funciones no lineales¹.

Función	A	B	k	m	SCE	R ²	Nº Iter.
Brody	34.23±0.9	0.84±0.03	0.003±0,01	-	11.34	0.52	51
Gompertz	26.55±1.2	1.50±0,0	0.007±0,01	-	11.31	0.52	14
Logística	22.26±1.9	2.65±0.20	0.012±0,01	-	11.29	0.52	9
Richards	20.35±4.0	-0.15±4.00	0.010±0,26	8.16	11.57	0.51	51

1A = estimativa de la circunferencia escrotal a la madurez testicular; B = constante de integración; k = índice de madurez testicular; m = parámetro asociado al punto de inflección.

Los parámetros estimados por las funciones B y R se encuentran fuera de los valores promedios de CE a la madurez testicular para la raza. Por otra parte, estas funciones presentaron mayores dificultades computacionales y fallaron en alcanzar la convergencia.

Para testar las funciones estudiadas y determinar cual es la que mejor ajusta a los datos observados, se calcularon las CE estimadas a través de los parámetros obtenidos de las funciones no lineales (cuadro 2). Se observa que la función L sobrestima la CE desde los 14 hasta los 112 días de edad, a partir de esa edad los valores observados y los esperados de CE se encuentra bastante próximos.

En general, las funciones B y G no presentan una tendencia definida, a través de las edades, en la comparación entre los valores observados y los estimados. Al testar la función R se verificó, como era de esperar por el valor de A, que subestima la CE en todas las edades consideradas.

La función seleccionada para explicar el crecimiento testicular fue la Logística debido a que presentó menor suma de cuadrado del error, mayor coeficiente de determinación, menor dificultad para alcanzar la convergencia y menor número de iteraciones, además de ser la que mejor ajusta la CE en las diferentes edades.

El punto de inflección para esta función se presenta en A/2, con CE de 11.13 cm y la edad al punto de inflección (t) es de 81.2 días, calculada como $t = \ln B / k$ (Notter *et al.*, 1985).

Este resultado coincide con los estudios realizados por Notter *et al.* (1985) y Fossecó (1991) en razas ovinas de clima templado y los realizados por Sousa *et al.* (1997) en ovinos de la raza Santa Inés de Brasil, que adoptaron la función Logística para representar el crecimiento testicular.

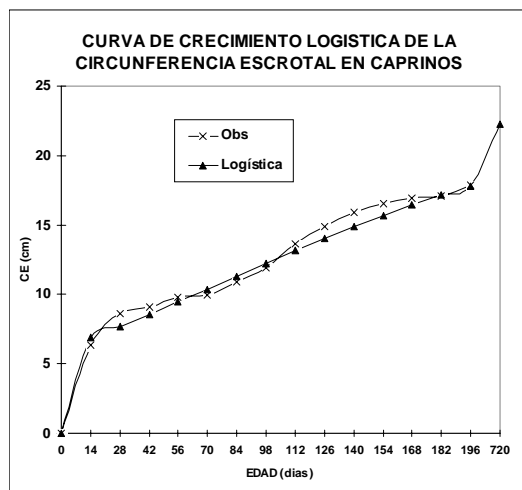


Figura 1. Curva de crecimiento observada y estimada por la función logística.

Cuadro 2. Medias observadas y estimadas por las funciones no lineales para circunferencia escrotal.

Edad (días)	Medias observadas (cm)	Medias estimadas (cm)			
		Brody	Gompertz	Logística	Richards
0	-	5.48	5.92	6.10	5.40
14	6.31	6.66	6.81	6.87	6.51
28	8.65	7.79	7.74	7.69	7.62
42	9.13	8.88	8.68	8.56	8.73
56	9.83	9.92	9.63	9.46	9.80
70	9.93	10.92	10.59	10.38	10.82
84	10.89	11.88	11.54	11.31	11.78
98	11.89	12.80	12.47	12.25	12.68
112	13.60	13.68	13.38	13.16	13.51
126	14.92	14.53	14.27	14.05	14.27
140	15.90	15.34	15.12	14.90	14.96
154	16.52	16.11	15.94	15.70	15.58
168	16.95	16.86	16.71	16.45	16.15
182	17.05	17.57	17.45	17.14	16.65
196	17.90	18.26	18.15	17.78	17.09
720	-	30.91	26.29	22.25	20.33

Conclusión

Los resultados del presente estudio son de gran importancia porque fueron obtenidos con cabritos criados a campo en el noreste brasileiro. La función logística fue la que mejor representó el crecimiento de la CE desde el nacimiento a la edad adulta. La curva de crecimiento testicular presentó una zona de rápido crecimiento aproximadamente a los 81 días de edad, momento que coincide con el establecimiento de la espermatogénesis y maduración sexual de los animales.

Literatura citada

- Fitzhugh, H.A. Jr. 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *J. Anim. Sci.*, 42: 1038-1045.
- Fosseco, S.L. 1991. Logistic growth curve parameter estimates for scrotal circumference and relationships with female reproduction. PhD Dissertation, Animal Science Department, Virginia.
- Notter, D.R., Lucas, J.R., Mcclaugherty, F.S., Copenhaver, J.S. 1985. Breed group differences in testicular growth patterns in spring-born ram lambs. *J. Anim. Sci.*, 60: 622-631.
- SAS. 1995. User's Guide: Statistics. Statistical Analysis System Institute, Inc., Cary, NC.
- Sousa, De W H., Quirino, C.R., Pereira, C.S., Cunha, M.D.G. 1997. Estudo comparativo de funções de crescimento do perímetro escrotal em ovinos deslanados da raça Santa Inês. *Anais da XXXIV Reunião.*