



enfermedades cardiovasculares, debido a que el contenido está por encima de los límites de ingesta diaria recomendada por la FAO, el otro 76,2% de las muestras, que están por debajo de dicho límite, pudiendo significar que la mayoría de panificadoras están ofreciendo productos con cantidades mínimas o nulas de ácidos grasos trans, sin embargo aún quedan algunas que deben mejorar al respecto. Estos resultados podrían considerarse importantes teniendo en cuenta la cantidad de estudios realizados en el tema, por ejemplo, Estados Unidos estima que el riesgo de padecer enfermedad cardiovascular es un 93% más alto cuando los ácidos grasos trans reemplazan tan sólo al 2% de las calorías provenientes de los hidratos de carbono. (Peterson *et al.*, 2006).

#### BIBLIOGRAFÍA

Barrado, E., M. Mayo, A. Tesedo, H. Romero, y F. De la rosa. 2008. Composición grasa de diversos alimentos servidos en establecimientos de "comida rápida". *Nutrición hospitalaria* 1(23): 148-158.

Peterson, G., D. Aguilar, M. Espeche, M. Mesa, P. Jauregui, H. Díaz, M. Simi, y M. Tavella. 2006. Ácidos grasos trans en alimentos consumidos habitualmente por los jóvenes en argentina. *Archivos*

uruguayos de pediatría 1(77): 59-66.

Manzur, J.F., A. S. Ciro, y A. Alayon. 2009. Consumo de ácidos grasos trans y riesgo cardiovascular, *Revista Colombiana de Cardiología* 3(16): 103-110.

Ruano, C., P. Henríquez, M. Bes-Rastrollo, M. Ruiz, C. Lopez del burgo, A. y A. Sanchez. 2011. La ingesta dietética de grasa y calidad de vida. *BioMed Central* 10: 8 p.

Instituto Colombiano De Normalización Y Certificación, 2005. Pan. Requisitos generales. NTC 1363, segunda edición, Bogotá D.C. 11 p.43-44.

Griguol, V., M. León, y I.M. Vicario. 2007. Revisión de los niveles de ácidos grasos trans encontrados en distintos tipos de alimentos. *Grasas y aceites* 1(58): 87-98.

Organización Panamericana de la Salud, 2008. Aceites saludables y la eliminación de ácidos grasos trans de origen industrial en las Américas. Washington. pp. 6.

## Modelos no lineales para estimación de Curva de Crecimiento de crías bovinas machos

### *Nonlinear models for estimating growth curve of young males bovines*

Luz Mercedes Botero A.<sup>1</sup>, Melba Liliana Vertel M.<sup>2</sup>, Emiliano Rodríguez A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Zootecnista, Grupo de Investigación Biodiversidad Tropical, Universidad de Sucre. E-mail: luz.botero@unisucre.edu.co.

<sup>2</sup> Profesor Titular, Grupo de Investigación Estadística y Modelamiento Matemático aplicado, Universidad de Sucre. E-mail: melba.vertel@unisucre.edu.co.

<sup>3</sup> Estudiante, Grupo de Investigación Estadística y Modelamiento Matemático aplicado, Universidad de Sucre. E-mail: erodrigueza\_10@hotmail.com.

**Resumen.** El objetivo del presente trabajo fue analizar modelos no lineales para describir el crecimiento en crías bovina macho del nacimiento al destete, manejados en el sistema de producción doble propósito. Fueron utilizados 468 datos de 9 pesajes mensuales del nacimiento al destete de una muestra de 52 crías macho resultantes del cruce *Bos indicus* x *Bos taurus*, nacidos en el mes de diciembre del 2010. Los modelos no lineales Brody, Bertalanffy, Richards, logístico y Gompertz fueron ajustados, por el método de Gauss-Newton, considerando criterios para la escogencia como: CME, coeficiente de determinación e interpretación biológica. El modelo Brody resultó ser el más adecuado para estimar el crecimiento corporal del nacimiento al destete de crías bovina macho en estudio, lo cual permite caracterizar y

predecir el crecimiento de crías bovinas del doble propósito en la región Caribe colombiana, contribuyendo con el diseño de estrategias de manejo para producir animales de peso y desarrollo adecuados a las exigencias del mercado.

**Palabras clave:** Bio-modelación, curva de crecimiento en vacunos, doble propósito, región caribe colombiana, regresión no lineal, sistema de producción.

**Abstract.** The objective of this study was to analyze nonlinear models to describe the growth from birth to weaning of male calves managed under dual purpose production. A total of 468 data points, resulting from 9 monthly weighing's from birth to weaning of 52 male calves of *Bos indicus* x *Bos*





*Taurus crosses, born in December 2010 were used. Nonlinear models Brody, Bertalanffy, Richards, logistic and Gompertz considering the selection criteria as: EMC, coefficient of determination and biological interpretation. The Brody model was the most appropriate model to estimate body growth from birth to weaning of male beef calves, allowing characterization and prediction of the growth of calves of dual purpose cattle in the Colombian Caribbean region, contributing to the design of management strategies to produce animals with appropriate weight development according to market requirements.*

**Keywords:** Bio-modeling, growth curve in cattle, double purpose, Colombian Caribbean region, Nonlinear regression, production system.

### INTRODUCCIÓN

En el contexto mundial el inventario bovino proyectado para el año 2008 se estimó en 1,558 millones de cabezas, con una tasa de crecimiento promedio anual de 1,5%. En Colombia, el hato nacional para este año fue de 26,8 millones de cabezas, lo que corresponde al 1,7% del inventario mundial (Encuesta Nacional Agropecuaria-ENA, 2008). Los bovinos en la región Caribe colombiana se manejan en mayor medida en el sistema de producción doble propósito, alimentados con gramíneas, leguminosas y arbóreas, donde le confieren igual importancia biológica y económica a la producción de leche como al peso al destete (PD) de las crías, criterio de selección en el esquema de mejora y componente esencial de la productividad de la vaca. El crecimiento animal sigue una curva sigmoidea llamada curva de crecimiento (CC) a través de la cual la tasa de crecimiento varía con la edad; evalúa el comportamiento productivo y económico representado en ganancia de peso a lo largo de la vida del bovino, el desconocimiento de la misma limita la implementación de programas de mejoramiento. Los modelos matemáticos no lineales se desarrollan empíricamente para relacionar peso-edad mostrando ser adecuados para ajustar CC (Freitas, 2005). Esto puede ser aplicado al animal como un todo, o en cualquier tejido u región corporal (Malhado *et al.*, 2008). La forma y características de la CC pueden variar en función del ambiente y del sistema de producción. Además, medir este tipo de parámetros en determinadas etapas de la vida del bovino es un insumo de procesos de bajo costo, que respeta el bienestar animal y no altera el organismo bajo análisis. Esta investigación tuvo como objetivo establecer a través de modelos no lineales la curva de crecimiento que mejor ajuste a la ganancia de peso del nacimiento al destete de crías bovinas macho manejadas en el sistema en doble propósito en planicies aluviales de la región Caribe colombiana.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el municipio de Magangué, Bolívar; allí, impulsado por el mercado de la leche, un 70% del hato pasó del sistema cría de razas cebuinas, al sistema doble propósito con animales resultado del cruce de *Bos Indicus* x *Bos Taurus* (Botero, 2012). Para el año 2010 en la región, el universo estuvo constituido por 5.400 machos vacunos mestizos menores de diez (10) meses de edad. Se utilizaron 52 crías macho vacunos como muestra de 120 nacimientos en el hato donde se llevó a cabo la investigación; las crías se pesaron en forma individual mes a mes desde diciembre 2010 a octubre 2011, después de efectuado el ordeño de sus madres, donde sirvieron de apoyo y tomaron la leche residual. Se obtuvieron 468 datos sistematizados en el Software + Ganadero TP, los que fueron analizados en el programa estadístico R (R Development Core Team, 2011). En estos datos fueron ajustados modelos no lineales para estimar el crecimiento del animal y los parámetros de la curva. Con base a: cuadrados medios del error (CME), coeficiente de determinación e interpretación biológica de parámetros fueron escogidos los modelos que más ajustaron.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede observar en la Tabla 1, en la ganancia de peso mes a mes hay un incremento superior a un kilogramo diario por animal desde el nacimiento hasta el mes de vida cuando cría y vaca permanecen juntas gran parte del día. A partir de este momento, las ganancias de peso son poco significativas representadas en el pobre desempeño del peso final al destete. Sin embargo, desde el mes ocho de vida del animal, estos vuelven a repuntar en su ganancia diaria, debido a su habilidad como rumiantes ante una oferta forrajera nutritiva, resultado de un período de lluvias y recuperación de praderas. Se considera que la tasa deseable de ganancia de peso en bovinos es de 0,5 kg/día en el doble propósito (Tatis y Botero, 2005), lo cual demuestra el potencial productivo que tienen ante una oferta ambiental adecuada. En el doble propósito las crías después del primer mes de vida y durante el período de lactancia de sus madres, son apartadas después del ordeño y enviadas a potreros con oferta de alimento, agua, sombra e infraestructura no apta para lograr una adecuada tasa de crecimiento y desarrollo. En otras palabras, los ganaderos tratando de aumentar el flujo de caja, invierte muchos esfuerzos hacia la producción de leche, convirtiendo la obtención de carne a partir de terneros como un subproducto; descargan el manejo alimenticio en la leche residual que ofrece la vaca después del ordeño y que es escasa al final de la lactancia, la cual no alcanza a proporcionar una nutrición biológicamente apropiada.





El modelo matemático no lineal de Richards es citado como el único capaz de proveer con cierta precisión, los pesos de los animales en los estados iniciales de crecimiento posnatal (Tabla 2). El modelo Brody describió adecuadamente los datos, presentando un R<sup>2</sup> del 75% y CME de 191.96 (menor), resultados parecidos encontró (Herrera *et al.*, 2008).

**CONCLUSIONES**

Se debe aprovechar la mayor cantidad de leche producida por la vaca en los tres primeros meses de lactancia, los terneros en esta etapa son más eficientes para asimilar el alimento lácteo y doblan su peso. El modelo de Brody, fue el que mejor describió el crecimiento de crías machos manejados en el sistema de producción doble propósito, presento buen ajuste y estimativas condicionadas con la realidad actual. Biológicamente, las estimaciones están lejanas a lo deseado. Las investigaciones en este sistema de producción deben estudiar también la curva de crecimiento de los vacunos desde el destete (10 meses) hasta alcanzar su madurez.

**BIBLIOGRAFÍA**

Encuesta Nacional Agropecuaria –ENA-. 2009. Sistema de información de la oferta agropecuaria, forestal, pesquera y acuícola. Colombia. ISBN 2027-3959. p 91.

Freitas, A. 2005. Curvas de Crescimento na Produção Animal. Bras. Zootec. 34(3): 786-795.

Herrera, A., O. Vergara, M. Cerón-Muñoz, D. Agudelo y E. Arboleda., 2008. Curvas de crecimiento en bovinos cruzados utilizando el modelo de Brody. Livestock Reseach for Rural Development 20 (140). URL Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd20/9/herr20140.htm>.

Malhado, C.H., A. Ramos, P. Carneiro, J. Souza, F. Wechsler, J. Eler, D. Azevêdo, J. Sereno. 2008. Modelos no lineales para describir el crecimiento de bufalinos de la raza Murrah. Arch. Zootec. 57 (220): 497-503.

R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. [Internet]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponible en: <http://www.R-project.org>.

Tatis, R., L.M. Botero. 2005. Génesis y Consolidación del Sistema Vacuno en Doble Propósito. Asodoble (Asociación Colombiana de Criadores de Ganado en Doble Propósito). Ed. Produmedios. Bogotá, Colombia, ISBN 958-33-7956-5. 282 p.

Botero M. Ricardo. 2012. ¿desaparecerá el doble propósito? Rev. Infortambo Andina. Bogotá.

**Tabla 1.** Estadísticas de pesos en crías macho del sistema bovino doble propósito.

Mes	Muestra	Promedios (kg)	D.S. (kg)	Peso <sub>n</sub> – Peso <sub>n-1</sub> (kg)	Rango (kg)	
					Mínimo	Máximo
1	52	28	0	-	28	28
2	52	63	9,25	35	42	88
3	52	69	9,96	6	44	94
4	52	82	11,02	13	54	110
5	52	93	13,19	11	64	128
6	52	105	14,49	12	70	142
7	52	106	16,18	1	74	160
8	52	112	17,41	6	82	170
9	52	113	17,51	1	82	170
10	52	129	18,58	16	98	190

**Tabla 2.** Modelos no lineales de curvas de crecimiento: ecuación (Freitas, 2005), estimación de parámetros (A, K, B y M), CME y coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>).

Modelos no lineales	Ecuación	A	K	B	M	CME	R <sup>2</sup>
Gompertz (Laird, 1965)		312,28	0,87	0,04	-	191,96	0,75
Brody (Brody, 1945)		181,44	1,47	0,15	-	192,23	0,75
Logístico (Nelder, 1961)		154,79	2,57	0,26	-	192,75	0,75
Bertalanffy (1957)		194,93	-0,37	0,12	-	192,53	0,75
Richards (1959)		203,53	-0,46	0,11	2,6	192,57	0,73

