



"Biometry, the active pursuit of biological knowledge by quantitative methods." R.A. Fisher, 1948

Libro de Resúmenes y Memoria



Universidad Veracruzana

27 al 31 de julio de 2009/World Trade Center, Boca de Río, Veracruz, México

Modelos Matemáticos para la Estimación del Desarrollo de Novillas: Edad y Peso a Primera Concepción

Roberto Castillo Tlapa, Belisario Domínguez Mancera¹, Antonio Hernández Beltrán, José Manuel Martínez Hernández, Patricia Cervantes Acosta, Blanca Catalina Colin Ibarra
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. ¹beldominguez@uv.mx

Resumen

Para representar el crecimiento de los animales domésticos, se han utilizado distintas funciones matemáticas que relacionan el cambio del peso en función de la edad de los animales. Entre las funciones más utilizadas se encuentran las funciones asintóticas de patrón sigmooidal. Con el objetivo de determinar la curva de crecimiento de los diferentes genotipos de vaquillas en un sistema de doble propósito y ubicar en ella la edad y peso en la que se realiza la primera gestación, con el uso de los modelos Logistic y Gompertz a fin de obtener modelos de predicción para el comportamiento reproductivo de futuras becerras. De los registros individuales de 132 vaquillas en tres diferentes proporciones de sangre europea de la Posta Zootécnica Torreón del Molino, FMVZ-UV, se modelaron las curvas de crecimiento. Las tendencias de crecimiento generadas por ambos modelos coinciden con los valores observados en campo; de igual forma, al obtener los registros de peso y edad a primera gestación y ubicarlos en las curvas generadas, se concluye en la posible predicción del comportamiento productivo reflejado en el futuro inicio de la actividad reproductiva de nuevas becerras candidatas a ser vientres de reemplazo.

Palabras Clave: bovinos tropicales, edad, peso vivo, modelación.

Modelos Matemáticos para la Estimación del Desarrollo de Novillas: Edad y Peso a Primera Concepción

Roberto Castillo Tlapa¹, Belisario Domínguez Mancera², Antonio Hernández Beltrán³, José Manuel Martínez Hernández⁴, Patricia Cervantes Acosta⁵, Blanca Catalina Colin Ibarra⁶

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. ¹rcastillo@uv.mx, ²beldominguez@uv.mx, ³posfmvz@gmail.com, ⁴manuelmartinez@uv.mx, ⁵biomol@gmail.com, ⁶bcolini@hotmail.com

Introducción

En investigaciones con animales para determinar ciertos efectos, es indispensable que se tomen varias observaciones sobre el mismo animal en una secuencia de períodos de tiempo sucesivos, esta condición se conoce como modelo experimental basado en "mediciones repetidas"; esta metodología es usada cuando se determinan las curvas de crecimiento (Altamirano *et al.*, 2006). El análisis para este tipo de datos requiere una atención especial, ya que establecen patrones de correlación entre las observaciones que pueden arrojar conclusiones inválidas al evaluarlas con los procedimientos utilizados para otros modelos que no involucran el factor tiempo y pudieran representar un desperdicio de información (González *et al.*, 2007). Para representar el crecimiento de los animales, se han utilizado distintas funciones matemáticas que relacionan el cambio del peso en función de la edad, entre ellas se encuentran las funciones asintóticas de patrón sigmoidal: Brody, Richards, Logística, Gompertz y Von Bertalanffy (Fitzhugh, 1976); estas funciones matemáticas sigmoideas resumen el fenómeno del crecimiento en pocos parámetros, que pueden ser interpretados biológicamente: el parámetro "A", es una estimación del peso a la madurez, el parámetro " μ " está relacionado con la pendiente de la curva (la tasa de crecimiento o madurez) y el parámetro "B", es una constante de integración, existe un cuarto parámetro (T_0), el cual se relaciona con el punto de inflexión de la curva, (umbral entre la fase autoaceleradora y la fase autoinhibidora) (Vargas y Ulloa, 2008). En las regiones tropicales, la producción de novillas de reemplazo ha sido señalada como una de las etapas críticas y de mayor importancia en la producción de ganado, debido a las bajas ganancias de peso que experimentan los animales en el período posdestete, con el consiguiente retardo en los procesos de crecimiento y madurez fisiológica (Mukassa-Mugerwa, 1989). Entre los factores que modifican el inicio de la etapa reproductiva de la vaquilla son la edad y el peso; Además existen otros factores que influyen en el inicio de la etapa reproductiva, entre los que se encuentran el genotipo, el bajo estado nutricional de los animales, manejos inadecuados de salud, estacionalidad de los forrajes, factores de tipo social entre otros (Garverick y Smith, 1993). El objetivo del presente trabajo, fue determinar la curva de crecimiento de diferentes genotipos de novillas y ubicar en ella, la edad y el peso en la que se realiza la primera gestación, con la finalidad de obtener modelos que estimen el futuro comportamiento reproductivo de las becerras.

Material y Métodos:

La Posta Zootécnica “Torreón del Molino” de la Universidad Veracruzana (PZTM-FMVZ; UV), está localizada en el municipio de Veracruz, Ver., se ubica geográficamente en los 19° 10' de latitud Norte y 96° 10' longitud Oeste, a una elevación promedio de 15 msnm. El grupo genético predominante es la cruce de *Bos Taurus* / *Bos Indicus* en diferentes proporciones de sangre. Los pastos con los que cuenta son: *Cynodon plectostachyus* (33%), *Digitaria decumbens* (30%), *Brachiaria decumbens* (1.5%), *Brachiaria mítica* (9.4%), *Bachiaria brizantha* (5.1%) y *Cynodon dactylon* y *Paspalum dilatatum* (14%), el clima de la región es tropical subhúmedo, se clasifica como AW₁ (García, 1988). Los pesos vivos de las hembras se registran cada mes (desde el nacimiento). Alrededor de los 300kg las becerras son revisadas rutinariamente dos veces al día para la detección de los signos de estro (receptibilidad sexual) para así, ser inseminadas de forma artificial o por monta natural. Las razas que conforman los grupos genéticos del hato de doble propósito son: Holstein, Suizo, Cebú; de los cuales se integraron los siguientes grupos: Grupo 26-50% de sangre europea (n= 18), Grupo 51-75% de sangre europea (n=104), Grupo 76-100% de sangre europea (n= 10); N=132 animales. Las curvas de crecimiento se modelaron con Logistic y Gompertz (Nešetřilová, 2005; Altamirano *et al.*, 2006), con el uso del software Origin 7.0 y las graficas se realizaron con ayuda del software Sigma Plot 11.0.

Modelo Logistic:

$$P = \frac{a}{1 + e^{-\mu(T-B)}}$$

Donde:

P = Peso vivo (Kg)

A = Peso a la madurez (Kg)

T = Tiempo (Días)

B = Edad al punto de inflexión (Días)

μ = Velocidad de crecimiento (peso/tiempo)

e = Base de logaritmo natural

Modelo Gompertz

$$P = ae \left(-e \left(\frac{T - T_0}{B} \right) \right)$$

Donde:

P = Peso vivo (Kg)

A = Peso a la madurez (Kg)

T = Tiempo (Días)

T_0 = Tiempo cero

B = Edad al punto de inflexión (Días)

e = Base de logaritmo natural

Se analizo la edad y el peso en el que las novillas se gestan por primera vez por ANDEVA del módulo GLM del paquete estadístico STATISTICA V7.0; se evaluó la discrepancia entre el peso observado y el peso esperado con el modelo matemático, el modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Peso en cada genotipo

μ = media general

G_i = Genotipos $i= 1, 2, 3$; (26-50%, 51-75%, 75-100%)

ε_{ij} = Error experimental $\varepsilon_{ij} \sim NI(0, \sigma^2)$

Resultados y Discusión

Las curvas de crecimiento se han utilizado con diversos objetivos, uno de ellos es la definición de curvas estándares para las distintas razas o grupos genéticos, al respecto, Padrón y Vaccaro (1987), proponen que la cuantificación del crecimiento en peso hasta una edad determinada bajo condiciones óptimas de manejo, alimentación, control sanitario y condiciones climáticas en las cuales se ha desarrollado una raza bovina, constituye el patrón de crecimiento normal de la raza o grupo genético; también pueden utilizarse para determinar o predecir si un animal es excepcional o si es necesario adoptar medidas correctivas en la explotación. Los resultados en la Figura 1, muestran el análisis de la edad y peso de las novillas de la PZTM-UV; la cual muestra los ajustes (líneas continuas) de los modelos Logistic y Gompertz que representan de manera eficiente ($R^2 > 0.80$) el comportamiento de los pesos en las diferentes edades de los grupos de novillas. El sistema de manejo, la calidad y la disponibilidad de forraje, así como la adaptación de los grupos genéticos en las condiciones ambientales que predominan en la región agroecológica, juegan un papel crucial en la forma y la posición de la curva de crecimiento en el eje tiempo, lo que modifica así en el inicio de su etapa reproductiva (Garverick y Smith, 1993), para el inicio de la etapa reproductiva, es más importante el tamaño del animal que la edad del mismo, con base en que el cerebro demanda “reconocer” cierto desarrollo corporal mínimo para dar inicio con los mecanismos reproductivos. (Hall, 1995; Foster y Nagatani, 1999).

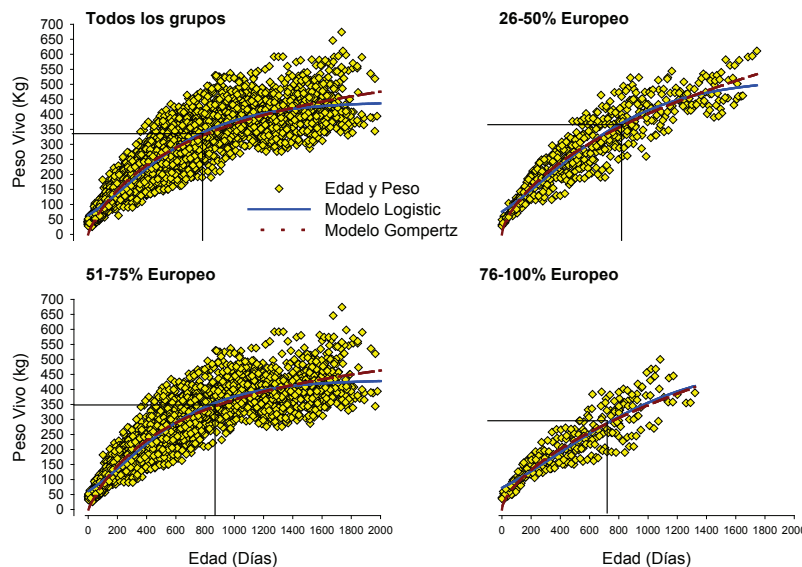


Figura 1. Curvas de crecimiento en las diferentes proporciones de sangre europea. La línea continua (azul) representa el ajuste de los datos mediante el modelo Logistic, la línea continua punteada (Rojo) representa el ajuste de los datos mediante el modelo Gompertz; la línea que parte de los ajustes hacia el eje X, muestra la edad en la que los animales son gestados por vez primera, así como la línea que parte de los ajustes hacia el eje Y muestra el peso con el que los animales son gestados por vez primera.

En los parámetros de los ajustes, Altamirano *et al.* (2006) muestran valores muy similares a los obtenidos en el presente trabajo (Cuadro 1), con novillas en sistemas de doble propósito bajo condiciones de trópico húmedo. Altamirano *et al.*, (2006) reporta pesos a la madurez para el modelo Logistic que van de 455.3 kg hasta 511.7 kg (± 31.28 EEM) para grupos con diferentes proporciones de Holstein X Cebú que van de los 5/8H3/8C hasta grados de pureza como 59/64H5/64C. Vargas y Ulloa (2008) reportan un peso a la madurez con el modelo de Gompertz de 491.7 ± 27.10 Kg para cruza en las que predomina el Holstein sobre el Cebú, con un punto de inflexión de 276 días, parámetro menor al encontrado en el presente trabajo, y muy similar al reportado por Altamirano *et al.*, (2006) que se encuentra en el orden de 415 días. Las novillas con proporción de sangre $>75\%$ de europeo tiene edades y pesos menores que en los otros grupos como lo han expresado otros autores (Galina y Arthur, 1989; Grajales *et al.*, 2006). Los coeficientes de correlación y de determinación comparados con los obtenidos por Altamirano *et al.*, 2006; Zarate y Vinay (2004) así como por Vargas y Ulloa (2008), son menores, muy probable a que se realizaron de manera grupal en los diferentes encastes de europeo de las diferentes proporciones genéticas dentro de cada grupo analizado. Bajo condiciones de trópico de Costa Rica, Hidalgo (1999) estimó que la edad al primer empadre está entre los 30 y 36 meses de edad (900-1080 días). La variación en la edad al inicio de su etapa reproductiva, indica que los animales responden acorde con las condiciones que se encuentran criados, manejo, fuentes y disponibilidad de alimento y circunstancias imperantes del medio; los valores del presente trabajo se muestran en el Cuadro 2. Adam y Robinson (1994) y McAndrews *et al.* (1993), consideran la hipótesis de que cuando un sujeto obtiene un "peso crítico", se dispara una serie de eventos endocrinos que inducen el inicio de su etapa reproductiva (pubertad) y el subsecuente desarrollo de una actividad sexual continua (Abeygunawardena y Dematawewa, 2004).

Cuadro 1. Parámetros obtenidos del ajuste de los datos mediante el modelo de Logistic en los grupos de sangre europeo.

Modelos	Genotipos	Parámetros					
		A	B	μ	T_0	R	R^2
Logistic	26-50%	491.07 \pm 8.50	458.55 \pm 14.83	0.0032 \pm 0.00032		0.92	0.84
Gompertz		521.14 \pm 11.6	472.69 \pm 23.65		309.88 \pm 13.25	0.92	0.85
Logistic	51-75%	418.01 \pm 2.19	389.24 \pm 4.51	0.00383 \pm 0.0007		0.91	0.83
Gompertz		432.06 \pm 2.74	376.99 \pm 7.21		252.54 \pm 3.86	0.91	0.84
Logistic	76-100%	438.33 \pm 26.09	499.66 \pm 48.15	0.0029 \pm 0.00026		0.89	0.80
Gompertz		499.56 \pm 45.71	575.15 \pm 74.64		378.82 \pm 59.06	0.89	0.79
Logistic	Todos	425.80 \pm 2.02	400.86 \pm 4.38	0.0037 \pm 0.00006		0.91	0.83
Gompertz		441.87 \pm 2.79	393.93 \pm 7.00		260.96 \pm 3.74	0.91	0.83

A= amplitud máxima (peso a la madurez), B= edad al punto de inflexión en días, μ = velocidad de crecimiento (peso/días), la cual muestra la pendiente de la curva, T_0 = tiempo cero, edad en la que da inicio la inflexión de la curva, R= coeficiente de correlación, R^2 = Coeficiente de determinación.

Cuadro 2. Valores estimados vs observados de la edad y peso a primera gestación.

Grupos de Europeo	Modelo Logistic		Modelo Gompertz		Observados	
	Edad (Días)*	Peso (Kg.) ^{&}	Edad (Días)*	Peso (Kg.) ^{&}	Edad (Días)*	Peso (Kg.) ^{&}
26-50%	813.42	372.55	817.96	370.43	819.04 ± 66.25 ^a	381.44 ± 15.59 ^a
51-75%	781.35	341.85	777.30	336.96	785.22 ± 22.99 ^a	347.44 ± 5.91 ^b
76-100%	738.86	293.87	727.58	289.57	727.14 ± 62.50 ^a	336.50 ± 10.50 ^b
Todos	796.05	345.12	785.15	339.24	788.00 ± 21.20 ^a	351.5 ± 6.43 ^{ab}

a y b, literales diferentes entre hileras de la misma columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$), * , & Caracteres iguales entre columnas son estadísticamente iguales ($p > 0.05$)

Conclusión

Los Modelos Logistic y Gompertz, resultan eficientes para establecer predicciones del crecimiento y comportamiento productivo, reflejado en el futuro inicio de la actividad reproductiva de nuevas becerras candidatas a ser vientres de reemplazo.

BIBLIOGRAFÍA.

- Abeysunawardena H. and Dematawewa C. M. B. (2004). Pre-pubertal and postpartum anestrus in tropical Zebu cattle. *Animal Reproduction Science* 82-83: 373-387.
- Adam C. L. and Robinson J. J. (1994). The role of nutrition and photoperiod in the timing of puberty. *Proceedings Nutrition Society* 53: 89-102.
- Altamirano B. R., Vinay V.J.C., Zárate M. J., López G.I., Villegas A.Y. (2006). Análisis del crecimiento de hembras Holstein y sus cruizas con cebú en el trópico. *Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano*. Libro científico número 3. Veracruz, Mexico. 435p.
- Fitzhugh H A. (1976). Analysis of growth curves and strategies for altering their shapes. *Journal of Animal Science* 42:1036
- Foster D.L., Nagatani S. (1999). Physiological perspectives on leptin as a regulator of reproduction: Role in timing puberty. *Biology of Reproduction* 60: 205-215.
- García E. (1988). Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la republica mexicana) Offset Larios, S.A. 4^a edición. México, D.F. 217 pp.
- Garverick H.A., Smith M.F. (1993). Female reproductive physiology and endocrinology of cattle. *Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. 9: 223-247.
- Galina, C.S. y Arthur, G. H. (1989). Review of cattle reproduction in the tropics. Part 1. Puberty and age at first calving. *Animal Breeding Abstracts*. 57: 585-588.
- González V. D. M., Goicochea Ll., J., Quintero M. A., Rubio G.J.L., Aranguren M.J.A. (2007). Analisis de tres procedimientos estadísticos para la evaluación del crecimiento de mautas mestizas bajo diferentes regimenes nutricionales. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*. Universidad del Zulia, Facultad de Ciencias Veterinarias.

- Grajales H., Hernández A. Prieto E. (2006). Edad y peso a la pubertad y su relación con la eficiencia reproductiva de grupos raciales bovinos en el trópico colombiano. *Livestock Research for Rural Development* 18 (10) 2006.
- Hidalgo C. (1999) El futuro de la ganadería de carne en Costa Rica: La producción primaria. Memoria XI Congreso Nacional Agronómico. Costa Rica, 3: 539- 541
- Hall J.B., Staigmiller R.B., Bellows R.A., Short R.E., Moseley W.M., Bellows S.E. (1995). Body composition and metabolic profiles associated with puberty in beef heifers. *Journal Animal Science*; 73(11):3409-3420.
- McAndrews J. M., Stroud C. M., MacDonald R. D., Hymer W. C. and Deaver D. R.(1993). Age-related changes in the secretion of growth hormone in vivo and in vitro in infantile y prepubertal Holstein bull calves. *Journal of Endocrinology* 139: 307-315.
- Mukassa-Mugerwa E. (1989). A review of reproductive performance of female *Bos indicus* (zebu) cattle. ILCA Monografía No. 6 International Livestock Centre of Africa 117-125.
- Nešetřilová H. (2005). Multiphasic growth models for cattle. *Czech Journal Animal Science*, 50 (8): 347–354
- Padrón G. M. y Vaccaro R. (1987). Crecimiento de hembras pardo suizas bajo manejo intensivo. *Zootecnia Tropical* 5(1 y 2):77-93
- Vargas B y Ulloa J. (2008). Relación entre curvas de crecimiento y parámetros reproductivos en grupos raciales lecheros de distintas zonas agroecológicas de Costa Rica. *Livestock Research for Rural Development* 20 (7) s/p.
- Zarate M.J.P. y Vinay, V.J.C. (2004). Evaluación de dos modelos matemáticos para determinar el crecimiento de las hembras en un sistema de lechería tropical. *Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano*. Libro científico número 1. Veracruz, México. 359-366p.