

Factores que afectan la curva de lactancia de vacas mestizas en regiones tropicales.¹

Factors affecting the lactation curve in crossbred cows in tropical regions.

Alirio Barrios U.²
Edmundo Rincón²
Max Ventura²
Nelson Huerta²
Manuel Fondevila³
Joaquín C. E. Surra³

Resumen

Para estudiar la evolución de la curva de lactancia de vacas mestizas bajo condiciones tropicales, se utilizaron 730 registros de lactación de seis tipos raciales 5/8 y 1/2 de sangre Holstein, Pardo Suizo y Brahman, provenientes de la hacienda "La Esperanza" ubicada en el Distrito Perijá, Estado Zulia, Venezuela, la cual está dentro de una zona de vida "Bosque Seco Tropical" con una temperatura y precipitación promedio anual de 28°C y 1.100 mm respectivamente. Los registros mensuales de producción de cada lactancia fueron utilizados para estimar los parámetros "a", "b" y "c" de la curva $Y = at^b \text{Exp}^{-ct}$, a través de un análisis de regresión no lineal. Con los parámetros de cada curva se hizo un análisis de varianza, para estudiar el efecto de la raza, sistema de manejo, época de parto y número de partos sobre la forma de la curva. El parámetro "a" fue afectado significativamente ($P < .001$) por la raza, observándose valores superiores para animales mestizos Holstein (valores de a 10.83 y 10.36 para los 5/8 y 1/2 sangre respectivamente). El número de partos afectó significativamente a los parámetros "a" ($P < .001$), "b" ($P < .01$) y "c" ($P < .001$), presentando valores superiores a medida que aumentó el número de partos. La época del parto no afectó la forma de la curva.

Palabras claves: Curvas de lactancia, vacas mestizas, función gamma.

Recibido el 18-01-95 ● Aceptado el 20-03-96

1. Proyecto N° 1252-93 financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES).

2. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia. Apartado 15205, Maracaibo, ZU 4005, Venezuela.

3. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Zaragoza. Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, España.

Abstract

The evolution of the lactation curve in a tropical environment was studied using 730 data from cow of six different crossbred Holstein, Brown Swiss and Brahman, either at 1/2 or 5/8 crossing, from "La Esperanza" ranch of the University of Zulia (Venezuela), with annual average 28°C temperature and 1100 mm rainfall. Monthly milk production for each lactation were used to estimate parameters "a", "b", and "c" from the model: $Y = at^b \text{Exp}^{-ct}$ by non-linear regression. The effect of breed, management, calving season, and number of lactation over curve parameters were studied. Breed affected significantly ($P < .001$) parameter "a" rendering higher values for Holstein cows (average values of 10.83 and 10.36 for 5/8 and 1/2, respectively). Parameters "a", "b" and "c" increased significantly ($P < .001$, $P < .01$ and $P < .001$, respectively) with the number of lactation. Season of calving showed no effect on milk production.

Keys words: Lactation curve, cross breed, gamma function.

Introducción

Los registros de producción de leche proveen información útil para formular modelos matemáticos predictivos o estudiar los efectos de factores genéticos sobre la lactancia (18). La descripción de la curva de lactación es muy útil para entender mejor los sistemas de producción y para aplicaciones prácticas tales como, planificación y extensión de curvas de lactancia incompleta, lo cual resulta interesante para la selección de machos reproductores (13).

Wood (15, 16, 17) mostró que la curva tipo Gamma ($Y = at^b \text{Exp}^{-ct}$) describe convenientemente la relación entre la producción de leche diaria en el tiempo x y discute algunas propiedades de la curva. La relación (b/c) representa el punto de máxima producción de la curva y la relación $-(b+1) \log c$ ha sido propuesta para medir la persistencia (mantenimiento del pico de producción) (15). Bajo éste modelo, el punto de inflexión es

independiente de la escala del factor "a" y la forma de la curva es definida por los coeficientes "b" y "c" (17).

Cobby *et al.* (2) mostraron que la linearización del modelo propuesto por Wood (15), mediante la transformación logarítmica, puede dar una estimación poco ajustada de los parámetros de la curva de lactación y que el análisis de los datos sin transformar provee un mejor ajuste, pero requiere mayores recursos computacionales. Varios investigadores han utilizado técnicas de regresión no lineal obteniendo resultados satisfactorios (4, 8).

También han sido propuestas otras funciones para describir la forma de la curva, exponencial, parabólica, inversa polinomial (1, 6). Sin embargo la mayoría de estos trabajos se han realizado bajo condiciones templadas, razón por la cual, reviste gran importancia el estudio de la curva de lactancia bajo condiciones tropicales,

debido a que existen diferencias importantes en el comportamiento de

la curva de lactancia en animales bajo estas condiciones (12).

Materiales y métodos

Para estudiar la curva de lactancia de vacas mestizas bajo condiciones tropicales se utilizó la función gamma propuesta por Wood (15): $Y = at^b \text{Exp}^{-ct}$, en donde "Y", representa la producción de leche en el día "t" y "a", "b" y "c" son los parámetros de la curva estimados. El parámetro "a" está relacionado con la producción inicial, "b" con la pendiente de la curva antes del pico de máxima producción y "c" con la pendiente de la curva después del pico de producción (11). Para tal fin se utilizaron 730 registros de lactación (mínimo seis pesajes de leche) de vacas mestizas 1/2 Holstein (1/2 H), 1/2 Pardo Suizo (1/2 PS), 1/2 Brahman (1/2 B), 5/8 Holstein (5/8 H), 5/8 Pardo Suizo (5/8 PS), 5/8 Brahman (5/8 B), las cuales habían completado su lactación entre los años 1983 y 1991. El resto del componente genético era indefinido con predominancia del tipo "Mosaico Perijanero". El método de control lechero fue el "mes calendario", que establece que la producción de la leche del día de control se extrapole al total de días del mes en que se ha efectuado el control. Los registros fueron tomados de la hacienda "La Esperanza" ubicada en el Municipio Rosario de Perijá, Estado Zulia, Venezuela la cual se encuentra dentro de una zona de vida clasificada como "Bosque Seco Tropical", con una temperatura promedio anual de 28°C y una precipitación promedio anual de 1.100 mm, distribuidos en forma

bimodal, con dos picos máximos, en los meses de mayo y octubre. La alimentación de los animales fue a base de pastos, principalmente Guineá (*Panicum maximum*) y Survencla (*Digitaria xunfolosis*), así como heno de esta última, durante la época seca. En el sistema I (1974-1984) el rebaño de producción era suplementado con alimento concentrado de forma limitada y uniforme durante la época seca, y se ordeñaba con apoyo del becerro; mientras que en el sistema II (1985-1991) las vacas eran suplementadas de acuerdo a sus niveles de producción y el ordeño era sin apoyo del becerro.

Para estudiar el efecto de la época del parto, se establecieron cuatro épocas, las cuales presentan marcadas diferencias climatológicas (temperatura, humedad y pluviometría): Época I (enero-marzo), época II (abril-junio), época III (julio-septiembre) y época IV (octubre-diciembre). Teniendo una menor pluviometría las dos primeras y mayor las dos últimas, con un incremento en la humedad y temperatura en la época III.

En el estudio del efecto del número de partos sobre la curva de lactancia se establecieron cuatro clases: 1 parto (I), 2 partos (II), 3 partos (III) y más de 4 partos (IV).

Los parámetros que definen la curva de lactancia: "a", "b" y "c" fueron obtenidos mediante el ajuste de cada lactación separadamente, usando PROC NLIN, SAS con el método

Marquart's con un máximo de 50 interacciones y los criterios de convergencia standard (10). Posteriormente los parámetros de cada lactación fueron utilizados para hacer el análisis de varianza, usando el PROC GLM, por el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_{j(i)} + C_k + D_l + E_m + E_{ijklm}$$

donde:

Y_{ijklm} = parámetro "a", "b" ó "c".

μ = media de la población.

A_i = efecto de la i -ésima raza ($i=6$)

$B_{j(i)}$ = efecto del j -ésimo animal dentro de la i -ésima raza.

C_k = efecto de la k -ésima época de parto ($k=4$).

D_l = efecto del l -ésimo número de parto ($l=4$).

E_m = efecto del m -ésimo sistema de manejo ($m=2$).

E_{ijklm} = Error experimental

Resultados y discusión

Según los resultados del análisis de varianza (cuadro 1), el parámetro "a" es afectado en forma significativa ($P < .001$) por la raza, el número de partos y el sistema de manejo, mientras que los parámetros "b" y "c" sólo son afectados significativamente por el número de partos.

Efecto del tipo racial. Las vacas pertenecientes a los tipos

raciales 5/8 y 1/2 Holstein presentaron valores de "a" significativamente superiores ($P > .001$) 10.83 y 10.36 respectivamente (cuadro 2). Por esta razón los niveles de producción al inicio de la curva son superiores para estos. No se encontraron diferencias significativas para los parámetros "b" y "c", razón por la cual la forma de la curva es muy similar para todos los tipos

Cuadro 1. Análisis de varianza de los parámetros de la curva de lactancia $Y = at^b \exp^{-ct}$.

Fuentes de variación	gl	Cuadrados medios		
		a	b $\times 10^{-4}$	c $\times 10^{-5}$
Raza	5	90.18***	269	0.3
Animal (raza)	276	6.39***	144	0.2***
Nº de parto	3	57.79***	603**	0.5***
Sistema	1	99.51***	75	0.1
Epoca	3	6.47	197	0.1
Error	441	3.83	124	0.1

** Diferencia significativa ($P < .01$).

*** Diferencia significativa ($P < .001$).

Cuadro 2. Parámetros (*) de la curva para los distintos grupos raciales $Y=at^b \exp^{-ct}$.

Razas	Parámetros			N°
	a	b	c	
5/8 H***	10.83±0.312 ^{a***}	0.113±0.0014	0.0027±0.00017	81
5/8 PS	9.77±0.311 ^{bc}	0.115±0.0014	0.0027±0.00017	77
5/8 B	8.36±0.292 ^d	0.117±0.0014	0.0032±0.00016	87
1/2 H	10.36±0.209 ^{ab}	0.114±0.0009	0.0028±0.00012	202
1/2 PS	9.53±0.232 ^c	0.116±0.0010	0.0030±0.00013	213
1/2 B	8.36±0.315 ^d	0.117±0.0014	0.0031±0.00017	70

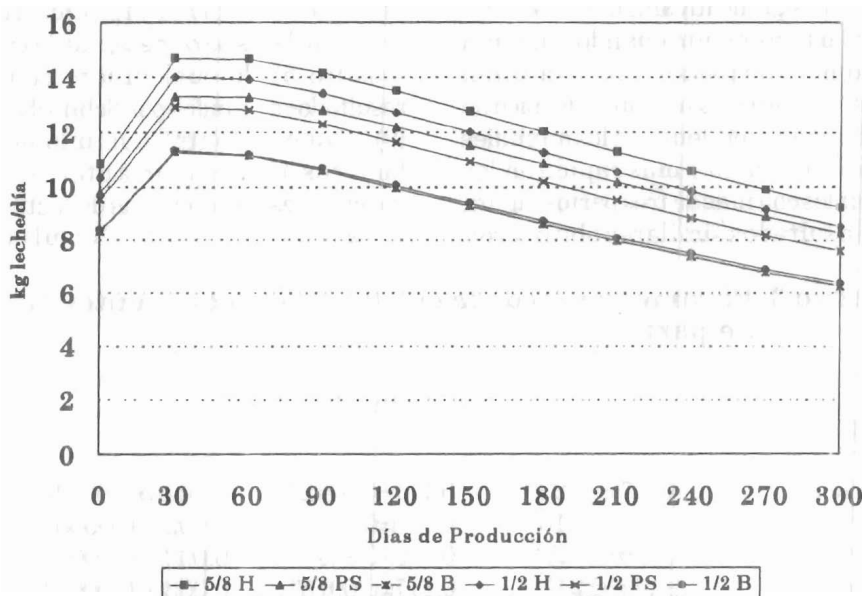
* Valores promedios estimados por mínimos cuadrados (LSM).

** Diferencia significativa (P<.001) para letras diferentes.

*** Raza Holstein (H), Pardo Suizo (PS), Brahman (B).

raciales, observándose el pico de producción entre los días 38 y 42 de lactación (figura 1). Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros

autores quienes señalan que en condiciones tropicales las vacas alcanzan picos de máxima producción en menor tiempo que bajo condiciones



Curvas ajustadas utilizando la función Wood $Y=at^b \exp^{-ct}$

Figura 1. Curvas de lactancia para los distintos grupos raciales.

templadas (12, 14).

En relación a la persistencia, la cual es explicada en gran medida por el parámetro "c", no se encontró diferencia significativa. Sin embargo, se observa una tendencia en las vacas Brahman a presentar un descenso más rápido después del pico de producción que las vacas Holstein y Pardo Suizo, ya que presenta valores de "c" superiores 0.0032 y 0.0031 para las vacas 5/8 y 1/2 Brahman respectivamente.

Efecto del número de partos.

En cuanto al número de partos, se aprecia claramente que a medida que aumenta el número de estos, los parámetros "a" y "b" incrementa en forma significativa (cuadro 3), lo cual está estrechamente relacionado con el incremento de los niveles de producción (5). El parámetro "c" también es afectado significativamente, observándose su incremento cuando aumenta el número de partos. Por esta razón existe un descenso después del pico de producción, más lento en los animales de primer parto y más rápido en los animales con más de tres partos (figura 2). Resultados similares obtuvieron

una máxima producción en la tercera lactancia y una mayor persistencia en la primera lactancia (3, 7, 13).

Efecto del sistema de manejo.

El sistema I presentó valores de "a" superiores al sistema II (cuadro 4). Esta diferencia a favor del Sistema I pudo ser debida a que uno de los criterios establecidos para la selección de las lactancias a estudiar (mínimo de 5 pesajes), determinó la escogencia de un mayor número de animales del tipo Brahman en el sistema II, los cuales por presentar curvas con valores de "a" significativamente inferiores pueden haber afectado negativamente a este sistema. Los parámetros "b" y "c" no fueron afectados en forma significativa por el sistema de manejo (figura 3).

Efecto de la época del parto.

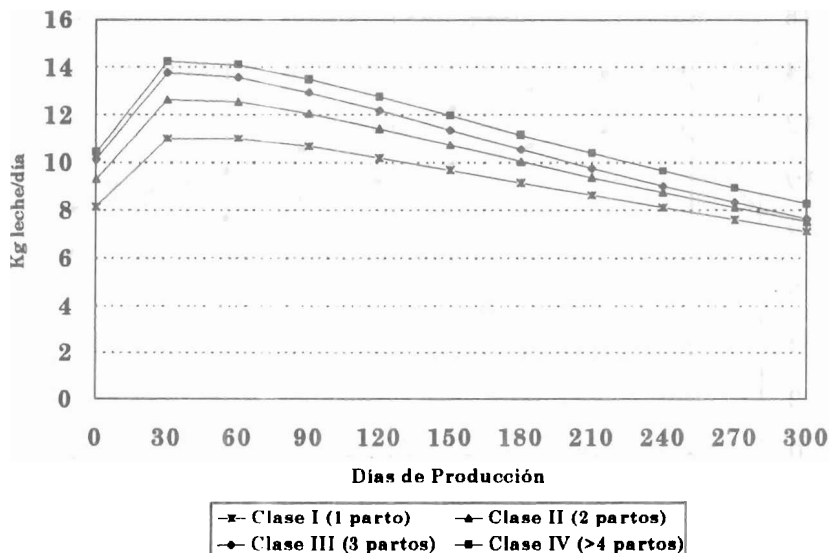
Las épocas de parto consideradas, no afectaron en forma significativa a ninguno de los parámetros de la curva (cuadro 5), lo cual difiere con los resultados obtenidos por Schneeberger (9), quien encontró que uno de los factores más importantes en las variaciones de las curvas de lactancia es la época de parto. Resultados

Cuadro 3. Parámetros (*) de la curva para las diferentes clases de parto.

Clases de parto	Parámetros			Nº
	a	b	c	
1 parto	8.17±0.228 ^{d**}	0.111±0.0012 ^b	0.0026±0.00010 ^c	211
2 parto	9.34±0.210 ^c	0.115±0.0011 ^{ab}	0.0029±0.00009 ^{cb}	150
3 parto	10.16±0.226 ^b	0.118±0.0012 ^a	0.0032±0.00010 ^{ab}	114
>4 parto	10.46±0.243 ^a	0.117±0.0013 ^a	0.0030±0.00011 ^{cb}	255

* Valores promedios estimados por mínimos cuadrados (LSM)

** Diferencia significativa (P<.001) para letras diferentes.



Curvas ajustadas utilizando la función Wood $Y=at \cdot \text{Exp}$

Figura 2. Efecto del número de partos sobre la curva de lactancia.

contrarios también han sido reportados con animales Criollo Limonero bajo condiciones tropicales, reportando que los valores de producción guardan estrecha relación con la precipitación (3). Encontraron valores de mayor producción en la época (octubre-diciembre), la cual se corresponde con

una mayor y mejor distribución de las precipitaciones. Esta diferencia probablemente se debe, a que en esta experiencia, hubo una mayor incidencia de partos en la época húmeda. Por tal motivo, la gran desigualdad en el número de animales por época, pudo haber enmascarado éste efecto.

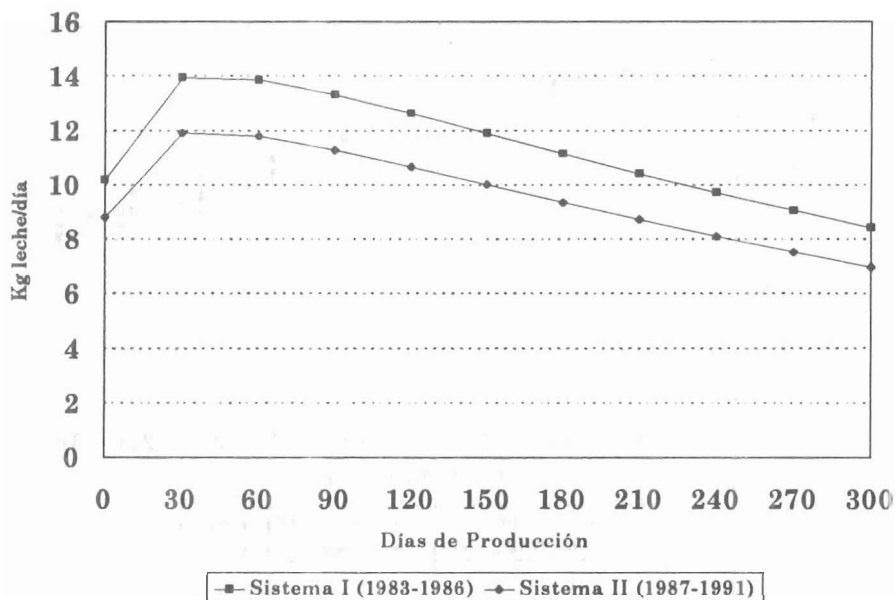
Cuadro 4. Parámetros (*) de la curva para los diferentes sistemas de manejo.

Sistema	Parámetros			Nº
	a	b	c	
I***	10.24±0.185 ^{a***}	0.116±0.0009	0.0028±0.00008	428
II	8.82±0.186 ^b	0.115±0.0009	0.0030±0.00008	302

* Valores promedios estimados por mínimos cuadrados (LSM)

** Diferencia significativa (P<.001) para letras diferentes.

*** Sistema I (1983-1986), sistema II (1987-1991).



Curvas ajustadas utilizando la función Wood $Y=at^b \text{Exp}^{-ct}$

Figura 3. Curvas de lactancia para los distintos sistemas de producción.

Cuadro 5. Parámetros (*) de la curva para las diferentes épocas de parto.

Épocas de parto	Parámetros			N°
	a	b	c	
I*	10.06±0.277	0.116±0.0015	0.0029±0.00011	101
II	9.32±0.255	0.116±0.0013	0.0030±0.00011	146
III	9.37±0.214	0.113±0.0011	0.0029±0.00009	228
IV	9.38±0.229	0.116±0.0012	0.0028±0.00280	255

*Valores promedio estimados por mínimos cuadrados (LSM).

** Época I (enero-marzo), II (abril-junio), III (julio-septiembre), IV (octubre-diciembre).

Literatura citada

1. Brody, S., A. C. Ragsdale, and C. W. Turner. 1923. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. *J. Gen. Physiol.* 5:441-444.
2. Cobby, J.M. and L. P. Le Du. 1978. On fitting curves to lactation data. *Anim. Prod.* 1978, 26:127-133.
3. Contreras, R. y E. Rincón. 1979. Curvas de lactancia de vacas Criollo Limonero en un ambiente de trópico húmedo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 5:458-467.
4. Dhanoa, M.S. and L. P. Le Du. 1982. A partial adjustment model to describe the lactation curve of a dairy cow. *Anim. Prod.* 1982, 34: 243-247.
5. Madalena, F.E., M. L. Martínez, y A. F. Freitas. 1979. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein-Friesian x Gir cows. *Animal Production* 26(1):101-107.
6. Nelder, J. A. 1966. Inverse polynomials, a useful group of multi-factor response functions. *Biometrics*. 22: 128-141.
7. Pozzo, L.A. y J. C. Mombelli. 1985. Curvas de lactancia en función de época de parición y número de lactancias. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 5:617-628.
8. Schaeffer, L.R., C. E. Minder, I. McMillan, and Burnsidi. 1977. *J. Dairy Sci* 60:1636-1644.
9. Schneeberger, m. 1979. The influence of inheritance and environment on the shape of the lactation curve in Brown Swiss cattle. *J. Dairy Sci.* 62: 185. Abstract.
10. Statistical Analysis Systems Institute. 1985. SAS user's guide: statistics, version 5 edition. SAS Institute Cary, NC.
11. Strandberg, E. and Lundberg, C. 1991. A note on the estimation of environmental effects on lactation curves. *Anim. Prod.* 53:399-402.
12. Vega, P.C. 1963. Estudio preliminar de la curva de lactancia en ganado criollo. *Agronomía Tropical*. 13:33-81.
13. Wayne, D., N. Scott and J. Ortega. 1977. Estimating Holstein Lactation Curves with a Gamma Curve. *J. Dairy Sci.* 60:1308-1315.
14. Wilson, P.N. and T. R. Houghton. 1962. The development of the herd of holstein-zebu cattle at Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad: *empire J. of Exp. Agr.* 30:159.
15. Wood, P. D. P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature, Lond.* 216: 164-165.
16. Wood, P. D. P. 1968. Factors affecting persistency of lactation in cattle. *Nature, Lond.* 218: 894.
17. Wood, P.D.P. 1976. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production, with estimates of seasonal variation. *Anim. Prod.* 22:35-40.
18. Zaniboni, C. M., J. J. Wilberger, C. R. Stritzler y E. Viglizzo. 1983. Análisis de sistemas de producción lechera en la región semiárida pampeana. I. Estudio de curvas de lactancia como diagnóstico del estado nutricional de vientres lecheros. *Producción Animal (Buenos Aires)* 10: 509-520.