

FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA CURVA DE LACTANCIA EN VACAS SUIZO PARDO EN CLIMA SUBTROPICAL ^a

José R. Galavíz Rodríguez ^b

Carlos G. Vásquez Peláez ^c

Felipe de J. Ruiz López ^c

Juvenio Lagunes Lagunes ^d

René Calderón Robles ^b

Jorge Rosete Hernández ^b

RESUMEN

Galavíz R J R, Vásquez P C G, Ruiz L F de J, Lagunes L J, Calderón R R, Rosete H J. *Téc. Pecu. Méx.* Vol 36 No 2 1998. pp.163-171. Con objeto de estimar los efectos ambientales que modifican la curva de lactancia en vacas Suizo Pardo en clima subtropical Af(c), se analizaron 15,757 pesajes semanales, correspondientes a 366 lactancias completas, en un modelo no lineal de la forma $y_t = a_t b e^{ct}$, donde y_t representa la producción de leche a la semana t . Los estimadores de los parámetros de la curva de lactancia fueron $a=4.58$; $b=0.0675$ y $c=0.020$, estimándose el pico de producción promedio a las 5.53 semanas. Los efectos ambientales de número de lactancia (1a, 2a, 3a, 4a, y 5a o mayor) y época (crítica: noviembre a marzo; no crítica: abril a octubre) de parto, fueron estadísticamente significativos ($p < 0.01$) sobre los parámetros de escala (a) y persistencia. La persistencia fue 1.16% menor en vacas que parieron durante la época crítica. El parámetro pre-pico (b) solo estuvo afectado por la época de parto ($p < 0.01$). El efecto de época de parto sobre la forma de la curva enfatiza la necesidad de un manejo diferencial, dependiendo de la época de parto para este tipo de explotaciones.

PALABRAS CLAVE: Curva de lactancia, Bovinos Suizo pardo, Producción de leche.

La evaluación genética del ganado productor de leche se inició como una simple comparación de compañeras de hatos para la característica de producción total de leche, sin embargo, ha sido necesario que esta evaluación evolucione de acuerdo a las necesidades de la industria lechera, incorporando en los programas de mejoramiento otras características económicamente importantes, tales como: producción de grasa, proteína, sólidos, facilidad de parto, conformación, entre otras (1).

De igual manera, ha sido necesario

desarrollar metodología de evaluación para la selección de machos y hembras e incorporar la corrección de efectos ambientales a estos procesos de evaluación, pasando desde métodos estadísticos simples hasta lo que ahora se reconoce como modelo animal, el cual realiza la estimación genética con mayor precisión, pudiendo realizar comparación de individuos entre hatos, estados, países y generaciones.

Producción de leche ha sido considerada como una de las características económicas de mayor importancia. La forma o curva de lactancia, también ha sido estudiada en sus componentes de pico y persistencia. El conocimiento y estimación de ésta forma ha permitido mejorar la producción láctea, modificando los sistemas de manejo y alimentación de

Recibido el 18 de marzo de 1997 y aceptado para su publicación el 4 de marzo de 1998.

Campo Experimental "Las Margaritas" INIFAP-SAGAR, A.P.20; C.P. 73800; Teziutlán, Puebla.

Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal. INIFAP-SAGAR. A.P. 2-29; C.P. 76020; Querétaro Qro.

Campo Experimental "La Posta". INIFAP-SAGAR. A.P. 898, Suc. A; C.P. 91700; Veracruz, Ver.

acuerdo a los diferentes períodos de la lactancia y utilizando la forma de la curva como criterio de selección en los programas de mejoramiento animal (2).

Para la estimación de la curva de lactancia se han propuesto diferentes modelos no lineales, como la función gama incompleta propuesta por Wood (3), la cual ha sido explorada y detallada en una serie de trabajos (4,5,6,7,8) y otras funciones derivadas de ésta, como la compuesta combinando la función gama incompleta con los efectos de estación y concepción (9), la cual se supone es menos afectada por los efectos ambientales que la función gama incompleta sola o la distribución parabólica exponencial (10). A este respecto, se realizó un estudio (11) donde se evaluaron ocho diferentes funciones tanto lineales como no lineales en curvas de producción de ganado Angus, Suizo Pardo y cruza entre ellos, concluyendo que la estimación a partir de la distribución gama incompleta es el modelo no lineal más adecuado en las razas puras. La misma conclusión fue presentada en otro estudio (12) donde se compararon cuatro diferentes funciones en la curva de lactancia en ganado de carne.

La función gama incompleta está representada como:

$$y_t = a, b e^{-bt}$$

donde y_t es la producción de leche a un tiempo t ; a , b , y c , son los parámetros que describen la forma de la curva y e es el logaritmo natural.

Los parámetros b y c son los estimadores de antes y después del pico de producción respectivamente, y el valor de a es un factor de escala de la curva. A partir de esta función, el pico de producción puede

ser estimado como la relación (b/c) y la producción al pico puede ser estimada como (3):

$$s = -(b+1)\log(c)$$

notándose que cuando c es menor que 0, la persistencia no es estimable y que cuando además b es menor que 0 la función no tiene pico de producción.

Con respecto al medio ambiente, se han informado en ganado Holstein Friesian en Portugal (2) efectos de número de lactancia sobre producción de leche, pico de lactancia y persistencia a diferentes días de producción, observándose también efectos sobre los parámetros que describen la curva de lactancia; mientras que el valor pos-pico (c) no se vio afectado por época, los valores de a y b si lo estuvieron.

En ganado Holstein Friesian en México (13), se han mostrado efectos ambientales de hato, año de parto, número de lactancia y la interacción de mes de parto por número de lactancia sobre los parámetros de la distribución gama incompleta, así como sobre el pico de lactancia.

Resultados utilizando la función gama incompleta en ganado Holstein puro o con alto grado de absorción en Brasil (14), concluyeron la existencia de efectos ambientales que modifican los parámetros que describen la forma de la curva de lactancia, siendo el efecto de año de parto el que afectó al parámetro b , pico de producción y producción máxima, mientras que el número de lactancia afectó a los parámetros a y c .

La mayor parte de los trabajos conocidos en lo que a estimación de curvas de

lactancia se refiere, han sido realizados con animales altamente especializados en condiciones climáticas templadas y bajo sistemas de explotación intensiva, lo que hace necesario que se estimen las curvas en poblaciones de ganado en sistemas de doble propósito en climas subtropicales.

El conocimiento de los factores que influyen sobre la forma de la curva, nos permitirá determinar la necesidad de contar con factores de extensión y ajuste diferenciales, dependiendo de variables medio-ambientales. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue estimar el efecto de los factores ambientales sobre los componentes de la curva de lactancia bajo una función gama incompleta, en vacas de doble propósito de la raza Suizo Pardo en clima subtropical.

El estudio se realizó con los registros de producción semanal de 366 lactancias de vacas Pardo Suizo, del modulo "Santa Elena" del Centro Experimental "Las Margaritas", perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias SAGAR, localizado en el municipio de Hueytamalco, Pue. a los 19°45' latitud norte, 97° 20' longitud oeste, a 500 msnm, con clima Af(c) de acuerdo a la clasificación de Köepen, modificado por García (15), la temperatura media anual es de 21C con un promedio de 30 C durante el verano y 8 C durante el invierno, la humedad relativa es del 90% y la precipitación pluvial es de 3000 mm anuales. La alimentación se realizó con base en pastoreo rotacional en praderas de zacate Estrella de Africa (*Cynodon plectostachyus*), suplementando al ganado con 3.5 kg/vaca/día de concentrado durante los primeros cinco

meses en producción o con 2.6 kg/vaca/día de concentrado durante el resto de la lactancia. Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día. Los detalles de manejo, sanidad, alimentación y ordeña en este hato han sido previamente descritos (16).

Para el presente estudio, debido a la variabilidad en la disponibilidad de forraje a lo largo del año, la información se clasificó en dos épocas; época crítica (EC) que comprendió los meses de noviembre a marzo y época no crítica (ENC) de los meses de abril a octubre, es conveniente aclarar, que durante la EC las vacas en ordeña recibieron suplemento consistente en 15 kg/día de caña japonesa (*Saccharum sinense*) para contrarrestar las condiciones adversas del ambiente (16).

Con objeto de conocer el efecto de algunos factores ambientales que influyen sobre la producción semanal de leche, se utilizó un modelo lineal de efectos fijos, considerando año (A=1980 a 1984), época (E = EC, ENC) y número de parto (L=1, 2, 3, 4, y 5 o más lactancias), la interacción entre L y E, e incluyendo las semanas en producción (t) como covariable en sus formas lineal, cuadrática y cúbica, por lo que el total de la variación quedó representado bajo el modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + A_i + L_j + E_k + LE_{jk} + \beta_1 n_l + \beta_2 n_l^2 + \beta_3 n_l^3 + \varepsilon_{(ijk)l}$$

donde μ representa a la media poblacional, A representa al efecto de año ($i=1, 5$), L al efecto de lactancia ($j=1, 5$), E al efecto de época ($k=1,2$) y β_1, β_2 y β_3 son los coeficientes de regresión para la covariable

semanas en producción (n) en sus formas lineal, cuadrática y cúbica, respectivamente, y $\varepsilon_{(ijk)l}$ es el error aleatorio NID ($0, \sigma^2$).

La estimación de los parámetros de la curva de lactancia se realizó bajo un modelo no lineal de la distribución gama incompleta previamente descrito, considerando para su estimación solo aquellas lactancias con una duración de 36 ± 4 semanas de producción. Con esta restricción se analizó la información de 308 lactancias, la cual fue ajustada por año de parto (año base = 1984) utilizando el modelo lineal de efectos fijos anteriormente descrito. Se analizaron 62, 53, 55, 64 y 74 lactancias, de la 1 a la 5a. respectivamente. Los factores de corrección para año de parto fueron: 13.81, 6.97, 4.59, y -.48, para los años 80 a 83 respectivamente.

Para la estimación de los factores ambientales (E y L) sobre los parámetros a, b, y c de la función gama incompleta linearizada, pico de producción y persistencia, se utilizó un modelo de efectos fijos. El análisis de la información se realizó utilizando el sistema SAS en su rutina GLM (17).

El análisis descriptivo mostró que en esta información, el primer parto se presentó a una edad de 35 ± 1.06 meses. El peso al parto y la duración de la lactancia promedio fueron de 488 ± 2.85 kg y 22 ± 0.3 semanas, respectivamente.

El Cuadro 1, muestra las medias de cuadrados mínimos para los efectos ambientales de año, época y número de parto sobre producción total de leche. Se observaron efectos estadísticamente

significativos de año de parto, número de lactancia, época de parto, la interacción número de lactancia y época de parto ($p < .01$). El efecto de la semana de producción sobre la producción de leche fue cúbico ($p < .01$).

Con respecto al efecto año, se observó un incremento en la producción de leche a través de los años en estudio, lo que se corrobora con los factores de corrección estimados. Aún cuando los animales fueron suplementados, se observó una disminución de 2.92 l/semana durante la época crítica. El efecto de número de lactancia muestra un comportamiento cuadrático en producción de leche, estabilizándose durante las lactancias 4 y 5. La Gráfica 1 muestra la interacción entre época de parto y número de lactancia, donde aunque el efecto de L sigue la misma tendencia en ambas épocas de parto, los cambios entre los diferentes niveles de L son más pequeños durante EC.

De las 308 lactancias entre 32 y 40 semanas de duración, 229 presentaron pico de producción y se pudo calcular la persistencia de la lactancia en 290 de las mismas. Los estimadores de los coeficientes de la curva de lactancia de acuerdo a la función gama incompleta utilizando toda la información fueron: $a = 4.58 \pm .014$; $b = 0.06 \pm .007$; $c = 0.02 \pm .0008$; obteniéndose el pico de producción promedio a las 5.53 semanas y una persistencia promedio del 71.5%.

Cuando se analizaron los efectos ambientales sobre los parámetros de la curva, el parámetro a estuvo influenciado por el número de lactancia y por la época

de parto ($p < .01$) pero no por la interacción entre éstos ($p > .10$), el parámetro b sólo estuvo influenciado por la época de parto ($p < .01$), y el parámetro c no estuvo afectado por ninguno de los factores en estudio ($p > .05$). Los resultados se detallan en el Cuadro 2. Al analizar las lactancias que presentaron pico de producción y/o persistencia no se encontró efecto de número de lactancia o de época sobre el pico ($p > .10$) aunque ambos factores influyeron sobre la persistencia de la lactancia ($p < .01$), resultados que se presentan en el Cuadro 3.

La Gráfica 2 presenta las curvas de lactancia promedio para cada uno de los números de lactancia estudiados.

Ha sido ampliamente informado en la literatura cómo los efectos ambientales afectan características productivas. Resultados semejantes a los de este estudio han sido informados por Becerril *et al.* (18), que utilizando ganado de la misma raza que en este estudio y en condiciones de trópico, encontraron que el efecto de año fue importante sobre producción total. Falcón y Pérez (19) señalaron además un efecto de número de lactancia sobre producción total de leche en ganado similar en condiciones de trópico seco.

Con respecto al pico de producción, es importante resaltar la diferencia de este estudio con el presentado por Fomperosa *et al.* (20) en una comparación de dos sistemas de producción (estabulado y semiestabulado) con ganado Suizo Pardo en clima tropical, observando que ningún grupo manifestó el incremento inicial de producción para llegar al llamado pico de producción y si hubo en cambio, una

producción tope desde el inicio que se mantuvo durante las primeras 4 a 5 semanas, para luego declinar paulatinamente, lo cual no corresponde a lo observado en este estudio. Aunque las primeras lactancias son poco pronunciadas (Gráfica 2), en todas es detectable un pico de producción que oscila entre la semana 2 y la semana 6 en producción.

Por otro lado, Treviño (21) en clima y razas semejantes a las de este estudio, tampoco informó la manifestación de un pico de producción, observando una producción inicial de 13.4 kg durante los primeros 21 días, estimación que está de acuerdo con las producciones encontradas en este estudio.

Con respecto al efecto ambiental sobre los parámetros de la distribución de la curva de lactancia, este estudio concuerda con lo presentado por varios autores (10, 13, 14), quienes observaron efectos de año y número de lactancia, independientemente de la raza utilizada. Es de notarse que en este estudio la época de parto influyó sobre el factor de escala de la curva y sobre la porción pre-pico, pero el número de lactancia sólo afectó el factor de escala de la misma.

El efecto de época de parto sobre la forma de la curva implica que, aunque el manejo diferencial entre épocas incluyó suplementación alimenticia en la época crítica, éste fue insuficiente para eliminar el efecto de la época de parto, lo que a su vez enfatiza la necesidad de un manejo diferencial, dependiendo de la época de parto para este tipo de explotaciones.

Cuadro 1. Medias de cuadrados mínimos de los efectos de año, época y número de lactancia y coeficientes de regresión para semanas en producción sobre la producción de leche por semana en vacas de raza Suizo Pardo en clima tropical subhúmedo.

Fuente de variación	Nivel	Media
Año (A)	1980	67.34 ^a
	1981	74.18 ^b
	1982	76.56 ^c
	1983	81.63 ^d
	1984	81.15 ^d
Epoca (E)	Crítica	74.71 ^a
	No Crítica	77.63 ^b
Número de lactancia (L)	1	62.77 ^a
	2	75.12 ^b
	3	78.82 ^c
	4	82.15 ^d
	5 o más	82.00 ^d
Semanas	lineal	-1.306**
	Cuadrático	0.002
	Cúbico	0.0005**

a,b,c,d medias con diferente literal dentro de factor son estadísticamente diferentes ($p < .01$); ** ($p < 0.01$).

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos para los efectos de época de parto y número de lactancia sobre las estimaciones de los coeficientes a y b de la curva de lactancia.

Fuente de variación	Coeficiente a		Coeficiente b	
	media	e.e.	media	e.e.
Epoca				
Crítica	4.50 ^a	.018	0.093 ^a	.011
No crítica	4.64 ^b	.016	0.047 ^b	.010
Número de lactancia				
1	4.41 ^a	.027	0.056	.016
2	4.56 ^b	.029	0.049	.018
3	4.58 ^{bc}	.028	0.093	.017
4	4.62 ^{bc}	.027	0.062	.017
5 o mayor	4.65 ^c	.025	0.091	.015

a,b,c medias con diferente literal dentro de factor son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). e.e. = error estándar.

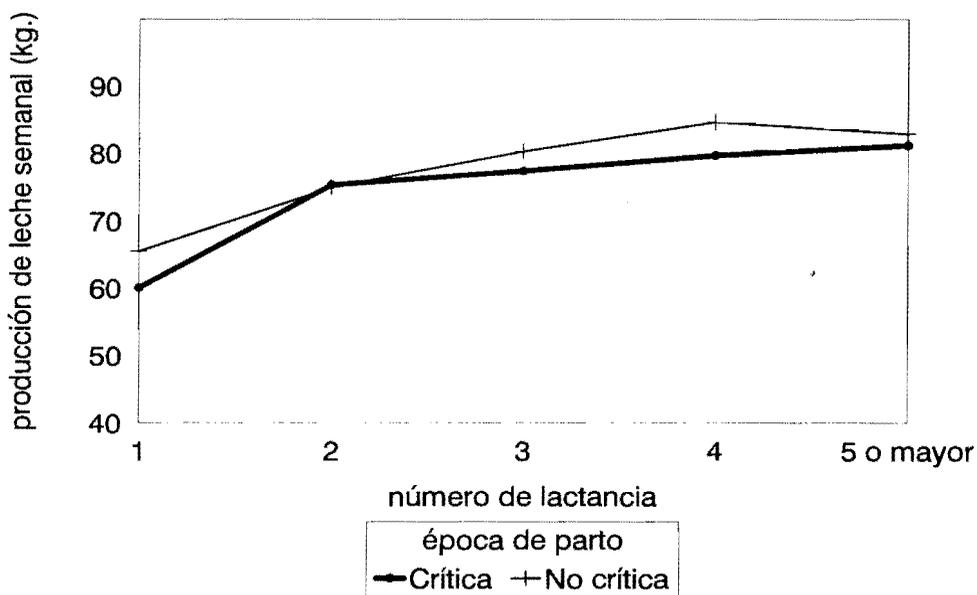
FACTORES AMBIENTALES LACTANCIA SUIZO-PARDO SUBTROPICO

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos para los efectos de época de parto y número de lactancia sobre la persistencia de la misma.

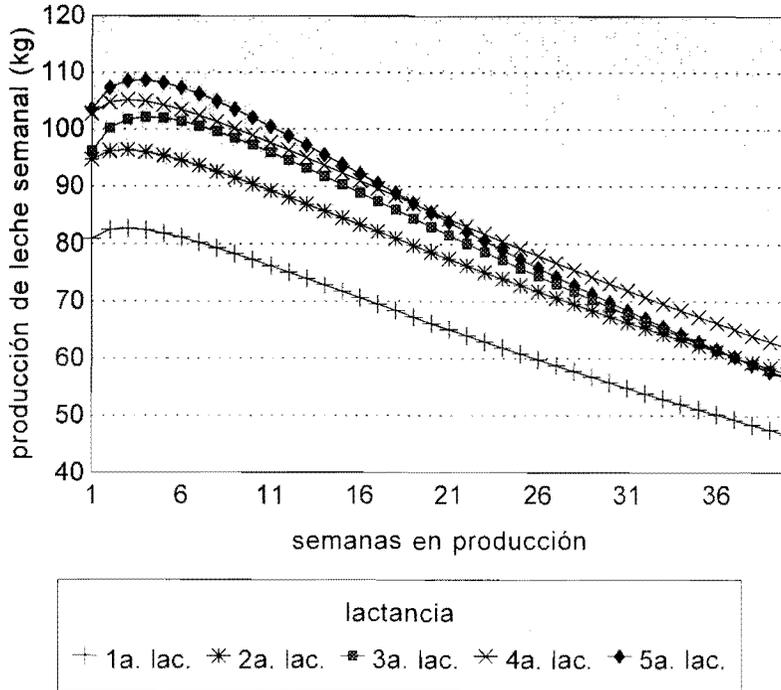
Fuente de variación	Media	e.e.
Epoca		
Crítica	4.38 ^a	.038
No crítica	4.22 ^b	.034
Número de lactancia		
1	4.29 ^{ab}	.055
2	4.36 ^b	.060
3	4.27 ^{ab}	.058
4	4.42 ^b	.058
5 o mayor	4.16 ^a	.051

^{a,b,c} medias con diferente literal dentro de factor son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). e.e. = error estándar.

GRAFICA 1. PRODUCCION PROMEDIO DE LECHE POR SEMANA DE ACUERDO AL NUMERO DE LACTANCIA Y EPOCA DE PARTO.



GRAFICA 2. CURVAS DE LACTANCIA PROMEDIO EN VACAS DE RAZA SUIZO PARDO EN CLIMA SUBTROPICAL.



SUMMARY

ENVIRONMENTAL FACTORS THAT AFFECT THE LACTATION CURVE OF BROWN SWISS COWS IN SUBTROPICAL CLIMATES

Galavíz R J R, Vásquez P C G, Ruiz L F de J, Lagunes L J, Calderón R R, Rosete H J. *Téc. Pecu. Méx.* Vol 36 No 2 1998. pp.163-171. In order to estimate the environmental factors that modify lactation curves of Brown Swiss cows in subtropical climates Af(c), 15,757 weekly milk weights of 366 lactations were analyzed with a non-linear model of the form $y_t = a \cdot e^{-bt}$, where y_t represents milk yield of week t . Estimates of the lactation curve parameters were $a=4.58$; $b=0.0675$ and $c=0.020$, with peak production at 5.53 weeks. Effects of lactation number (first through fifth and older) and freshening season (critical: november-march; non-critical: april-october) were statistically significant ($p < 0.01$) for the parameter scale (a) and persistency. Persistency was 1.16% lower in cows that freshened during the critical season. Pre-peak parameter (b) was only affected by season of freshening ($p < 0.01$). The effect of season of freshening emphasizes

the need of a differential management systems according to the season for this type of enterprises.

KEY WORDS: Lactation curve, Brown Swiss Cattle, Milk production.

REFERENCIAS

1. Robison J A B, Chesnais J P, Abraham P A, Osterhout T D, Luu D K. Canadian Genetic evaluation for dairy cattle production traits. *WCGALP* 1994;(17)38.
2. Gama L T, Carolino R N, Cruz A A, Carolino M I. Genetic parameter estimates for shape of the lactation curve in dairy cattle. *WCGALP* 1994;(17)132.
3. Wood P D P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature Lond.* 1967;(216)164.
4. Wood P D P. Factors affecting persistency of lactation in cattle. *Nature Lond.* 1968;(218)894.

FACTORES AMBIENTALES LACTANCIA SUIZO-PARDO SUBTROPICO

5. Wood P D P. Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. *Anim. Prod.* 1969;(11)307.
6. Wood P D P. The relationship between the month of calving and milk production. *Anim. Prod.* 1970;(12)253.
7. Wood P D P. Algebraic models of lactation curves for milk, fat and protein production with estimates of seasonal variation. *Anim. Prod.* 1976;(22)35.
8. Wood P D P. Breed variations in the shape of the lactation curve of cattle and their implications for efficiency. *Anim. Prod* 1980;(33)133.
9. Strandberg E, Lundberg C. A note on the estimation of environmental effects on lactation curves. *Anim. Prod.* 1991;(53)399.
10. Neiga R D, Lopes M A, Neiva R S, Silva A R P, Junqueira L V, Nogueira J L. Aplicação da função exponencial parabólica no estudo da curvas de lactação de vacas de raça Holandesa e suas mestiças (Holandês X Sindi). XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. México. 1994:272.
11. Ramírez R, Ramírez G, Nuñez-Domínguez R. Comparison of equations and estimation procedures of lactation curves in Angus, Brown Swiss and their crosses. *WCGALP* 1994;(17)136.
12. Hohenboken S W D, Dudley A, Moody D E. Una comparación entre ecuaciones para caracterizar curvas de lactación en vacas. *British. Soc. of Anim. Prod.* 1992;(55)23.
13. Gutiérrez H S, Apodaca S C. Efectos ambientales sobre los coeficientes de la ecuación de Wood y los componentes de la curva de producción de leche en vacas Holstein. XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. México. 1994:664.
14. López M A, Neiva R S, Valente J, Martínez M L, Freitas A F, Veiva R D, Silva A R P. Aplicação da função tipo gama incompleta no estudo da curva de lactação da vacas da raça Holandesa variedade Preto e Branco. XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. México. 1994;272.
15. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen. UNAM. 1988.
16. Calderón R R C, González O A, Toledo C F, Rojas B E, Herrera S J. III. Fase de Desarrollo. En Barradas L H, Castillo R H, Galaviz R J R, Ortiz O G. (eds.) Módulo de Producción de leche "Santa Elena" con ganado suizo pardo en pastoreo. 5ª. Demostración. INIFAP- SARH 1987.
17. SAS Institute Inc., SAS/STAT User's Guide Version 6, Edition, Vol. 2 Cary NC 1994.
18. Becerril P C M, Roman P H, Castillo R H. Comportamiento productivo de vacas Holstein, Suizo Pardo y sus cruzas con cebú F1 en clima tropical. *Téc. Pecu. Méx.* 1981:40:16.
19. Falcón N A, Pérez M D. Estudio sobre algunos factores que afectan la producción de leche en vacas Holsteín y Suizo Pardo en clima tropical seco. VIII Congreso Nacional de Buiatria. México. 1982:73.
20. Fomperosa H C, Barradas H V, Roman HP. Comparación de dos sistemas de producción de leche con ganado Suizo Pardo en clima tropical. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. México. 1982:459.
21. Treviño T R, Garza T R, Monroy L J, González P M A. Producción de leche en pastoreo rotacional intensivo y semi intensivo de Ferrer con vacas Suizo Pardo, Holstein y cruzas Holstein x Cebú. *Téc. Pecu. Mex.* 1981:7:15.