

Estimación de las curvas de lactancia en ganado Holstein y BON x Holstein en trópico alto colombiano*

Jhon J Cañas A **, Luis F Restrepo B ***, Jorge Ochoa S ****, Alex Echeverri *****,
Mario Cerón-Muñoz* *****.

Resumen

Introducción. Los cambios en la producción de leche en un tiempo determinado pueden ser representados gráficamente por una curva de lactancia que permite la caracterización de los diferentes sistemas productivos. **Objetivo.** Estimar curvas de lactancia en ganado Holstein y Holstein x BON por medio del modelo Gamma Incompleto y explicar el efecto del grupo genético y algunos factores ambientales sobre los coeficientes de la curva de lactancia. **Materiales y métodos.** Se utilizaron 1835 datos de producción de leche de las dos primeras lactancias de 23 vacas. Se determinó el efecto de la raza, el parto y la época sobre los diferentes coeficientes estimados a partir del modelo Gamma Incompleto y otras características productivas y reproductivas de interés. **Resultados.** Entre los grupos raciales se encontraron diferencias significativas para las características: producción inicial, producción total, duración de la lactancia, producción de leche en el pico y en la semana 33, producción por día, pendiente o grado de inclinación posterior al pico, número de semanas por encima de 15 litros, intervalo entre partos y producción de leche por día de intervalo entre partos ($P < 0.05$). Entre partos se presentó diferencia significativa en las características producción inicial, desaceleración de la curva, producción de leche en el pico, producción por día, pendiente o grado de inclinación posterior al pico, persistencia, porcentaje de persistencia y número de semanas por encima de 15 litros ($P < 0.05$). Entre las épocas no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$), a excepción del número de semanas por encima de 15 litros ($P < 0.05$).

Conclusión. Los coeficientes estimados a partir del modelo Gamma Incompleto están altamente influenciados por el grupo genético, por el número de partos, y en menor medida por la época climática.

Palabras clave: Bovinos, cruzamiento, producción de leche, curvas de lactancia.

Lactation curves in Holstein and BON x Holstein dairy cattle in Colombian high tropic

Abstract

Introduction. Changes in milk production in a given time can be graphically represented by using a lactation curve, which allows the characterization of the different production systems. **Objective.** To estimate lactation curves in Holstein and BON x Holstein cattle by using the Incomplete Gamma model and explain the effects of the genetic group and of some environmental factors on the coefficients of the lactation curve. **Materials and methods.** 1835 milk production records from the first and second lactations of 23 cows were used. The effects of the race, the birth and the time on the different coefficients estimated from the Incomplete Gamma model and other production and reproduction characteristics of interest were determined. **Results.** Significant differences among the racial groups were evident for the following characteristics: Initial production, total production, duration of the lactation period, milk production at the peak and in the 33rd week, production per day, post-peak slope, number of weeks

* Artículo derivado del proyecto: "Evaluación genética para calidad de leche y reproducción de bovinos Holstein y evaluación de animales cruzados de Holstein Jersey y BON en Antioquia", realizado entre abril y julio 2008 en la Hacienda: "La Montaña" Universidad de Antioquia – Colombia y financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Fondo Nacional del Ganado – Universidad de Antioquia – Corporación Antioquia Holstein.

** Estudiante de Maestría en Ciencias Animales. Universidad de Antioquia. Grupo de Investigación en Genética y Mejoramiento Animal, Facultad de Ciencias Agrarias e Instituto de Biología, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Correo electrónico: jhonjacoboa@agronica.udea.edu.co Proyecto 2007-07813-699 Ministerio de Agricultura – Universidad de Antioquia – Corporación Antioquia Holstein.

*** Profesor titular. Estadístico, especialista en el estado del bioma. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, AA 1226, Medellín, Colombia.

**** Zootecnista. Profesor titular, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, AA 1226, Medellín, Colombia.

***** Zootecnista. Profesor titular, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, AA 1226, Medellín, Colombia.

***** Zootecnista, PhD en Mejoramiento Animal. Jefe del Centro de Investigaciones Agrarias. Grupo de Investigación en Genética y Mejoramiento Animal, Facultad de Ciencias Agrarias e Instituto de Biología, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

with production above 15 liters, calving interval and the milk production per day of calving interval ($P < 0.05$). In the calving interval there was a significant difference in the characteristics: Initial production, deceleration of the curve, peak milk production, production per day, post-peak slope, persistence, persistence percentage and number of weeks with a production above 15 liters ($P < 0.05$). **Conclusion:** The coefficients estimated by using the Incomplete Gamma model are highly influenced by the genetic group, the number of births and, in a lower measure, by the weather.

Keywords: Cattle, crossbreeding, lactation curves.

Estimación das curvas de lactância em gado Holstein e BON x Holstein em trópico

Resumo

Introdução. As mudanças na produção de leite num tempo*alto colombiano determinado podem ser representados graficamente por meio de uma curva de lactância, que permite a caracterização dos diferentes sistemas produtivos. **Objetivo.** Estimar curvas de lactância em gado Holstein e Holstein x BON por meio do modelo Gamma incompleto e explicar o efeito do grupo genético e de alguns fatores ambientais sobre os coeficientes da curva de

lactância. **Materiais e Métodos.** Utilizaram-se 1835 dados de produção de leite das duas primeiras lactâncias de 23 vacas. Determinou-se o efeito da raça, o parto e a época sobre os diferentes coeficientes estimados a partir do modelo Gamma incompleto e sobre outras características produtivas e reprodutivas de interesse. **Resultados.** Entre os grupos raciais se encontraram diferenças significativas para as características: produção inicial, produção total, duração da lactância, produção de leite no bico e na semana 33, produção por dia, a brinco ou grau de inclinação posterior ao bico, o número de semanas acima de 15 litros, o intervalo entre partos e a produção de leite por dia de intervalo entre partos ($P < 0.05$). Entre partos se apresentou diferença significativa nas características produção inicial, desaceleração da curva, produção de leite no bico, produção por dia, a brinco ou grau de inclinação posterior ao bico, persistência, percentagem de persistência e o número de semanas acima de 15 litros ($P < 0.05$). Entre as épocas não se apresentaram diferenças significativas ($P > 0.05$), a exceção do número de semanas acima de 15 litros ($P < 0.05$). **Conclusão.** Os coeficientes estimados a partir do modelo Gamma Incompleto estão altamente influenciados pelo grupo genético, pelo número de partos, e em menor medida pela época climática.

Palavras chaves: Bovinos, cruzamento, produção de leite, curvas de lactância.

Introducción

La curva de lactancia ha sido descrita por medio de diferentes funciones matemáticas que explican los cambios en la producción de leche en un tiempo determinado¹. La elaboración de curvas de lactancia permite la caracterización de los sistemas de producción y su aplicabilidad se puede dar en diferentes prácticas de alimentación, reproducción y mejoramiento animal².

El modelo matemático más utilizado para describir los patrones de producción de leche a través de la lactancia es el propuesto por Wood (1967)³, el cual permite la estimación de diferentes coeficientes que pueden ser interpretados biológicamente¹. Cada uno de estos coeficientes está fuertemente influenciado por factores genéticos y ambientales que intervienen en la producción de leche, entre los más destacados están: la raza, el número de partos y el año y mes de parto^{2,4}.

En Colombia son escasos los trabajos que caracterizan las curvas de lactancia en ganados de cruces BON por Holstein que permitan determinar las bondades de las razas involucradas⁵.

El objetivo de este trabajo fue estimar curvas de lactancia en ganado Holstein y BON x Holstein mediante el modelo Gamma Incompleto, y explicar el efecto del grupo genético y de algunos factores ambientales, sobre los coeficientes de la curva de lactancia en un sistema de producción de leche especializada, en el trópico alto colombiano.

Materiales y métodos

Fueron analizados 1835 datos de producción de leche de 41 lactancias, ocurridas entre los años 2003 y 2006, correspondientes a 23 animales de primero y segundo parto. Los grupos raciales evaluados fueron: Holstein y BON x Holstein con un total de 13 y 10 animales, respectivamente.

La hacienda se encuentra localizada en el municipio de San Pedro de los Milagros al norte de Antioquia, con una temperatura media de 15°C, precipitación de 1570 mm/año, altitud de 2300 a 2500 msnm y humedad relativa del 72%. Se identificaron dos épocas climáticas según la distribución de las lluvias: seca de diciembre a marzo, y lluviosa de abril a noviembre con un veranillo en los meses de julio y agosto.

Los animales se encuentran bajo un sistema de pastoreo rotacional por franjas, donde el pasto predominante es Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Las vacas son ordeñadas dos veces al día y reciben concentrado entre 2 y 6Kg dependiendo de la producción. Los datos de producción de leche fueron obtenidos semanalmente de los registros individuales de producción de cada animal en la hacienda La Montaña perteneciente a la Universidad de Antioquia.

Se utilizó la función Gamma Incompleta propuesta por Wood para describir la curva de lactancia de cada una de las vacas³.

$$y_t = \beta_0 t^{\beta_1} e^{-\beta_2 t}$$

Donde y_t es la producción de leche a un tiempo determinado, β_0 es la producción de leche al inicio de la lactancia, β_1 explica la pendiente de la curva y β_2 explica la desaceleración en la curva de lactancia. Se utilizó el procedimiento NLIN del paquete estadístico SAS® (2006)⁶.

El pico de lactancia se estima mediante la siguiente fórmula:

$$t_{pico} = \beta_1 / \beta_2$$

La producción máxima se alcanza en:

$$y_{max} = \beta_0 (\beta_1 / \beta_2)^{\beta_1} e^{-\beta_1}$$

Y la persistencia es medida por:

$$s = -(\beta_1 + 1) \ln \beta_2$$

Igualmente, se determinaron otros coeficientes como la producción de leche en la semana 33 (y_{33}), periodo en el cual culmina el segundo tercio de la lactación; el porcentaje de persistencia (%P), obtenido como la relación de la produc-

ción de leche en la semana 33 con respecto al pico de producción, por medio de la siguiente

fórmula: $\%P = \frac{y_{33}}{y_{max}} * 100$. La producción total de le-

che en toda la lactancia (y_{Total}); la duración total de la lactancia calculada en semanas (SL); producción de leche por día ($y_{día}$); la pendiente (I), fue obtenida por medio de una recta de regresión que explica el grado de inclinación de la curva posterior al pico de producción así: $Y = \beta_0 - \beta_1 X$, donde β_0 explica la producción máxima, β_1 corresponde al coeficiente I que explica la disminución de la producción de leche por semana transcurrida y X las semanas y el número de semanas que las vacas permanecieron por encima de 15 litros transformada por raíz cuadrada (SEM).

Para cada una de estas características y los coeficientes estimados mediante la curva de Wood se determinó el efecto de la raza, el parto y la época, utilizando el procedimiento GLM de SAS® (2006)⁶, mediante el siguiente modelo:

$$y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \chi_k + \delta_{l(k)} + \chi\beta_{kj} + \epsilon_{m(ijkl)}$$

Donde:

y_{ijklm} es la variable respuesta ($\beta_0, \beta_1, \beta_2, t_{pico}, y_{max}, s, y_{33}, \%P, y_{total}, SL, y_{día}, I$ y SEM), asociada a la l -ésima vaca, de la k -ésima raza, del j -ésimo parto, en la i -ésima época de parto; μ es la media general; α_i, β_j y χ_k son los efectos fijos de la época ($i=1,2$), número de parto ($j=1,2$) y raza ($k=1\dots3$), respectivamente; $\chi\beta_{kj}$ es la interacción raza por parto; y $\delta_{l(k)}$ y $\epsilon_{m(ijkl)}$ son los efectos aleatorios de vaca anidado en raza y el error asociado a cada observación, respectivamente.

Se realizó un segundo análisis en el que se consideró el efecto de la raza y la época, sobre los coeficientes intervalo entre partos (IEP) y producción de leche por día de intervalo entre partos (PLIEP). Este último coeficiente es calculado dividiendo la producción total sobre el intervalo entre partos. Se empleó el siguiente modelo:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{k(ij)}$$

Donde:

y_{ijk} es la variable respuesta (IEP y PLIEP) asociada a la j -ésima raza, en la i -ésima época de parto; μ es la media general; α_i y β_j son los efec-

tos fijos de época ($i=1,2$) y raza ($j=1,\dots,3$); y $\varepsilon_{m(ijkl)}$ es el error asociado a cada observación.

Resultados

Las curvas de lactancia estimadas, mediante el modelo de Wood, para cada uno de los cruces se observan en la figura 1. Entre los dos grupos raciales, la raza Holstein se destaca, del cruce BON x Holstein, por presentar altas produccio-

nes de leche durante toda la lactancia. La producción de leche en la época seca y la época de lluvias presentó distribuciones muy similares (Figura 2), sin embargo, la época seca presentó picos de lactancia levemente inferiores a la época de lluvias. Entre los partos 1 y 2, se destaca el segundo por presentar altas producciones al comienzo de la curva de lactancia, pero, hacia el final presenta un descenso marcado en la producción equiparándose con hembras de primer parto (Figura 3).

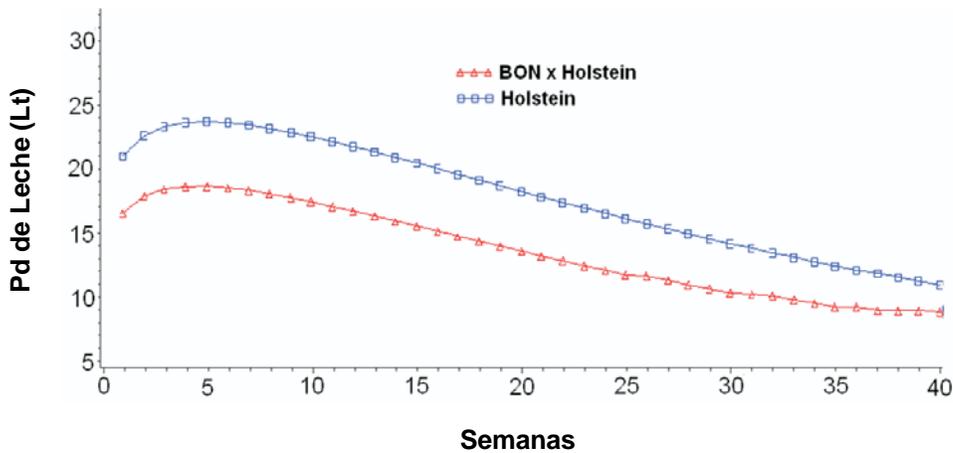


Figura 1. Curvas de lactancia estimadas mediante el modelo de Wood para los grupos raciales Holstein y BON x Holstein.

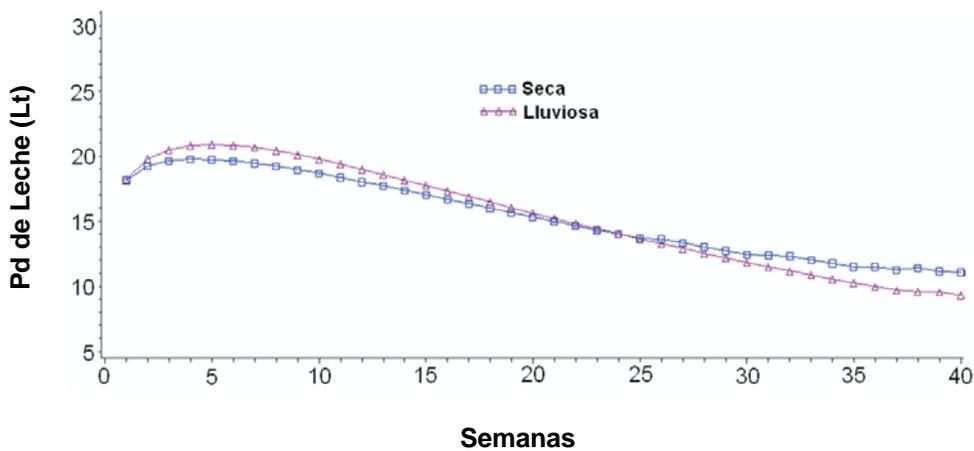


Figura 2. Curvas de lactancia estimadas mediante el modelo de Wood para las épocas seca y lluviosa.

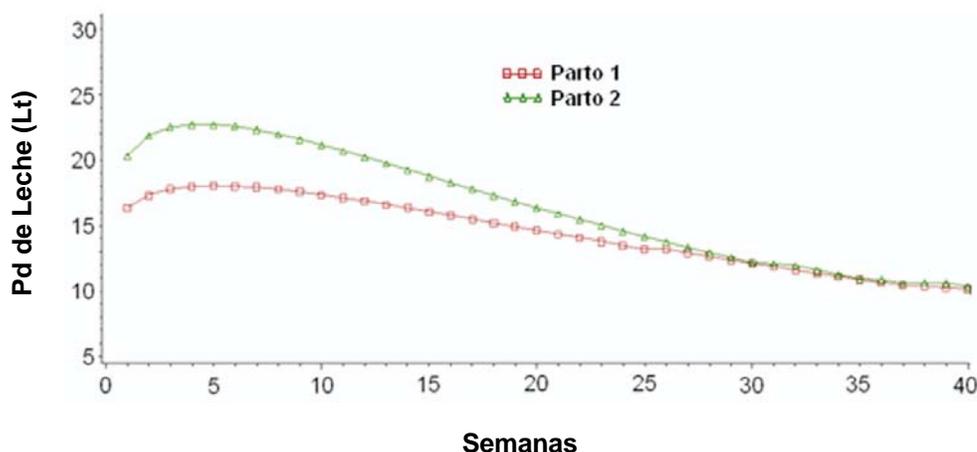


Figura 3. Curvas de lactancia estimadas mediante el modelo de Wood para los partos 1 y 2.

Los estimativos para los coeficientes de las curvas de lactancia se encuentran en la tabla 1 y 2. Para la producción inicial (β_0), la producción total (y_{Total}), la duración de la lactancia (SL), la producción de leche en el pico (y_{max}) y en la semana 33 (β_0), al igual que la producción por día (β_0), se observan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el grupo racial BON x Holstein y Holstein a favor de este último. De la misma manera, la pendiente o grado de inclinación posterior al pico (I) y en el número de semanas que las vacas permanecieron por encima de 15 litros (SEM) fueron superiores en la raza Holstein ($P < 0.05$).

La aceleración (β_1) y desaceleración (β_2) en la curva de lactancia presentaron valores muy similares sin diferencia significativa ($P > 0.05$). De igual modo, la persistencia (s), el porcentaje de persistencia ($\%P$) y el tiempo al pico (t_{pico}) no mostraron diferencia significativa entre grupos raciales ($P > 0.05$). Entre las épocas no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) a excepción del coeficiente (I), que para la época seca presenta un mayor grado de inclinación con respecto a la época de lluvias ($P < 0.05$) (Tabla 1 y 2).

Como se observa en las tablas 1 y 2, las hembras de parto 1 presentaron valores inferiores con diferencia significativa ($P < 0.05$) en los coeficientes (β_0 , β_2 , y_{max} , $y_{día}$, I , SEM) con respecto a las hembras de parto 2. Para los coeficientes

(s , $\%P$) las hembras de primer parto presentaron valores superiores con diferencia significativa ($P < 0.05$).

En el segundo análisis se encontraron valores superiores en las características IEP y PLIEP en la raza Holstein (Tabla 3) con diferencias significativas ($P < 0.05$). Entre la época seca y lluviosa no se hallaron diferencias ($P > 0.05$) entre las características analizadas (Tabla 3).

Discusión

Contrastando las curvas de lactancia generadas por los dos grupos raciales (figura 1), la raza Holstein se destaca por presentar mejores producciones debido, principalmente, a la especialización de esta raza en la alta producción. Además, las vacas Holstein comparadas con animales cruzados, presentan pesos superiores, lo que se traduce en un sistema digestivo y una glándula mamaria más grande^{7,8}. Las diferencias en la producción inicial y la producción al pico entre los grupos raciales coinciden con lo reportado por Osorio et al (2005)⁹, donde se evalúan diferentes cruces de *Bos Taurus* x *Bos Indicus* en un sistema de doble propósito en trópico húmedo. Para el tiempo al pico de producción y la persistencia, Osorio et al (2005)⁹, reportó diferencias significativas entre los grupos raciales contrario a lo encontrado en este trabajo.

Tabla 1. Medias y Desviaciones Estándar estimadas para los coeficientes de las curvas de lactancia en los diferentes grupos raciales, épocas y partos.

	β_0	β_1	β_2	t_{pico}	y_{max}	s
	Media \pm SD	Media \pm SD	Media \pm SD	Media \pm SD	Media \pm SD	Media \pm SD
Raza						
BON x						
Holstein	15.889 ^b \pm 0.933	0.209 ^a \pm 0.038	0.037 ^a \pm 0.004	6.094 ^a \pm 0.866	19.031 ^b \pm 1.097	3.989 ^a \pm 0.086
Holstein	21.012 ^a \pm 0.532	0.148 ^a \pm 0.022	0.031 ^a \pm 0.002	4.617 ^a \pm 0.493	23.180 ^a \pm 0.625	4.043 ^a \pm 0.049
Época						
Lluvia	17.171 ^a \pm 1.700	0.267 ^a \pm 0.069	0.041 ^a \pm 0.007	7.452 ^a \pm 1.576	22.269 ^a \pm 1.998	4.019 ^a \pm 0.156
Seca	19.730 ^a \pm 0.975	0.089 ^a \pm 0.040	0.027 ^a \pm 0.004	3.258 ^a \pm 0.905	19.942 ^a \pm 1.148	4.013 ^a \pm 0.090
Parto						
1	16.304 ^b \pm 0.556	0.158 ^a \pm 0.022	0.028 ^b \pm 0.002	5.672 ^a \pm 0.516	18.625 ^b \pm 0.654	4.162 ^a \pm 0.051
2	20.596 ^a \pm 0.763	0.198 ^a \pm 0.031	0.040 ^a \pm 0.003	5.038 ^a \pm 0.708	23.586 ^a \pm 0.898	3.870 ^b \pm 0.070

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de Tukey - Kramer ($P \leq 0,05$).

β_0 = Coeficiente que explica la producción inicial de leche.

β_1 = Coeficiente que explica la aceleración en la curva de lactancia.

β_2 = Coeficiente que explica la desaceleración en la curva de lactancia.

t_{pico} = Semana en la cual se alcanza en pico de producción obtenido por el modelo de Wood.

y_{max} = Producción de leche en el pico obtenido por el modelo de Wood.

s = Persistencia obtenida por el modelo de Wood.

Tabla 2. Medias y Desviaciones Estándar estimadas para los coeficientes de las curvas de lactancia en los diferentes grupos raciales, épocas y partos.

	y_{33}	%P	y_{Total}	SL	$y_{día}$	I	SEM
	Media \pm SD	Media \pm SD	Media \pm SD	Media \pm SD	Media \pm SD	Media \pm SD	Media \pm SD
Raza							
BON x							
Holstein	9.482 ^b \pm 0.463	52.395 ^a \pm 3.319	3601.489 ^b \pm 293.468	37.241 ^b \pm 3.391	13.720 ^b \pm 0.637	-0.265 ^a \pm 0.008	3.604 ^b \pm 0.280
Holstein	12.785 ^a \pm 0.264	56.265 ^a \pm 1.891	5470.389 ^a \pm 167.177	48.417 ^a \pm 1.932	16.173 ^a \pm 0.363	-0.383 ^b \pm 0.005	5.198 ^a \pm 0.159
Época							
Lluvia	10.964 ^a \pm 0.842	52.213 ^a \pm 6.041	4322.811 ^a \pm 534.165	39.472 ^a \pm 6.172	15.386 ^a \pm 1.159	-0.237 ^a \pm 0.015	4.564 ^a \pm 0.510
Seca	11.302 ^a \pm 0.484	56.447 ^a \pm 3.470	4749.068 ^a \pm 306.818	46.186 ^a \pm 3.545	14.508 ^a \pm 0.666	-0.411 ^b \pm 0.008	4.237 ^a \pm 0.293
Parto							
1	11.189 ^a \pm 0.276	60.742 ^a \pm 1.977	4328.030 ^a \pm 174.769	44.036 ^a \pm 2.020	13.889 ^b \pm 0.379	-0.241 ^a \pm 0.005	4.076 ^b \pm 0.167
2	11.077 ^a \pm 0.378	47.918 ^b \pm 2.714	4743.849 ^a \pm 239.979	41.623 ^a \pm 2.773	16.005 ^a \pm 0.521	-0.407 ^b \pm 0.007	4.725 ^a \pm 0.229

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa según la prueba de Tukey - Kramer ($P \leq 0,05$).

y_{33} = Producción de leche en la semana 33.

%P = Porcentaje de persistencia.

y_{Total} = Producción total de leche en toda la lactancia.

SL = Duración total de la lactancia calculada en semanas.

$y_{día}$ = Producción de leche por día.

I = Pendiente ó grado de inclinación de la curva posterior al pico de producción.

SEM = Número de semanas que las vacas permanecieron por encima de 15 litros transformada por raíz cuadrada.

Tabla 3. Medias y Desviaciones Estándar estimadas en los diferentes grupos raciales y épocas.

	IEP	PLIEP
	Media \pm SD	Media \pm SD
Raza		
BON x Holstein	357.225 ^b \pm 16.966	10.293 ^b \pm 1.205
Holstein	432.578 ^a \pm 15.651	14.242 ^a \pm 1.112
Época		
Lluvia	370.108 ^a \pm 19.469	12.394 ^a \pm 1.383
Seca	419.696 ^a \pm 13.636	12.141 ^a \pm 0.968

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa, prueba Tukey-Kramer ($P \leq 0,05$).

IEP = Intervalo entre partos.

PLIEP = Producción de leche por día de intervalo entre partos.

Schutz et al (1990)¹⁰, observó que el pico de producción aumenta a medida que se incrementa el número de partos en las razas Holstein, Jersey y Guernsey; la persistencia decreció del primero al segundo parto y para los días al pico, observó que fueron bajos para el segundo parto en todas las razas. Para Vaccaro et al (1999)¹¹, el grupo racial solo fue significativo ($P < 0,05$) para el coeficiente β_2 del modelo Gamma Incompleto.

Los datos de producción total y duración de la lactancia de las vacas Holstein y BON x Holstein coincide con lo informado por Quijano y Montoya¹² (S.F), quienes evaluando cruces de BON y Holstein en trópico alto, hallaron producciones de 6154 y 3351Lt con duraciones de lactancia de 47 y 37 semanas para los grupos raciales Holstein y BON x Holstein, respectivamente.

Los resultados obtenidos muestran que a medida que aumentan los partos, aumenta la producción inicial de leche y la producción al pico, Vaccaro 1998, citado por Botero y Vertel (2006)¹³ señala que vacas de primer parto tienen un 12% menos en producción de leche, comparada con la producción de hembras multíparas. El número de partos ha sido reportado, por varios autores, como uno de los factores no genéticos más influyentes en la forma de la curva de lactancia. Las vacas de primera lactancia muestran menores producciones diarias al inicio, mayor persistencia y menor producción total por lactancia, tanto para animales puros como cruzados^{9,11,14,15,16}.

Rodríguez et al (2005)¹⁷, encontró diferencias principalmente entre hembras primíparas y multíparas para todos los coeficientes estimados por el modelo Gamma Incompleto.

Stanton et al (1992)¹⁵ encontró diferencias en el pico de producción de 4Kg de leche o más en la época de invierno, lo cual coincide con lo expuesto en este trabajo (figura 2), sin embargo, no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre ambas épocas. Osorio et al (2005)⁹, identificó resultados similares para la producción de leche, donde la época de parto solo tuvo un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre la producción de leche en el pico.

Las características reproductivas evaluadas en el segundo análisis muestran diferencias entre el cruce BON x Holstein y Holstein (Tabla 2). El IEP presenta mejores índices a favor del cruce BON x Holstein, indicando la alta fertilidad del ganado criollo y la adaptación de este tipo de animales a las condiciones de trópico⁵. No obstante, los altos intervalos entre partos en los animales Holstein se relacionan también, con las mayores duraciones de la lactancia de estas vacas. La raza Holstein se caracteriza por presentar producciones altas y duraderas pero, con altos intervalos entre partos.

Sin embargo, la producción de leche por día de Intervalo entre partos fue inferior en el cruce BON x Holstein, debido principalmente a las altas producciones totales de las vacas Holstein, que casi duplicaron la producción de las hembras F1. Asimismo, Hernández y Martínez (1985)²¹, encontraron que en clima medio, el cruce

$\frac{3}{4}$ Holstein x $\frac{1}{4}$ BON tiene mayores producciones por lactancia y duración de la misma que el cruce $\frac{1}{2}$ Holstein x $\frac{1}{2}$ BON. Sin embargo, la edad al primer parto y el intervalo entre partos fueron menores para el F1, representando una eficiencia productiva equivalente cuando se considera en forma conjunta la reproducción relacionada con la producción de leche por lactancia.

Conclusión

Los coeficientes estimados a partir del modelo Gamma Incompleto están altamente influenciados por el grupo genético y por el número de partos, y en menor medida por la época climática.

Referencias

- QUINTERO, Juan Carlos, *et al.* Modelos matemáticos para curvas de lactancia en ganado lechero. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Junio, 2007. vol. 20, no. 2, p. 149-156.
- WOOD, PDP. A note on seasonal fluctuations in milk production. En: Animal Production. 1972. vol. 15, p. 89-92.
- WOOD, PDP Algebraic model of the lactation curve in cattle. En: Nature. October, 1967. vol. 216, p. 164-165.
- CERÓN, Mario, *et al.* Factores de ajuste para producción de leche en bovinos Holstein colombiano. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2003. vol. 16, no.1,p. 26-32.
- OSPINA, A. Características del ganado blanco orejinegro. En: Agricultura Tropical. 1950. vol. 6, no. 2, p. 12-19.
- FREUND, Rudolf J and LITTLE, Ramón C. Statistical analysis systems. SAS: system for regression. Version 9.1. 3 ed. New York: While, 2006.
- LEGATES, JE. Genetic and environmental factors affecting the solids-not-fat composition of milk. En: Journal of Dairy Science. 1960. vol. 43, p. 1527-1532.
- SPIKE, PW. and FREEMAN, AE. Environmental influences on monthly variation in milk constituents. En: Journal of Dairy Science. 1967. vol. 50, p. 1897-1904.
- OSORIO ARCE, Mario. y SEGURA CORREA, José. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas *Bos Taurus x Bos indicus* en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. En: Revista Técnica Pecuaria en México. 2005. vol. 43, no. 1, p. 127-137.
- SCHUTZ, MM; HANSEN, IB. and STEUER-NAGEL, GR. Variation of milk, fat, protein, and somatic cells for dairy cattle. En: Journal of Dairy Science. 1990. vol. 73, p. 84-493.
- VACCARO, R., D'ENJOY, G. y SABATÉ C. Curvas de lactancia de vacas Carora y cruzadas Holstein Friesian x Brahman. En: Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias 1999. vol. 40, no. 1, p. 37-44.
- QUIJANO BERNAL, Jorge y MONTOYA SERNA, Camilo. Comparación productiva de vacas Holstein y F1 BON x Holstein en el Centro Paysandu: producción y calidad de la leche. Revista Facultad Nacional de Agronomía [en línea]. 2000. vol. 53, no. 2. [citado en 13 abril 2008] Disponible en: http://www.agro.unalmed.edu.co/publicaciones/revista/index.php?id_vol=3&id_art=61
- BOTERO, Luz y VERTEL, Melba. Modelo matemático aplicado a la curva de lactancia en ganado vacuno doble propósito. En: Revista MVZ Córdoba. 2006. vol. 11, no. 1, p. 759-765.
- FADLELMOULA, AA., YOUSIF, IA. and ABU NIKHAILA, AM. Lactation curve and persistency of crossbred dairy cows in the Sudan. En: Journal of Applied Science Research. 2007. vol. 3, no. 10, p. 1127-1133.
- STANTON, TL, *et al.* Estimating milk, fat, and protein lactation curves with a test day model. En: Journal of Dairy Science. 1992. vol. 75, p. 1691-1700.
- WOOD, PDP. Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. En: Animal Production. 1969. vol. 11, p. 307-316.
- RODRÍGUEZ, Luis, *et al.* Modelos de ajuste para curvas de lactación de vacas en crianza intensiva en la cuenca de Lima. En: Revista de Investigación Veterinaria del Perú. 2005. vol. 16, no, 1, p. 1-12.
- HERNÁNDEZ, G. y MARTÍNEZ, G. Producción de leche en clima medio con cruces Holstein y Blanco Orejinegro. En: Revista ICA. 1985. vol. 20, no. 3, p. 197-202.