

MODELACIÓN DE CURVAS DE PRODUCCIÓN LÁCTEA EN BOVINOS HOLSTEIN DEL TRÓPICO ALTO DE NARIÑO

MODELING OF DAIRY PRODUCTION CURVE IN HOLSTEIN CATTLE IN THE HIGH TROPIC OF NARIÑO

Kris S. Cortes-Joja¹, Mildred V. Quiroz-Villota¹, Carlos E. Solarte-Portilla²,
Edgar Osejo-Rosero³.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue identificar y elegir la función matemática que mejor describa la producción lechera del ganado holstein en el trópico alto de Nariño, a partir de la información obtenida de las bases de datos del programa de Mejoramiento Genético de la Universidad de Nariño, colectada desde 1999 hasta 2009. En total se incluyeron 1570 datos de producción diaria de leche, de 429 animales, que se agruparon por el número de lactancia y distrito lechero. Se probaron los modelos: cuadrático, polinomial inverso, cuadrático logarítmico, lineal hiperbólico, función gamma incompleta o modelo de Wood, parabólica exponencial, modelo de Wilmink y el de Papajcsik y Bordero. En algunos casos fue necesario realizar previamente el proceso de linealización y para tal fin se utilizó el asistente matemático Derive 6, lo que permitió realizar el ajuste por mínimos cuadrados, para obtener los valores de los parámetros en los diversos modelos. Igualmente, se calculó la razón del error absoluto de cada modelo, mediante la comparación de la producción estimada contra la producción real en cada punto de control. Posterior a eso, se eligió el modelo que mejor se ajustó a cada lactancia, a partir del cálculo de la media, la desviación estándar y coeficiente de variabilidad (CV). Finalizado este procedimiento, se observó que, en la primera lactancia el modelo que mejor define la curva fue el de Papajcsik y Bordero; en la segunda el de Wilmink; en la tercera la función parabólica exponencial y en la cuarta la función gamma incompleta, mientras que la función de Wilmink describe con mayor ajuste la producción lechera en la quinta y sexta lactancia.

Palabras clave: Curva de lactancia, holstein, modelo matemático, producción de leche, trópico alto.

¹Estudiante de Zootecnia, Universidad de Nariño, Departamento producción y procesamiento animal, Facultad de Ciencias Pecuarias.

²Zootecnista. M.Sc. Dr.Sc. Coordinador del Programa de Mejoramiento Genético de la Universidad de Nariño.

³Licenciado en Matemáticas. M.Sc. Departamento de Matemáticas. Universidad de Nariño.

Grupo de Investigación en Producción y Sanidad Animal. Programa de Zootecnia. Universidad de Nariño, A.A. 1175, Pasto, Colombia. E-mail: Vachita18@hotmail.com

ABSTRACT

The main objective of the study was to identify and to select the mathematical function that best describes the dairy Holstein cattle in the high tropic of Nariño. The information was obtained from the data base of the genetic improvement program of the University of Nariño, from 1999 to 2009. The study included a total of 1570 values of daily milk production from 420 animals, which were grouped by the number of lactation and dairy district. The following models were tried in the study: quadratic, quadratic logarithmic, inverse polynomial, linear hyperbolic, gamma function, parabolic exponential model, the Wiltmink model and the Papajcsik and Bordero model. In some cases it was necessary to carry out the linearization process previously, and for this purpose, the mathematical assistant Derive 6 was used; which allowed to make adjustments by least squares in order to obtain the values of the parameters in the different models. Similarly, the ratio of the absolute error of each model was calculated by means of comparing the estimated production against actual production at each checkpoint. After that, the model that best fit each lactation was chosen by calculating the mean, the standard deviation and coefficient of variation (CV). After this procedure, it was noted that in the first lactation, the model that best defined the curve was the Papajcsik and Bordero, the second was the Wiltmink, the third was the parabolic exponential function and the fourth was the incomplete gamma function. The Wiltmink function is the one that described the milk production in the fifth and sixth lactations with a greater adjustment.

Key words: Lactation curve, holstein, mathematical model, milk production, high tropic.

INTRODUCCIÓN

En el Trópico Alto del departamento de Nariño, la producción especializada de leche es una actividad de enorme importancia económica y social, desarrollada en fincas, de tamaño pequeño, que en su gran mayoría no superan las 10 hectáreas, con capacidad de carga inferior a 0,95 animales y donde la raza predominante es la holstein y los cruces de la misma con el criollo y otros grupos raciales. Estas condiciones indican la necesidad de construir modelos apropiados para facilitar la administración del sistema finca y desarrollar estrategias encaminadas al logro de mayores niveles de competitividad y sostenibilidad.

La representación gráfica de la producción diaria de leche de una vaca, en función del tiempo, se denomina “curva de lactancia”. Este proceso biológico se puede explicar por medio de una ecuación matemática, que permite prever la producción de leche en cualquier período, a partir de muestras parciales. La forma de la curva se define por parámetros que la caracterizan, como el nivel de producción inicial, el tiempo y volumen alcanzado en la producción máxima o “pico” de lactancia, la persistencia o tiempo en que se mantiene dicha producción y la longitud de la lactancia, por lo que es una herramienta de gran utilidad, tanto para determinar la eficiencia de los sistemas de producción de leche, como para la toma

de decisiones, en la selección de reemplazos y en el diseño de los programas de nutrición y alimentación.

Pese a su importancia, no se han efectuado estudios relacionados con la modelación de las curvas de lactancia, bajo las condiciones propias del trópico alto de Nariño, y la única referencia disponible es presentada por Cañas (2010), quien utilizó datos de esta región incluyendo únicamente animales registrados en la Asociación de criadores de la raza Holstein, los cuales representan una mínima proporción del hato productor de leche en esta zona de Colombia.

Para trazar curvas de lactancia, los modelos matemáticos más utilizados son los polinimiales; que poseen un modelo analítico que asume polinomios, que van desde relaciones de segundo orden hasta relaciones de quinto orden entre una variable seleccionada (dependiente) y sus predictores (variables independientes); entre estos modelos están los cuadráticos, polinomiales inversos, cuadráticos logarítmicos y lineal hiperbólico (Cañas, 2008). En el caso de los modelos no lineales los más comunes son: la función gamma incompleta (Wood, 1967), parabólica exponencial, modelo de Wiltmink, regresión múltiple y el Modelo de Papajcsik y Bordero, entre otros; siendo la función gamma incompleta la de mayor uso en el ganado lechero. Sin embargo, como consecuencia

de su falta de ajuste para medir la producción de leche, en ciertas condiciones y por la dificultad de interpretación biológica de sus parámetros, se han desarrollado y aplicado expresiones algebraicas alternativas, dada la especificidad de la curva en las condiciones de los sistemas donde se colecta la información, limitándose así el uso generalizado de los

modelos matemáticos aplicados convencionalmente al ganado lechero.

Con base en las anteriores consideraciones, el objetivo de este trabajo fue comparar diversos modelos matemáticos, con el propósito de elegir y recomendar el que ajuste mejor la producción real bajo las condiciones propias del trópico alto de Nariño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Bases de datos

La información utilizada para trazar las curvas de lactancia se obtuvo de las bases de datos del programa de Mejoramiento Genético de la Universidad de Nariño, recopilada desde 1999 hasta abril del 2009. Se utilizaron datos provenientes de 296 hatos especializados en producción de leche, localizados en los distritos lecheros de Pasto, Guachucal y Pupiales.

La zona de vida de la región es de bosque húmedo montano (bh - M) y páramo sub - andino (p - SA), caracterizada por la presencia de pastos naturales y bosque secundario (Evaluación de los recursos forestales mundiales, 2000).



Figura 1. Mapas y coordenadas geográficas del departamento y de los distritos lecheros del trópico alto de Nariño.

Modelación de las curvas

Para la descripción de las curvas de lactancia se utilizaron los modelos matemáticos enunciados a continuación:

1. Cuadrático $y_t = a + bt - ct^2$
2. Cuadrático logarítmico $y_t = a + bt + ct^2 + dLnt$
3. Lineal hiperbólico $y_t = a + bt + c/t$
4. Polinomial inverso $y_t = t/(a + bt + ct^2)$
5. Función gamma incompleta $y_t = at^b \exp(-ct)$
6. Modelo parabólica exponencial $y_t = a \exp(bt - ct^2)$
7. Modelo de Wiltmink $y_t = a + bt + c \exp(-0,05t)$
8. Modelo de Papajcsik y Bordero $y_t = at \exp(-ct)$

Donde

y_t : Producción de leche en el día de control.

t : Días en leche

a : Parámetro asociado a la producción inicial de leche.

b : Parámetro asociado con la pendiente pre-pico (fase ascendente).

c : Parámetro asociado a la pendiente post-pico (fase descendente).

Con el fin de incrementar la precisión, se depuró la base de datos original, descartando lactancias con información incompleta, atípica o con menos de diez controles lecheros, obteniendo en total 1570 registros diarios de producción láctea, correspondientes a 436 lactancias. Posteriormente, se procedió a agrupar dicha información según el número de lactancia (1, 2, 3, 4, 5 y 6) y distrito lechero (1, 2 y 3). Dada la naturaleza de los datos, no fue posible el agrupamiento por hatos - años - épocas.

Para cada caso y a partir de los datos seleccionados, se procedió a calcular los valores de los parámetros de los modelos matemáticos estudiados, mediante el ajuste por mínimos cuadrados. El método de mínimos cuadrados es aplicable solamente cuando la función a ajustar es una combinación lineal de un conjunto de funciones base linealmente independientes, en donde los parámetros del modelo son los coeficientes de

dicha combinación. Esto ocurre en los modelos 1, 2, 3 y 7, pero no en los modelos 4, 5, 6 y 8. Para estos últimos, antes de aplicar el ajuste, el modelo debe ser transformado para lograr su linealización. La linealización se logra en el caso 4, haciendo la transformación $Z(t) = 1/Y(t)$ y los casos 5, 6 y 8 tomando $Z(t) = \ln(Y(t))$.

Para realizar el ajuste por mínimos cuadrados, se utilizó la siguiente serie de instrucciones de Derivé 6:

$$\#1 F1(n) = APPROX (FIT [t, a+b.t+c.t^2], n), 6)$$

$$\#2 F2(n) = APPROX (FIT [t, a+b.t+c.t^2+d.LN(t)], n), 6)$$

$$\#3 F3(n) = APPROX (FIT [t, a+b.t+c/t], n), 6)$$

$$\#4 P4(n) = APPROX \left(FIT \left[\frac{t \cdot \frac{1}{t}}{a+b.t+c.t^2} \right], n \right), 6)$$

$$\#5 P5(n) = APPROX (FIT [t, a+b.LN(t)-c.t], n), 6)$$

$$\#6 P6(n) = APPROX (FIT [t, a+b.LN(t)-c.t^2], n), 6)$$

$$\#7 P8(n) = APPROX (FIT [t, a+LN(t)-c.t], n), 6)$$

$$\#8 F7(n) = APPROX (FIT [t, a+b.t-c.e^{-0.05t}], n), 6)$$

$$\#9 F4(n) = \frac{1}{P4(n)}$$

$$\#10 F5(n) = EXP (P5(n))$$

$$\#11 F6(n) = EXP (P6(n))$$

$$\#12 F8(n) = EXP (P8(n))$$

$$\#13 M(n) = n \downarrow \downarrow [1,2]$$

$$\#14 I(n) = n \downarrow \downarrow [1,3]$$

$$\#15 L(n) = n \downarrow \downarrow [1,4]$$

Para la aplicación de estas instrucciones, se construyó en Excel 2007 (12.0), una matriz por animal, con cuatro columnas: en la primera los números de los días de lactancia, en la segunda la producción reportada, en la tercera y cuarta el inverso multiplicativo y el logaritmo natural de la producción respectivamente. Información usada según el procedimiento de linealización necesario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para los modelos en estudio, según el orden de lactancia de los animales y de acuerdo con los CV que se observan en la Tabla 1 se concluye que, para el proceso biológico de producción láctea del ganado holstein del trópico alto de Nariño, el modelo que se ajustó de mejor manera a la primera lactancia fue el de Papajcsik

Para cada caso, sobre la mencionada hoja Excel, se consignó en columnas el día de la producción en la lactancia (k), la producción real registrada ($P(k)$), la predicción de la producción según cada modelo ($F_j(k)$) y la razón del error absoluto producido por cada modelo en cada día contra la producción real, esto es equivalente al porcentaje:

$$|P(k)+F_j(K)| / P(k)$$

Donde:

j : es el número distintivo de cada modelo.

Luego, en la misma hoja, se obtuvo la media del error absoluto para cada modelo. Se reunieron dichas medias en otra hoja Excel, clasificadas por lactancia, con el fin de calcular la media, la desviación estándar y CV y así elegir el modelo que mejor se ajuste a cada uno de los subconjuntos clasificatorios, según el criterio del menor CV.

Para construir las graficas, se utilizó el asistente DERIVE 6, situando los puntos reales de registro, a partir de la matriz conformada por días y volumen de producción, mientras que la representación de la función escogida para cada lactancia se basó en los coeficientes del modelo dados, para los animales escogidos como ejemplos, según el número de lactancia.

Para los modelos que ajustaron mejor la curva en cada lactancia, se estimó el tiempo y volumen alcanzado en la producción máxima o “pico”, valores que se obtuvieron resolviendo la ecuación resultante de igualar a cero la derivada del modelo y calculando el valor de la función en la solución de la ecuación. La producción a los 280 días se estimó calculando la integral del modelo con límites 1 y 280 y la persistencia se calculó obteniendo la segunda derivada del modelo, que igualada a cero indica el punto en el que se realiza el cambio de curvatura, dicho resultado se utilizó para obtener la duración de la máxima producción por medio de la diferencia entre el día pico y el día de cambio de curvatura.

y Bordero, en la segunda el de Wiltmink, en la tercera la función parabólica exponencial y en la cuarta la función gamma incompleta, mientras que la función de Wiltmink describe con mayor ajuste la producción lechera en la quinta y sexta lactancia.

Tabla 1. Coeficientes de variabilidad de la producción láctea para los modelos estudiados en cada grupo de lactancia.

Modelos	Lactancias					
	1	2	3	4	5	6
Cuadrático	71,3	73,6	62,3	50,0	55,6	70,9
Cuadrático Logarítmico	71,7	89,6	65,1	49,8	58,0	55,5
Lineal Hiperbólico	81,2	55,0	5,7	52,9	53,9	47,3
Polinomial Inverso	64,7	92,5	62,8	48,2	55,6	78,4
Función Gamma Incompleta	85,3	103,0	97,8	49,0	89,2	56,0
Modelo Parabólica Exponencial	77,9	62,6	57,8	49,9	56,3	52,1
Modelo De Wiltmink	85,7	52,4	68,1	51,0	54,3	49,1
Modelo De Papajcsik Bordero	55,7	70,0	73,8	66,8	74,0	66,1

El modelo lineal hiperbólico, presentó buen ajuste estadístico para algunas lactancias, sin embargo, al trazar la curva, se detectó un comportamiento fisiológico atípico y por tal motivo, se concluyó que el modelo que lo precedió en el análisis estadístico, respecto de CV, resulta más apropiado para esas lactancias, que correspondieron a la tercera, quinta y sexta.

Según Castillo *et al.* (2011), dentro de experimentos no controlados, como el de la presente investigación, el CV se considera elevado a partir del 35%. En consecuencia y con base en las cifras de la Tabla 1, el estadístico calculado, supera dicho valor, para todas las lactancias en estudio. Este comportamiento se explica por el nivel de heterogeneidad y dispersión encontrada en los datos individuales, respecto de los coeficientes estimados por los modelos de mejor ajuste (Figuras 2 a 7).

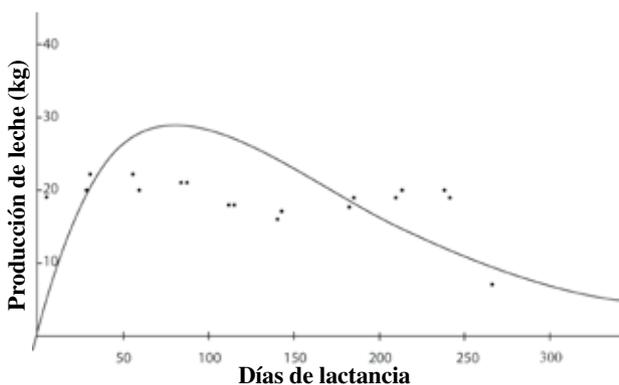


Figura 2. Representación gráfica de la curva de lactancia según el modelo de Papajcsik y Bordero en un animal de primera lactancia.

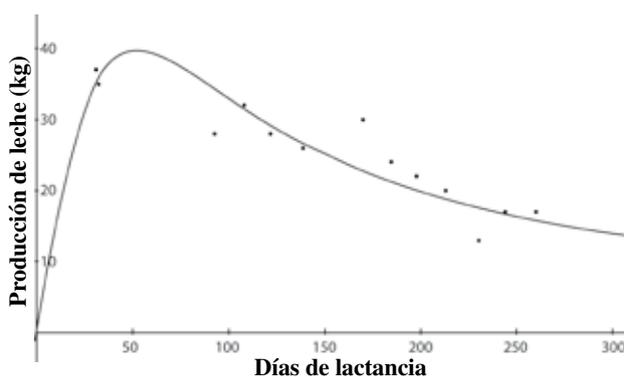


Figura 5. Representación gráfica de la curva de lactancia según la función Gamma incompleta en un animal de cuarta lactancia.

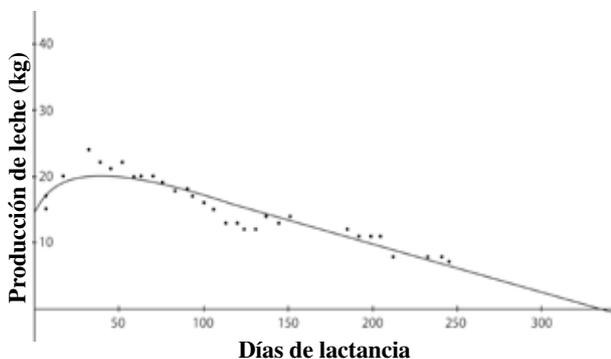


Figura 3. Representación gráfica de la curva de lactancia según el modelo de Wiltmink en un animal de segunda lactancia.

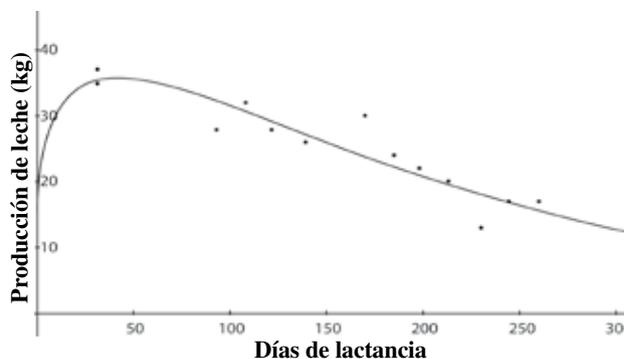


Figura 6. Representación gráfica de la curva de lactancia según la función Wiltmink en un animal de quinta lactancia.

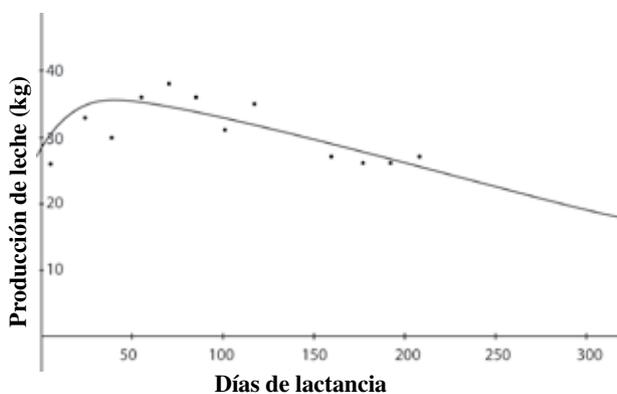


Figura 7. Representación grafica de la curva de lactancia según la función Wiltmink en un animal de quinta lactancia.

Si bien, buena parte de la variabilidad se puede explicar por los procesos fisiológicos y anatómicos que normalmente presentan los animales, como la proporción de los alveolos mamarios que se desarrollan entre una y otra lactancia (Knight y Peaker, 1982), es necesario reiterar que en nuestro caso, el comportamiento se atribuye a la heterogeneidad y calidad de los registros, en cuanto a número de datos por lactancia, estacionalidad y clima, número de ordeños, peso al parto, nivel de manejo y demás aspectos que no fueron controlados en el experimento, por lo cual, es conveniente advertir sobre las precauciones que deben observarse cuando se requiera proyectar los resultados de la lactancia, con los modelos antes descritos.

Refiriéndose al mismo tema, Mejía *et al.* (1990), y Quintero *et al.* (2007), coinciden en afirmar que la variabilidad existente entre individuos, incluso en los genéticamente idénticos, se ve afectada por el resultado individual del entorno de la lactancia influenciada por factores ambientales, especialmente el año y mes de parto y el número de partos, factores que intervienen marcadamente sobre la producción de leche. A pesar del efecto directo de dichos factores sobre la forma de la curva, la naturaleza de los registros colectados no permitió el agrupamiento por hatos – año – época.

Todas las consideraciones antes descritas, reafirman la necesidad de diseñar un proceso de recolección de datos, en el que se eviten al máximo los errores en la medición y registro de los valores de cada punto de control, permitan el mayor número de agrupamientos y finalmente, disminuyan el CV y se incremente la precisión para estimar los parámetros.

La máxima producción fue mejor descrita por la función de Wiltmink, en la sexta lactancia (Tabla 2),

dicha función, no mostró un comportamiento, acorde con lo indicado en la mayoría de reportes científicos, referente a la disminución del volumen de leche a partir de la sexta lactancia. En general, entre la tercera y quinta lactancia se alcanza el máximo de producción. En ese sentido, la función parabólica exponencial, explicó mejor la tercera lactancia del ganado holstein del trópico alto de Nariño. Este modelo, según Sherchand *et al.* (1995), presenta buenos ajustes para el volumen durante la primera parte de la lactancia, pero no ajusta bien al pico, porque la función es simétrica alrededor de la producción máxima (Figura 4). La producción al pico se utiliza en la mayoría de casos como criterio de descarte de animales, siempre y cuando, se corrijan antes factores como las condiciones del parto, la mala preparación durante el periodo seco, los excesos de proteína en la ración total y los problemas sanitarios como mastitis, entre otros.

Tabla 2. Variables asociadas a la producción de leche en seis lactancias de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño.

Lactancia	Producción máxima (y max)	Tiempo al "pico"	Producción a los 280 días (Litros)	Persistencia
1	29,021	80,189	5460,16	80
2	26,958	53,352	3759,06	142
3	14,354	119,00	3101,13	26
4	18,720	97,894	7297,69	57
5	21,594	48,343	4764,43	139
6	34,694	56,175	8203,23	139

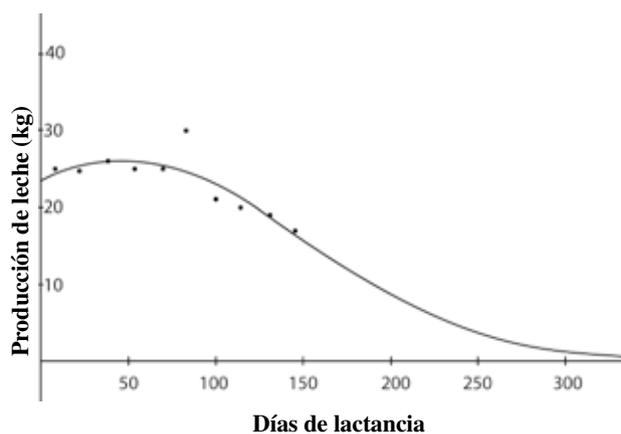


Figura 4. Representación grafica de la curva de lactancia según la función parabólica exponencial en un animal de tercera lactancia.

En cuanto al tiempo necesario para alcanzar el pico, el menor tiempo se registró cuando se utilizó la función Wiltmink y en la quinta lactancia. En general, los valores fueron altos, lo cual hace que la pendiente de estas curvas presente un declive suave, que se prolonga hasta el final de la lactancia. La ventaja de la persistencia radica en que es un elemento importante para identificar el periodo en donde hay que mejorar los programas de alimentación y el manejo del estrés causado cuando se alcanza el pico de producción.

El mejor valor para producción a 280 días fue obtenido mediante la función Wiltmink, en la sexta lactancia. En su orden, la función gamma incompleta o de Wood, elegida para la cuarta lactancia, estima una alta producción al finalizar el ciclo. Para este caso, Anderson *et al.* (1989) y Sherchand *et al.* (1995), concluyen que el modelo sugerido por Wood sobreestima los datos durante las primeras

y últimas etapas del ciclo biológico, hecho que se confirma en la presente investigación.

Teniendo en cuenta las condiciones del trópico alto de Nariño y los resultados de este estudio, es imprescindible reiterar la necesidad del diseño de protocolos de control lechero, que incluyan el estado fisiológico y sanitario de las hembras y los aspectos más importantes del sistema de manejo de los hatos, para construir bases de datos que posibiliten una modelación más cercana a la realidad fisiológica de la lactancia y la utilización de software que facilite el ingreso y procesamiento de los datos de producción.

Para investigaciones posteriores, se recomienda utilizar los resultados encontrados en el presente trabajo, los cuales se constituyen en base de comparación y discusión de los parámetros que se obtengan una vez se hayan atendido las sugerencias expresadas en el presente artículo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen a la línea de genética y mejoramiento animal del Grupo de Investigación en Producción y Sanidad Animal de la

Universidad de Nariño por concedernos el acceso a la información estudiada y por el apoyo brindado en las diferentes etapas del trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aspilcueta, R.; M. Muñoz; H. Tonhati; R.C. Sesana y N. Hurtado. 2008. Modelación para ajuste de la curva de lactación usando función lineal, no lineal y polinomios segmentados en ganados con alto grado de sangre brown swiss. <http://www.lrrd.org/lrrd20/8/asp20115.htm>. Visitado en jun. 2010.

Cañas, J.J. 2008. Modelación de curvas de lactancia para cantidad y calidad de leche en bovinos holstein y animales cruzados holstein, jersey y BON. Medellín: Escuela de Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia.

Cañas, J.J; B. Restrepo; L. Ochoa S; J. Echeverri; A. Cerón y M. Muñoz. 2009. Estimación de las curvas de lactancia en ganado holstein y BON x holstein en trópico alto colombiano. *Rev. Lasallista de Investigación*, 6, (1): 35 - 42

Castillo, C; C. Mejía y J. Arévalo. 2011. Diseño de experimentos al completo azar. <http://Reyesestadistica.Blogspot.Com/2011/07/Diseno-De-Experimentos-Al-Completo-Azar.Html>. Visitado en jul. 2011.

Fraga, L.M; M. Fernández; L. Gutiérrez; O. Fundora y M. E. González. 2003. Estudio preliminar de las curvas de lactancia en búfalas mestizas de Murrah. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola*. 37(2): 151-155.

Harding, L; G. Harding; F. Harding and R. Harding. 1990. Once daily milking throughout lactation. Palmerston North : Dairyfarming Annu. Massey University. New Zealand. 42: 85-87.

Kamidi, R.E. 2004. A parametric measure of lactation persistency in dairy cattle. Nairobi, Kenya: International Livestock Research Institute.

Mejia, L.J. y Ortiz, M.J.C. 1990. Factores que afectan los parámetros de un modelo para caracterizar la curva de lactancia en vacas holstein en el hato Paysandú. Trabajo de pregrado Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 120 p.

Motulsky, H.C. Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression. <http://books.google.com.co/books?id=tIsjh56pI0IC&pg=PA251&lpg=PA251&dq=Motulsky+H,+Christopoulos.+Fitting+models+to+biological+data+using+linear+and+nonlinear+regression.&source>. Visitado en jul. 2010.

Ossa, G.; L. Torregrosa y L. Alvarado. 1997. Determinación de la curva de lactancia en vacas mestizas de un hato de doble propósito en la región Caribe de Colombia. *Rev. Corpoica*. 2(1): 54-57.

Quintero, J. C.; J. I. Serna; N. A. Hurtado; R. Rosero; M. F. Cerón y M. Muñoz. 2007. Modelos matemáticos para curvas de lactancia en ganado lechero. Medellín, Colombia: Grupo Grica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia.

Quintero, J.C.; J. Serna; M. Cerón; N. Hurtado y D. A. Agudelo. 2008. Estimación de la curva de lactancia mediante modelos matemáticos lineales y no lineales en búfalas colombianas. *Rev. Lasallista Investig.* 5 (1): 34-44.

Valverde, R.R.; J.G. García; R.N. Domingez; A. Ruiz y M.R. Mera. 2004. Comparación de ecuaciones para estimar curvas de lactancia con diferentes estrategias de muestreo en bovinos angus, suizo y sus cruza. *Veterinaria México*. 35 (3): 187-201.