

CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE LACTANCIA EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHERÍA ESPECIALIZADA EN FACATATIVÁ CUNDINAMARCA: RESULTADOS PRELIMINARES

CHARACTERIZATION OF THE LACTATION CURVE IN A SPECIALIZED DAIRY PRODUCTION SYSTEM IN FACATATIVÁ CUNDINAMARCA: PRELIMINARY RESULTS

María José Marin C.¹
Sergio Alejandro Domínguez B.¹
Fredy Armando Aguilar A.²

RESUMEN

Los sistemas de producción bovina de lechería especializada en Colombia se caracterizan por utilizar animales de alto potencial genético y sistemas de alimentación que maximizan el consumo de materia seca buscando altos niveles de producción por vaca. Con respecto al animal, dicha producción sigue un patrón denominado curva de lactancia. Este patrón obedece a aspectos fisiológicos y nutricionales. En el caso de sistemas de lechería especializada en la Sabana de Bogotá, pocos trabajos han estudiado la curva de lactancia de las vacas, por tal motivo, el objetivo del escrito es caracterizar la curva de lactancia de las vacas de un sistema de producción de lechería especializada, ubicado en el municipio de Facatativá (Cundinamarca), y evaluar el efecto de la raza y del número de la lactancia sobre el formato y la parametrización de la curva. Análisis preliminares permitieron identificar un patrón bifásico en la curva de lactancia. El estudio permitirá caracterizar mejor el patrón de curva de lactancia en sistemas de lechería especializada en Colombia para posteriormente generar estrategias de manejo con el fin de mejorar la producción.

Palabras claves: glándula mamaria, modelo de dos fases para el ajuste de curvas de lactancia, pico de lactancia, persistencia..

ABSTRACT

Specialized production systems dairy cattle in Colombia are characterized by the use of animals with high genetic potential and feeding systems that maximize dry matter intake, looking for high levels of production per cow. At the animal level, this production follows a pattern called the lactation curve. This pattern is governed by physiological

¹ Estudiantes Semillero de Investigación en Ciencias Animales, Facultad de Ciencias Agrarias, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia. marin.maria@uniagraria.edu.co; dominguez.sergio@uniagraria.edu.co

² Docente Semillero de Investigación en Ciencias Animales, Facultad de Ciencias Agrarias, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Bogotá, Colombia.

and nutritional aspects. In the case of specialized dairy systems in the Sabana de Bogotá, few works have studied the lactation curve of cows, for this reason, the objective of the work is to characterize the lactation curve of cows in a specialized dairy production system, located in the municipality of Facatativá (Cundinamarca) and to evaluate the effect of breed and lactation number on the format and parameterization of the curve. Preliminary analyzes allowed to identify a biphasic pattern in the lactation curve. The study will allow to better characterize the lactation curve pattern in specialized dairy systems in Colombia to later generate management strategies to improve production..

Keywords: mammary gland, two phase lactation curve model, lactation peak, persistence

INTRODUCCIÓN

La lechería especializada en Colombia se encuentra localizada en la zona andina en alturas superiores a los 2000 m s. n. m. La alimentación en este tipo de sistema de producción está basada en pastoreo y frecuentemente se realiza la suplementación de los animales con alimentos balanceados. La especie forrajera predominante en este sistema es el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Sin embargo, se pueden encontrar otras especies de gramíneas como el rye grass (*Lolium spp.*), el falsa poa (*Holcus lanatus*), entre otras (Carulla *et al.*, 2004). Se estima que en Colombia hay 99.000 productores en sistemas de lechería especializada y 250.000 productores en los sistemas de doble propósito (Carulla y Ortega, 2015). En la Sabana de Bogotá, que corresponde a una de las principales cuencas lecheras del país, es posible encontrar con frecuencia sistemas de lechería especializada, los cuales se caracterizan por el uso de razas especializadas en la producción de leche y un alto nivel de suplementación con alimentos conservados (ensilajes, henolaje) y/o alimentos concentrados, lo cual permite un alto nivel de producción.

En los bovinos la producción de leche, sigue un patrón denominado curva de lactancia, caracterizado por una producción inicial, seguida por una fase de ascenso hasta llegar a un valor máximo o "pico de lactancia" y posteriormente una fase de disminución o descenso hasta el secado (Macciotta *et al.*, 2005). En sistemas de lechería especializada, las lactancias tienen una duración aproximada de 305 días y el pico de producción se alcanza durante los primeros 90 días de la lactancia. El patrón de producción de leche (curva de lactancia)

es consecuencia directa de los procesos fisiológicos que ocurren en la glándula mamaria. Al respecto, es importante considerar que los componentes de la leche son sintetizados y secretados por las células epiteliales especializadas de la glándula mamaria, o se filtran desde el torrente sanguíneo (García *et al.*, 2014). La estructura básica de secreción mamaria está representada por los alvéolos, un agregado esférico de células con un lumen central donde se secreta la leche. Dicha estructura no es constante, por el contrario, está sometida a modificación durante la evolución de la lactancia, al inicio de esta, hay una rápida activación celular, la cual va disminuyendo a medida que avanza hasta cesar (Steri, 2009). Otro aspecto que determina el comportamiento y el patrón de curva de lactancia es la nutrición, al respecto, el consumo de materia seca es uno de los factores más importantes en determinar la producción animal. Se estima que el 70 % de las variaciones en la producción animal en pastoreo se pueden explicar por la variación en el consumo de materia seca (Carulla *et al.*, 2004).

La curva de lactancia de los bovinos puede ser estudiada mediante modelos matemáticos, lo cual permite identificar y parametrizar aspectos relevantes como la producción al pico de lactancia y el día en lactancia en el que este ocurre, asimismo, caracterizar la tasa de descenso o persistencia y estimar la producción acumulada durante toda la lactancia. Modelos no lineales como el de Wood y modelos multifásicos han sido utilizados para describir el patrón de curva de lactancia de vacas en diferentes sistemas de producción (Gossman y Koops, 1988, Macciotta *et al.*, 2005 y Steri, 2009).

En el caso de sistemas de lechería especializada en la Sabana de Bogotá, pocos trabajos han estudiado la curva de lactancia de las vacas, por tal motivo, el objetivo de este escrito es caracterizar la curva de lactancia de las vacas de un sistema de producción de lechería especializada ubicado en el municipio de Facatativá (Cundinamarca) y evaluar el efecto de la raza y del número de la lactancia sobre el formato y la parametrización de la curva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos que han sido copiados y analizados provienen de un sistema de producción de lechería especializada, localizado en Facatativá (Cundinamarca) a 2586 m s. n. m. En los últimos cinco años, el inventario de vacas en ordeño del sistema ha variado entre 110-140. En la finca se utilizan animales de las razas holstein rojo, holstein negro, ayrshire y jersey. Para su manejo y alimentación, los animales son agrupados en 5 grupos según su nivel de producción.

El sistema de alimentación de cada grupo es diseñado para suplir sus requerimientos nutricionales, para lo cual se considera una base forrajera de pastoreo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y rye grass (*Lolium spp.*) y adicionalmente el suministro de forrajes conservados (heno de pasto angletón, henolaje y ensilaje de avena) y el uso de alimentos concentrados, incluyendo maíz molido y alimento balanceado comercial.

A nivel reproductivo, todos los animales se manipulan con inseminación artificial. Mediante el uso de semen, dependiendo la raza de la vaca, se buscan los cruces Jersey x Holstein y Ayrshire x Holstein y

adicionalmente se busca semen de toros que mejoran las características asociadas a la producción, la composición de la leche y la conformación de los animales. Los datos han sido extraídos del software de registros del sistema de producción InterHerd y organizados en planillas de Microsoft Excel. Se pretende analizar como mínimo 60 lactancias completas y se buscará tener lactancias de animales de diferentes razas (holstein y ayrshire) y de diferentes partos (1 a 6). Los datos serán sometidos a un análisis exploratorio y aquellos con inconsistencia biológica serán eliminados de la base de datos. Esta información será ajustada a diferentes modelos, incluyendo el modelo de Wood y modelos multifásicos. El ajuste será realizado en el programa R Project (R Core Team, 2021).

RESULTADOS PRELIMINARES

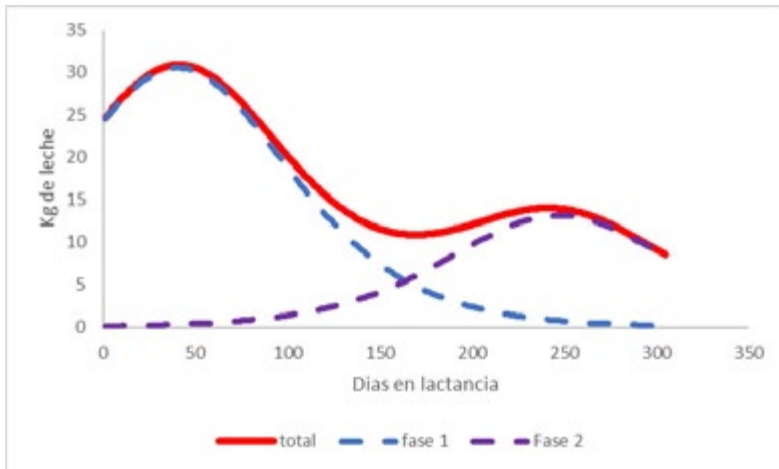
El análisis exploratorio de los datos de las lactancias 3, 4 y 6 del animal 0424 (vaca de la raza holstein) señaló un comportamiento bifásico de la curva de lactancia, en consecuencia, se optó por utilizar el modelo bifásico propuesto por Gossman y Koops (1988), en dicho modelo la producción de leche es estimada mediante la suma de dos funciones logísticas mediante la expresión:

$$Y_t = \sum_{i=1}^n \{a_i b_i [1 - (\tanh(b_i (t - c_i)))^2]\}$$

Donde Y_t es la producción de leche (kg) en el momento día de lactancia t , n es el número de fases de lactancia ($n = 1, 2$), \tanh es la tangente hiperbólica, para cada fase i , a_i es la producción máxima (pico) y c_i es el tiempo (días) de la producción máxima (Gossman y Koops, 1988). Una

representación gráfica del modelo se presenta en la Gráfica 1. De manera preliminar, el modelo fue ajustado mediante

la herramienta Solver de Microsoft Excel minimizando la suma de cuadrados del error (Harris, 1988).



Gráfica 1.

Representación gráfica del modelo de dos fases para describir la curva de lactancia de bovinos lecheros.
La producción total diaria corresponde a la sumatoria de las dos fases

En las tres lactancias evaluadas, el pico de producción de la primera fase fue similar, con un valor cercano a los 31 kg, sin embargo, para la lactancia 6, el pico de la segunda fase fue cercano a los 14 kg, marcadamente inferior a los valores de la

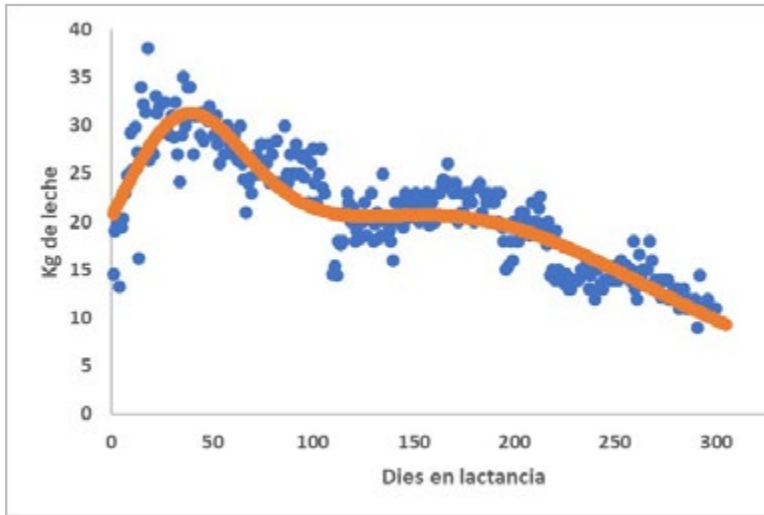
lactancia 3 (20.6 kg) y la lactancia 4 (24.1 kg), lo que sugiere una menor persistencia en la lactancia 6, lo cual se refleja en una menor producción acumulada a 305 días (Tabla 1).

Tabla 1.

Parámetros del modelo bifásico de curva de lactancia para 3 lactancias del animal 0424 (vaca de la raza holstein) en un sistema de producción de lechería especializada en Facatativá, Cundinamarca

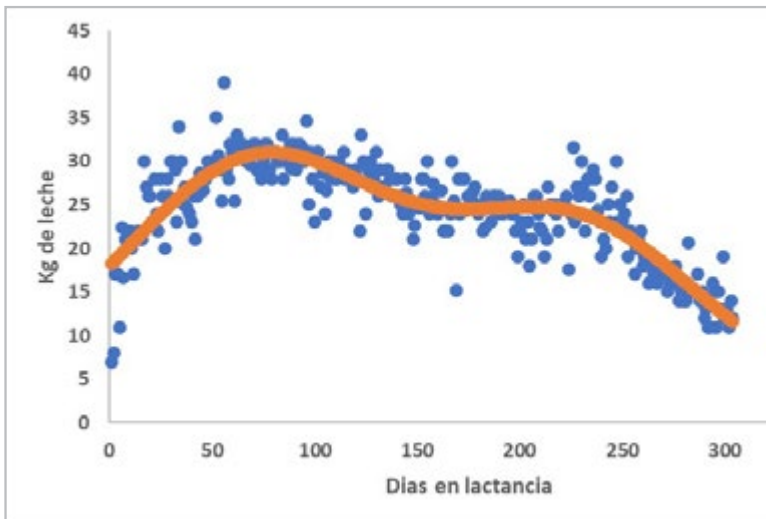
Lactancia	Parámetros						Acumulada*
	a1	b1	c1	a2	b2	c2	
3	1035	0.0205	33.73	2979	0.0068	167	6258
4	2760	0.0104	70	1785	0,0113	230	7437
6	2517	0.012	40.21	1087	0.0121	246	5383

*Producción de leche acumulada a 305 días de lactancia (kg)



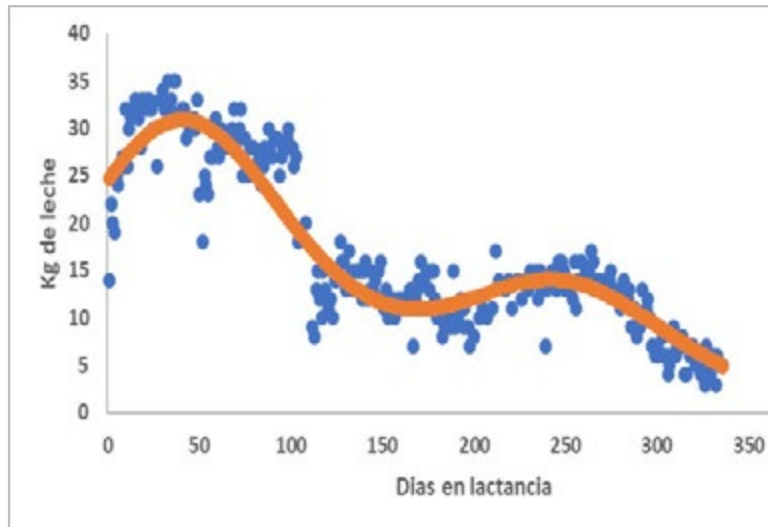
Gráfica 2.

Curva de lactancia modelada mediante un modelo de dos fases (lactancia 3)



Gráfica 3.

Curva de lactancia modelada mediante un modelo de dos fases (lactancia 4)



Gráfica 4.

Curva de lactancia modelada mediante un modelo de dos fases (lactancia 6)

Estudios previos han señalado algunos argumentos biológicos y fisiológicos que pueden explicar patrones bifásicos o multifásicos observados en las curvas de lactancia (Gossman y Koops, 2003). Asimismo, otros estudios han demostrado una mejor bondad de ajuste de los modelos multifásicos para describir la curva de lactancia en sistemas de lechería intensiva en Antioquia respecto al modelo clásico de Wood (Duque, 2018).

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares señalan un patrón bifásico de curva de lactancia, posiblemente asociado al tratamiento diferenciado que reciben los animales en su manejo nutricional en los tercios de lactancia. Los resultados pueden ser de utilidad para formular ajustes en el suministro nutricional de los animales en

búsqueda de minimizar la frecuencia de curvas de baja persistencia.

REFERENCIAS

- Carulla, J., Cárdenas, E., Sánchez, N. y Riveros, C. (2004). *Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana*. Seminario nacional de lechería especializada: Bases nutricionales y su impacto en la productividad. pp. 21-38. Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Carulla, J. y Ortega, E. (2015). Sistemas de producción lechera en Colombia: retos y oportunidades. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 24(2), 83-87.

- Duque, N. P., Casellas, J., Quijano, J. H., Casals, R., y Such, X. (2018). Fitting lactation curves in a Colombian Holstein herd using nonlinear models. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 71(2), 8459-8468.
- García, C. A. C., Montiel, R. L. A. y Borderas, T. F. (2014). Grasa y proteína de la leche de vaca: componentes, síntesis y modificación. *Archivos de Zootecnia*, 63(1):85-105. <https://doi.org/10.21071/az.v63i241.592>
- Grossman, G. y Koops, W. J. (1988). Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 71, 1598-1608.
- Grossman, G., Koops, W. J. (2003). Modeling extended lactation curves of dairy cattle: A biological basis for the multiphasic approach. *Journal of Dairy Science*, 86, 988-998.
- Harris, D. C. (1998). Nonlinear least-squares curve fitting with Microsoft Excel Solver. *Journal of Chemical Education*, 75, 119-121.
- Macciotta, N. P. P., Vicario, D. y Cappio-Borlino, A. (2005). Detection of different shapes of lactation curve for milk yield in dairy cattle by empirical mathematical models. *Journal of Dairy Science*, 88, 1178-1191.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Steri, R. (2009). The mathematical description of the lactation curve of ruminants: Issues and perspectives. [PhD Thesis, Scienze e Tecnologie Zootecniche]. University of Sassari.