



Veracruz 2019

ISSN: 2594-147X

**Avances en Investigación Agrícola,  
Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería,  
Desarrollo rural,  
Transferencia de tecnología,  
Biotecnología, Ambiente,  
Recursos naturales y Cambio climático**

**iniap**  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Año 3, Núm. 1



## **Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático**

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Este libro digital se elaboró en el Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP, en Medellín, Veracruz, en noviembre de 2019. C. P. 94277. Teléfonos: (229) 262 22 03, 04, 05. Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. Año 3, No. 1, noviembre 2019, es una publicación anual, editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, calle Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, C. P. 04010, Ciudad de México, México, Tel. (55) 3871-8700, [www.inifap.gob.mx](http://www.inifap.gob.mx). Editor responsable: M.C.

Sergio Alberto Curti Díaz. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-020610452000-203, ISSN: 2594-147X on line, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de este número Dr. Julio César Vinay Vadillo, Centro de Investigación Regional Golfo Centro del INIFAP. Km. 22.5 Carretera Veracruz-Córdoba, Paso del Toro, mpio. Medellín de Bravo, Ver. CP. 94277, Teléfonos: 229 262 22 03 al 05 y 01800 088 22 22, ext. 87809

<http://rctveracruz.org/doc/AvancesInvestigacionRC2019.pdf>

La cita correcta es:

Vinay, V. J. C., V. A. Esqueda E., O. H. Tosquy V., R. Zetina L., A. Ríos U., M. V. Vázquez H., A. L. Del Angel P. y C. Perdomo M. (comps.). 2019. Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático. INIFAP, CP, UACH, INAPESCA, UV, TecNM. Medellín, Ver., México. Año 3, Núm. 1, 2488 p.





<b>CRECIMIENTO DE BECERROS HOLSTEIN O SUIZO PARDO X CEBÚ DE HATO EXPERIMENTAL EN DOBLE PROPÓSITO</b>	<i>Benjamín Alfredo Piña Cárdenas, Ángel Ríos Utrera, Juan Prisciliano Zárate Martínez, Martha Eugenia Valdovinos Terán, Vicente Eliezer Vega Murillo, Francisco Tobías Barradas Piña, Javier Francisco Enríquez Quiroz, Maribel Montero Lagunes y Jaime Rangel Quintos</i>	<b>881</b>
<b>ANÁLISIS DE EMPRESAS FORRAJERAS PROVEEDORAS DE INSUMOS ALIMENTICIOS PARA GANADO BOVINO EN TLALIXCOYAN, VERACRUZ</b>	<i>Jaime Rangel Quintos, Venancio Cuevas Reyes, Betsy Yadira Reyes Balderas, Patricia Devezé Murillo y Javier Francisco Enríquez Quiroz</i>	<b>894</b>
<b>TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA EL CONTROL QUÍMICO DE ZARZA [<i>Mimosa pigra</i> var. <i>berlandieri</i> (A. Gray) B. L. Turner] EN PRADERAS TROPICALES DEL ESTADO DE VERACRUZ</b>	<i>Javier Francisco Enríquez Quiroz, Valentín A. Esqueda Esquivel y Francisco Enrique Cab Jiménez</i>	<b>903</b>
<b>PRODUCCIÓN DE FORRAJE DEL PASTO MAVUNO <i>Brachiaria</i> HÍBRIDO EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTE <i>Glomus intraradices</i></b>	<i>Mario Pérez Lemarroy, Javier Francisco Enríquez Quiroz, Erika Andrea Hernández, Maximino Zito Romero Figueroa</i>	<b>911</b>
<b>ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS DE PASTO MOMBAZA <i>Megathyrsus maximus</i> SOLO Y ASOCIADO CON LEGUMINOSAS EN LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ</b>	<i>Javier Francisco Enríquez Quiroz, José Pablo Manrique Martínez, Eduardo Daniel Bolaños Aguilar y Abraham Fragozo Islas</i>	<b>918</b>
<b>SELECCIÓN DE MODELOS PARA CURVAS DE LACTACIÓN EN VACAS HOLSTEIN Y SUIZO PARDO EN CLIMA SUBTROPICAL HUMEDO CON DISTINTOS TIPOS DE INFORMACIÓN</b>	<i>Julio Antonio Hernandez Zamudio, Selene Piscidia García Sarabia, Vicente Eliezer Vega Murillo, José Alfredo Villagomez Cortés, Sergio Iván Román Ponce, Moisés Montaña Bermúdez, René Carlos Calderón Robles, Ángel Ríos Utrera, Guillermo Martínez Velázquez, Juan José Baeza Rodríguez y Miguel Enrique Arechavaleta Velasco</i>	<b>928</b>
<b>ARREGLOS TOPOLOGICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE TAIWÁN (<i>Pennisetum purpureum</i>) EN PIEDRAS NEGRAS, VERACRUZ</b>	<i>Angel Capetillo Burela, Rigoberto Zetina Lezama, Sergio Uribe Gómez, Isaac Meneses Márquez, Cristian Matilde Hernández, Eusebio Ortega Jiménez y Catalino Jorge LópezCollado</i>	<b>939</b>
<b>EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN PREDESTETE SOBRE LA EDAD A LA PUBERTAD DE CORDERAS FI KATAHDIN x PELIBUEY</b>	<i>Rosendo Alberto Alcaraz Romero, José Javier G. Cantón Castillo, Javier Enrique Catillo Huchim, Jorge Alfredo Quintal Franco y Felipe Chin Montenegro</i>	<b>954</b>
<b>CALIDAD DE LA CARNE DE CORDEROS FI KATAHDIN x PELIBUEY ALIMENTADOS CON FORRAJE Y CONCENTRADO</b>	<i>Javier G. Cantón Castillo, Yolanda Moguel Ordoñez, Javier Castillo Huchim, Alberto Alcaraz Romero, Auri Pérez Chávez y Benjamín Alfredo Piña Cárdenas</i>	<b>963</b>
<b>EFFECTO DEL FORRAJE Y CONCENTRADO SOBRE LA CLASIFICACIÓN DE LA CANAL DE CORDEROS FI KATAHDÍN x PELIBUEY</b>	<i>José Javier G. Cantón Castillo, Rosendo Alberto Alcaraz Romero, Javier Enrique Castillo Huchim, Auri Pérez Chávez y Benjamín Alfredo Piña Cárdenas</i>	<b>970</b>



## SELECCIÓN DE MODELOS PARA CURVAS DE LACTACIÓN EN VACAS HOLSTEIN Y SUIZO PARDO EN CLIMA SUBTROPICAL HUMEDO CON DISTINTOS TIPOS DE INFORMACIÓN

Julio Antonio Hernandez Zamudio<sup>179\*</sup>, Selene Piscidia García Sarabia<sup>179</sup>, Vicente Eliezer Vega Murillo<sup>180</sup>, José Alfredo Villagomez Cortés<sup>179</sup>, Sergio Iván Román Ponce<sup>181</sup>, Moisés Montaña Bermúdez<sup>181</sup>, René Carlos Calderón Robles<sup>182</sup>, Ángel Ríos Utrera<sup>180</sup>, Guillermo Martínez Velázquez<sup>183</sup>, Juan José Baeza Rodríguez<sup>184</sup> y Miguel Enrique Arechavaleta Velasco<sup>181</sup>

### Resumen

El objetivo del presente estudio fue comparar y seleccionar el modelo más adecuado para describir la curva de lactación en dos tipos de información: a) registros totales mensuales (BT); y b) registros promedios del mes (BM), para una población de bovinos de razas Holstein y Suizo Pardo con sus cruzas recíprocas. Se utilizaron registros de producción de leche del sitio experimental las Margaritas localizado en Hueytamalco, Puebla con clima subtropical húmedo. Los registros de 313 lactaciones de vacas Holstein (n=84), Suizo Pardo (n=117), HoxSP (n=44) y SPxHO (n=68), finalmente se obtuvieron 3756 registros mensuales en cada base de datos. Los modelos utilizados fueron los propuestos por Brody, Wood, Cobby y Wilmink ajustados con valores iniciales para cada base de datos. Se utilizaron las pruebas de bondad de ajuste: 1) RMSE, 2) AIC y 3) BIC para seleccionar el mejor modelo. El modelo de Brody ( $p < 0.001$ ) fue el mejor ajustado a la base de datos de promedios mensuales y el modelo de Wilmink ( $p < 0.001$ ) lo fue para la base de datos con registros totales del mes. Los valores de ajuste RMSE AIC y BIC fueron muy similares en todos los modelos para ambas bases de datos, del mismo modo la forma final de

<sup>179</sup> Universidad Veracruzana. \*[Jahezio@gmail.com](mailto:Jahezio@gmail.com)

<sup>180</sup> CE La Posta-CIRGOC-INIFAP.

<sup>181</sup> CENID FyMA-INIFAP.

<sup>182</sup> SE Las Margaritas-CIRGOC-INIFAP.

<sup>183</sup> CE El Verdineño-CIRPAC-INIFAP.

<sup>184</sup> CE Mocochá-CIRSE-INIFAP.



la curva no presenta diferencias importantes en cada modelo o sus estimadores. Los modelos utilizados a pesar de su antigüedad siguen siendo pertinentes actualmente para describir la forma de la curva de lactación. Las bases de datos con producciones totales ya sean semanales o mensuales generan curvas de lactación más adecuadas a la realidad de los datos donde el modelo de Wilmink ofrece el mejor ajuste, sin embargo, el modelar los promedios mensuales con el modelo de Brody ofrece un panorama más general de la posible producción diaria real en las tres etapas de la lactación.

**Palabras clave:** modelo no lineales, bondad de ajuste, parámetros de lactación

## Introducción

La recolección de datos en la producción de leche bovina es de gran importancia en la producción de leche, en la granja es importante capturar los datos de raza y monitorear la producción individual para mantener el manejo general y de rentabilidad de la producción (Hosseini-Zadeh, 2014). Las principales inconsistencias en los registros se pueden presentar en datos incompletos de lactación, registros perdidos del genotipo y por diferentes esquemas de captura de la producción (mensual, quincenal o diaria), los cuales pueden ser analizados de diferentes maneras para caracterizar y comparar la producción. La evaluación de la producción de leche según distintos autores debe ser realizada en animales que tengan 305 días registrados de lactación, en México se contempla que no todos los niveles productivos cuentan con esa cantidad de registros, en esos casos el criterio para editar los datos debe ser el adecuado para obtener resultados más homogéneos y mejorar la veracidad de los estimadores finales de producción, sin embargo, el editar las bases y eliminar registros de animales conlleva la reducción del número de datos y pérdida de información lo que finalmente reduce la precisión de los estimadores productivos. Existen modelos matemáticos que describen la



producción de leche en vacas, los cuales permiten predecir la producción a lo largo de los 305 días de la lactación (Wood, 1967; Pollott y Gootwine, 2000). Estas funciones matemáticas buscan predecir la producción en cada día al asumir la curva de lactación estándar con error mínimo, y permite separar los componentes continuos de las influencias del ambiente en la producción, lo cual ofrece un resumen del rendimiento de leche en el tiempo (Macciota *et al.*, 2005). Los tipos de modelos estudiados hasta la fecha pueden ser lineales, que utilizan parámetros con funciones de días en lactación o sus transformaciones y se estiman con una regresión lineal; o modelos no lineales, que utilizan parámetros con funciones no lineales y requieren *software* estadístico de mayor capacidad (Daltro *et al.*, 2018). Los modelos no lineales como el descrito por Wood (1967) presentan la ventaja de obtener parámetros que describen la parte ascendente o descendente de la curva de lactación, lo cual permite una interpretación biológica de dichos parámetros en particular para cada raza y cruza. Cada conjunto de registros presenta diferentes formas y estimadores de la curva de lactación, es de importancia obtener los parámetros individuales según la característica a estudiar, como los distintos sistemas de manejo, razas y número de parto (Gloria *et al.*, 2012), pero también se deben considerar valores para distintos tipos de datos. La producción de ganado lechero en el trópico de México requiere el uso de cruza de razas adaptadas a las condiciones ambientales y a los esquemas de manejo de doble propósito. Con cruza entre animales *Bos taurus* x *Bos indicus* se generan animales productivos en las condiciones ambientales del trópico húmedo. Estas diferencias raciales y de manejo se reflejan en la producción máxima de leche, la cual al adaptarse mediante de curvas de lactación puede presentar diferencias en la predicción de la producción de leche (Pereira *et al.*, 2016). Para caracterizar adecuadamente la producción en el trópico y subtrópico de México con los modelos ya desarrollados se deben tomar en cuenta los tipos de datos recolectados, diferenciando cuando se tienen producciones totales en un lapso (semana, mes) o registros promedio (día, semana o mes). Se contempla que las predicciones realizadas por las funciones matemáticas pueden subsanar los huecos en los registros faltantes, lo cual podría ayudar a evaluar vacas con registros incompletos para valorar sus características



individuales de importancia económica para la unidad de producción (Wasike *et al.*, 2014). No existe consenso de que modelo puede ajustar mejor bajo qué características y en qué nivel de disponibilidad de los datos, en este aspecto no se tiene un juicio que determine la función ideal para ciertos datos, esto implica que es necesario un modelo que describa lactaciones que contemplen registros mensuales o sus promedios. El objetivo de este estudio fue comparar modelos para describir la curva de lactación y seleccionar el que mejor ajuste a una población de ganado lechero SP, HO y sus cruzas con registros mensuales y sus promedios.

## **Materiales y métodos**

### **Lugar de estudio**

El estudio se realizó en el sitio experimental Las Margaritas, localizado en el municipio de Hueytamalco, en la sierra nororiente del estado de Puebla, México, a 500 m.s.n.m., y cuenta con un clima subtropical húmedo semicálido. Los animales utilizados en este estudio fueron de las razas Holstein (HO; n=84); Suizo Pardo (SP; n=117) y sus cruzas recíprocas (HOSP; n=44) y (SPHO n=68) para un total de 313 lactaciones. Los animales en estudio fueron producidos por inseminación artificial o monta natural a partir de 106 sementales y 153 madres. Los partos registrados ocurrieron desde el año 1998 hasta el 2014.

### **Manejo de los animales**

El manejo reproductivo inicio cuando alcanzaron aproximadamente 350 kg, las hembras en celo fueron inseminadas de la manera convencional y el diagnóstico de gestación se realizó a partir de los 45 días desde la última inseminación. El manejo nutricional constó de pastoreo rotacional en potreros con zacate estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), con periodos de ocupación de los potreros de 2 a 3 días, y periodos de descanso de 35 a 40 días, con variaciones estacionales, se mantuvieron con una carga animal de 2.5 unidades animal por hectárea al año, las vacas recibieron de 20 a 30 kg por animal al día de caña japonesa (*Saccharum sinense*)





durante la época de sequía (noviembre a marzo), además recibieron durante el ordeño 3.5 kg de un alimento concentrado comercial (16% de proteína cruda y 70% de total de nutrientes digestibles) al día, las vacas secas recibieron 2 kg del mismo tipo de alimento al día. El manejo de ordeño comenzaba con el ingreso a la sala de ordeño a partir del cuarto día después del parto. Se ordeñaron dos veces al día mecánicamente y el pesaje de la leche fue con medidores proporcionales tipo Waikato, los cuales estaban integrados a la ordeñadora mecánica.

### Manejo de los registros

Los datos se obtuvieron de registros mensuales de lactación y sus promedios, se analizaron 3756 registros mensuales de producción de leche de las 313 lactaciones, se utilizaron dos tipos de bases de datos para ajustar los modelos de lactación, la primera tiene la producción mensual total (BT) y la segunda cuenta con los promedios para cada mes (BM). La producción total de leche de cada día se obtuvo sumando la leche producida durante el primer ordeño a la producida durante el segundo. Los registros seleccionados cumplen la condición de que las vacas deben haber sido secadas a los siete meses de gestación o cuando su producción de leche fue menor a 2 kg por día.

### Modelos de lactación

Para comparar las ecuaciones matemáticas que describen la producción de leche se corrieron cuatro modelos comúnmente utilizados para ajustar la curva de lactación en las bases de datos con registros mensuales totales BT y bases de datos con los promedios del BM (Brody y Turner 1923; Brody y Turner 1924; Cobby y Le Du, 1978; Wilmink, 1987).

Los modelos incluidos en el estudio fueron:

- 1) La ecuación de gamma incompleta de Wood

$$Y_t = a * t^b * e^{-ct}$$

- 2) La función exponencial de Wilmink

$$Y_t = a + b e^{kt + ct}$$

- 3) La ecuación de Brody:



$$Y_t = a^{-b*t} - a^{-c*t}$$

4) Modelo de Cobby:

$$Y_t = a - b*t - a*e^{-c*t}$$

Donde  $Y_t$  = producción predicha en el tiempo  $t$ ,  $a$  = parámetro de producción inicial,  $b$  = velocidad de incremento al pico,  $c$  = velocidad de decremento al final. Cada modelo se ajustó con el procedimiento NLIN del paquete estadístico SAS versión 9.3 con el método de iteración de Gauss-Newton. Para determinar el modelo que mejor se ajuste a los datos, los modelos se sometieron a pruebas de bondad de ajuste de las cuales se utilizaron:

El valor menor de RMSE:

$$RMSE = \text{raíz} (RSS / (n - p - 1))$$

El criterio de información de Akaike (AIC siglas en inglés):

$$AIC = -n * \log (RSS) + 2p$$

El criterio de información Bayesiano (BIC siglas en inglés):

$$BIC = n \ln (RSS/n) + p * \ln(n)$$

Donde RSS es la suma de cuadrados de los residuales obtenidos para cada modelo,  $\ln$  es la base de logaritmo natural,  $p$  es el número de parámetros que incluye el modelo y  $n$  es la cantidad de registros mensuales que se incluyeron. Para determinar el mejor ajuste se utilizaron los valores más bajos en las pruebas mencionadas (Akaike, 1973).

## Resultados y discusión

Los estimadores de los parámetros obtenidos para la curva de lactación en bases de datos con registros de promedios mensuales se presentan en el Cuadro 1. El modelo de Brody presentó mejor ajuste en las tres pruebas RMSE, AIC y BIC para la base con los promedios mensuales BM de producción de leche, los resultados en las tres pruebas de bondad de ajuste son muy similares para esta base de datos, esto es probablemente causado por la tendencia central que tienen los promedios



ingresados en cada modelo, es considerable que el modelo de Wood tiende a subestimar la producción al inicio de la lactación mientras que el modelo de Brody puede sobreestimar este mismo parámetro. Los modelos de Brody, Cobby y Wilmlink presentan valores de  $a$  muy similares, el caso de Brody y Cobby son modelos derivados de los principios empíricos de la lactación propuestos por Gaines (1927), por su parte Wilmlink incluye un cuarto parámetro  $k$  el cual se describe en la literatura como 0.05, la cantidad de parámetros del modelo influye en el valor de las pruebas de ajuste dado que, es una constante que forma parte de las ecuaciones para identificar el mejor modelo.

**Cuadro 1. Estimadores de cuatro modelos de lactación en registros de promedios mensuales.**

Parámetro	Wilmlink	Wood	Cobby	Brody
a	16.70	4.97	16.56	18.90
b	-0.031	0.324	0.031	0.003
c	-14.29	0.00495	0.057	0.046
RSS	56485.0	56597.2	56431.8	56172.8
AIC	17854.26	17857.49	17852.72	17845.21
BIC	4432.31	4435.55	4430.77	4423.27
RMSE	3.880	3.883	3.878	3.869

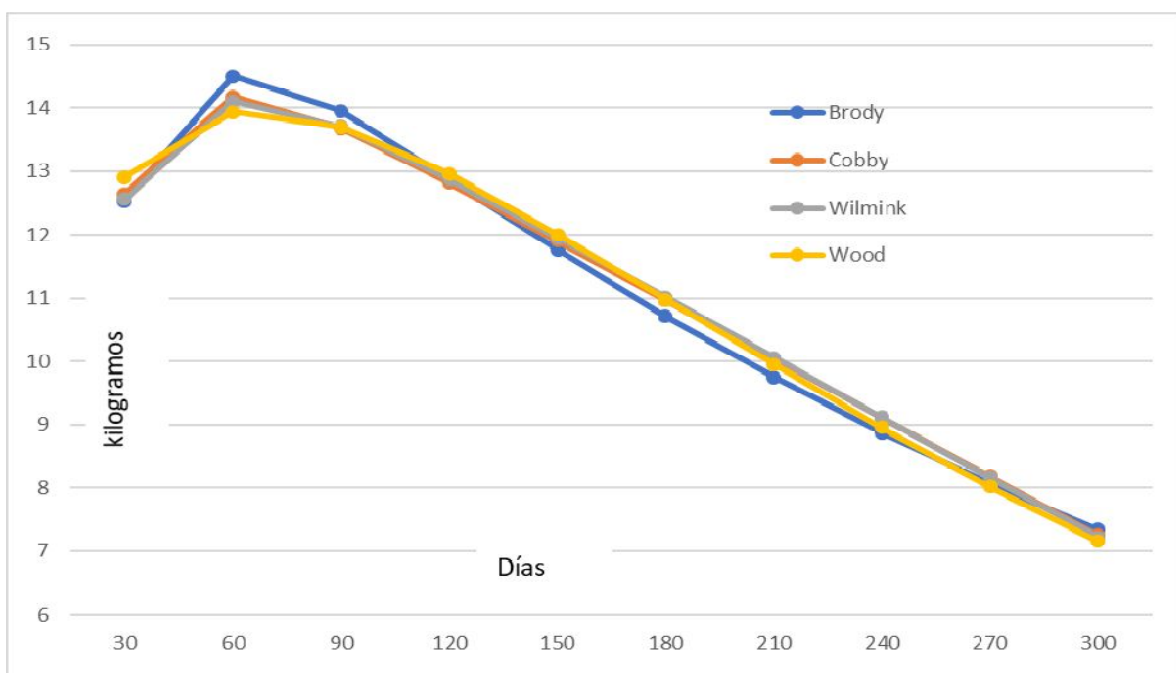
Los estimadores para los modelos ajustados a bases de datos con totales mensuales se presentan en el Cuadro 2. En el caso de las bases BT el modelo que mejor ajustó en las pruebas de bondad fue el Modelo de Wilmlink el cual contiene un cuarto parámetro, este puede ser el que marcó la diferencia cuando se utilizaron bases de datos con totales mensuales. El modelo de Wood para las BT propone una producción en el día 0 de 24.7 kg lo cual es un valor ilógico desde el punto de vista biológico, pero permite estimar los siguientes escenarios de la curva muy similar a los otros modelos (Figura 2). En este caso el modelo de Wilmlink describe la curva muy similar a los modelos restantes, pero presenta aumento de estimación de la producción al pico y menos producción al final de la lactancia en comparación con los otros modelos. Para ambas bases de datos los valores de ajuste de RMSE, AIC y BIC son muy similares, lo cual podría indicar que la pertinencia de estos modelos puede ser similar.



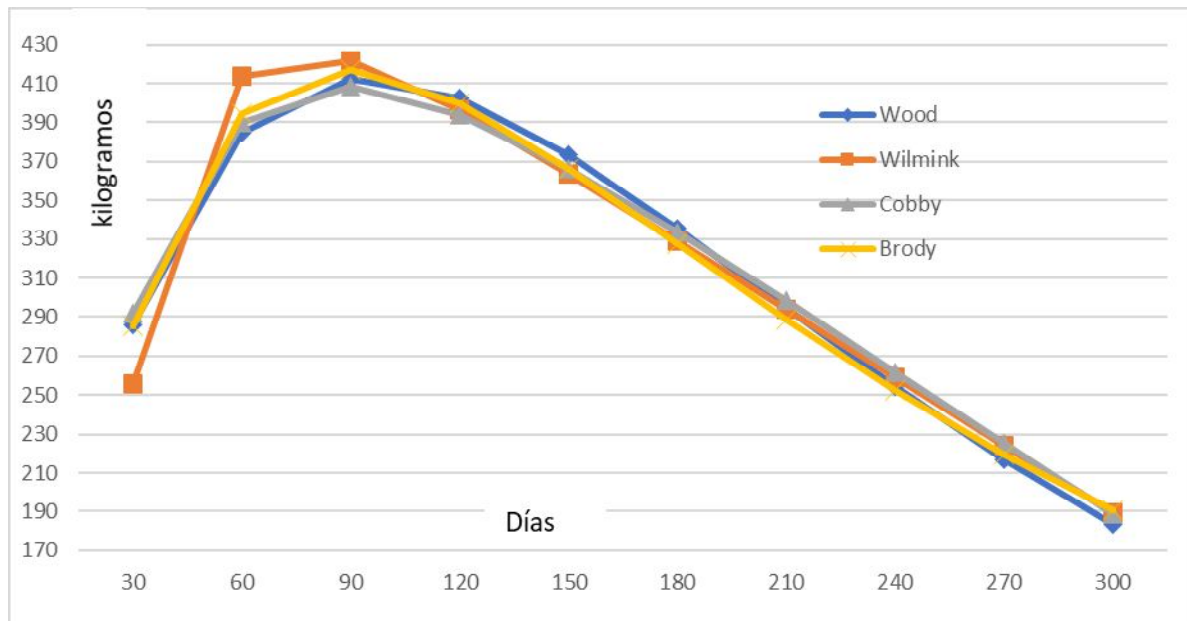
**Cuadro 2. Estimadores de los parámetros para cuatro modelos de lactación en base de datos con registros mensuales totales.**

Parámetro	Wilmink	Wood	Cobby	Brody
a	538.8	24.78	557.3	818.3
b	1.1645	0.7931	1.2284	0.0048
c	-1112	0.00841	0.0297	0.0221
RSS	36980873	38566840	38206258	38131126
AIC	28431.32	28499.82	28484.49	28481.28
BIC	15009.37	15077.87	15062.5521	15059.34
RMSE	99.27	101.38	100.91	100.81

Las curvas de lactación estimadas para los promedios BM y los totales BT se presentan en las Figuras 1 y 2. En ambos casos todos los modelos fueron significativos ( $p < 0.001$ ) y presentan similitudes en su forma, aunque los parámetros estimados sean aparentemente diferentes para cada modelo.



**Figura 1. Comparación de modelos para bases de datos con promedios mensuales de lactación.**



**Figura 2. Comparación de modelos para bases de datos con totales mensuales de lactación.**

Los parámetros obtenidos para la base de datos BM para el mejor modelo (Brody) fueron  $a=18.9$ ;  $b=0.003$ ;  $c=0.046$ ; estos valores concuerdan con lo obtenido por Palacios *et al.* (2016), que refiere al modelo de Brody como uno de los dos mejores junto con el modelo de Wood, para describir bovinos de raza Siboney productores de leche además también comparó los modelos de Wilmink y Cobby con parámetros similares a los reportados en este estudio.

En cuanto a los parámetros de Wilmink en la base de datos BT fueron de  $a=538.8$ ;  $b=1.164$ ;  $c=-1112$ ; en este modelo el valor de  $a$  está relacionado con la producción máxima alcanzada al inicio, mientras que  $b$  y  $c$  están relacionados con las pendientes de la curva. Estos resultados son congruentes con los reportados en la literatura que indican que el modelo de Wilmink es el que mejor se ajusta en el caso de vacas de primera lactación y que presentan baja producción (<15 litros.) al utilizar los valores de AIC y BIC.



## Conclusiones

1. El modelo de Brody se ajustó mejor a los promedios mensuales, sin embargo, la forma que presentan las curvas en la BM para todos los modelos presenta similar inclinación hacia el final de la lactación, aparentemente es una recta desde el pico.
2. El incremento en la producción al pico es similar en todos los modelos para ambos tipos de registro, excepto en las bases BT donde Wilmink estima valores más altos en este punto.
3. El modelo de Wilmink es adecuado cuando se trata de ajustar a totales mensuales de producción.
4. Los modelos utilizados a pesar de su antigüedad siguen siendo pertinentes actualmente para describir la forma de la curva de lactación en ambos tipos de registros.
5. Las bases de datos con producciones totales ya sean semanales o mensuales generan curvas de lactación más adecuadas a la realidad de los datos, sin embargo, el modelar los promedios mensuales ofrece un panorama más general de la posible producción diaria real en las tres etapas de la lactación.

## Literatura citada

- Akaike, H. 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. Proceedings of the Second International Symposium on Information Theory (Eds. Petrov, B.N. y Csaki, F.). Budapest: Akademiai Kiado. 267-281.
- Brody, S., A. Ragsdale y C. Turner. 1923. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. The Journal of general physiology 5(4): 441-444.
- Brody, S., A. Ragsdale y C. Turner. 1924. The relation between the initial rise and the subsequent decline of milk secretion following parturition. The Journal of general physiology 6 (5): 541-545.
- Cobby, J. y J. Le Du. 1978. On fitting curves to lactation data. Animal Science 26 (2): 127-13.



- Daltro, D. D. S., A. H. Padilha, L. Telo da Gama, M. V. Silva, J. C. Panetto, J. Machado, y J. A. Cobuci. 2019. Heterosis in the components of lactation curves of Girolando cows. *Italian Journal of Animal Science* 18 (1): 267-278.
- Gaines, W. L. 1927. Measures of persistency of lactation. *Journal of Agricultural Research* 34:373.
- Gloria J. R., J.A.G. Bergmann, C. R. Quirino, J.R.M. Ruas, J. C. C. Pereira, R. B. Reis, *et al.*, 2012. Environmental and genetic effects on the lactation curves of four genetic groups of crossbred Holstein-Zebu cows. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41: 2309-2315.
- Hossein-Zadeh, G. N. 2014. Comparison of non-linear models to describe the lactation curves of milk yield and composition in Iranian Holsteins. *The Journal of Agricultural Science* 152: 309-324.
- Macciotta, N., D. Vicario y A. Cappio-Borlino. 2005. Detection of different shapes of lactation curve for milk yield in dairy cattle by empirical mathematical models. *Journal of Dairy Science* 88(3): 1178-1191.
- Palacios A., J. Domínguez-Viveros, Y. Padrón-Quintero, M. Rodríguez-Castro, F. A. Rodríguez-Almeida, J. L. Espinoza-Villavicencio, *et al.* 2016. Caracterización de la curva de lactancia de bovinos siboney con modelos no lineales mixtos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7: 233-243.
- Pereira M. A., M. L. Menezes, V.S. Oliveira, M. S. Lima, C. T. G. Carvalho y A. D. F. Santos. 2016. Lactation curves of crossbred Taurine x Zebu cows. *Boletim de Indústria Animal* 73:118-126.
- Pollott, G. y E. Gootwine. 2000. Appropriate mathematical models for describing the complete lactation of dairy sheep. *Animal Science* 71:197-207.
- Wasike C. B., A. K. Kahi y K. J. Peters. 2014. Genetic relationship between lactation curve traits in the first three parities of dairy cattle. *South African Journal of Animal Science* 44:245-253.
- Wilmink, J. 1987. Comparison of different methods of predicting 305-day milk yield using means calculated from within herd lactation curves. *Livestock Production Science* 17:1-17.
- Wood, P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216: 164-168.