

# CARACTERÍSTICAS DE LA CURVA DE LACTANCIA DE UNA POBLACIÓN DE BÚFALAS MURRAH EN EL ESTADO DE TABASCO

## CHARACTERISTICS OF THE LACTATION CURVE OF A MURRAH BUFFALO FEMALE POPULATION IN THE STATE OF TABASCO

Cintya Christel Moran-Núñez<sup>1</sup>, Joel Domínguez-Viveros<sup>2§</sup>, Carlos Luna-Palomera<sup>1</sup>, Jorge Alonso Peralta-Torres<sup>1</sup>, Nadia Florencia Ojeda-Robertos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuarias. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología. §Autor de correspondencia: (jodominguez@uach.mx).

### RESUMEN

El objetivo fue caracterizar la curva de lactancia (*CL*) de búfalas Murrah con modelos no lineales (*MNL*). Se analizaron 5334 datos de producción diaria de leche (kg), tomados cada siete días en el intervalo de uno a 250 días en lactancia; correspondientes a 221 lactancias y 145 búfalas, con partos de 2017 a 2019. Los datos procedieron de un hato ubicado en el municipio de Centro, Tabasco. Se evaluaron cinco *MNL*: Wood (*WOD*); Wiltmink (*WIL*); Cobby (*COB*); Brody (*BRO*); Sikka (*SIK*); además, se estimó la producción al inicio de la lactancia (*PI*), días para alcanzar la producción máxima (*DPMAX*), producción máxima (*PMAX*), y la producción total (*PTOTAL*). La selección del modelo de mejor ajuste se realizó con base en cuatro criterios: error de predicción promedio; varianza del error de predicción; coeficiente de determinación ( $R^2$ ); y, criterio de información Akaike. Todos los *MNL* presentaron un  $R^2$  superior a 0.90, el modelo de mejor ajuste fue *WOD*, seguido de *WIL* y *COB*. La *CL* fue del tipo continuamente incrementando; *PI* de 4.83 kg; *DPMAX*, 26; *PMAX*, 5.92 kg; y, *PTOTAL* de 1263 kg.

**Palabras clave:** ganadería tropical, modelos no lineales, producción de leche.

### ABSTRACT

The objective was to characterize the lactation curve (*CL*) of Murrah buffalo with non-linear models (*MNL*). 5334 data on daily milk production (kg) were analyzed, taken every seven days in the range of one to 250 days in lactation; corresponding to 221 lactations and 145 buffaloes, with calving from 2017 to 2019. The data came from a herd located in the municipality of Centro, Tabasco. Five *MNLs* were evaluated: Wood (*WOD*); Wiltmink (*WIL*); Cobby (*COB*); Brody (*BRO*); Sikka (*SIK*); In addition, production at the start of lactation (*PI*), days to reach maximum production (*DPMAX*), maximum production (*PMAX*), and total production (*PTOTAL*) were estimated. The best fit model was selected based on four criteria: average prediction error; variance of the prediction error; coefficient of determination ( $R^2$ ); and, Akaike information criterion. All *MNL* had an  $R^2$  higher than 0.90, the best fit model was *WOD*, followed by *WIL* and *COB*. The *CL* was of the type continuously increasing; *PI* of 4.83 kg; *DPMAX*, 26; *PMAX*, 5.92 kg; and, 1263 kg *PTOTAL*.

**Index words:** tropical livestock, nonlinear models, milk production.

## INTRODUCCIÓN

El búfalo (*Bubalus bubalis*) es un rumiante perteneciente a la familia Bovidae, tiene origen asiático, donde se encuentra el 98 % de la población mundial; las razas de búfalo representan el 3 % del total de razas de mamíferos registradas en el mundo y se reporta en 41 países. Se clasifican en tres aspectos productivos (carne, leche y tracción o labores agrícolas) y dos tipos: el búfalo de río (procedente de Asia Meridional), que constituye una fuente de productos lácteos destacable en esta zona, y el búfalo de pantano (procedente del este asiático) que desempeñó una función importante en las labores agrícolas (FAO, 2010). La contribución del búfalo a la producción lechera es de gran relevancia en la región de Asia y bastante importante en el Cercano y Medio Oriente. La raza Murrah, de carácter lechero es originaria de la India y la más difundida en el mundo; es de color negro azabache, los adultos pueden pesar 800 kg en los machos y 600 kg las hembras; en la producción de leche, la lactancia puede extenderse de 240 a 305 días, con producción promedio diaria de 5 kg y un porcentaje de grasa del 7.3 % (Borghese, 2005). En México, la producción de búfalos se desarrolla en doce estados de la región tropical y subtropical, principalmente; los criadores están organizados en la Asociación Mexicana de Criadores de Búfalos (AMEXBU, 2019).

La evolución de la producción lechera, desde el parto hasta el secado, puede ser representada gráficamente por una curva de lactancia; definida y analizada con modelos lineales o no lineales (*MNL*), donde los *MNL* resumen el comportamiento en un reducido número de parámetros o indicadores (Quintero et al., 2007a) que pueden utilizarse en los programas de mejoramiento genético con base en selección. No obstante, para implementar programas de mejoramiento genético en producción de leche, el primer paso es caracterizar los niveles de producción y la curva de lactancia de la población de interés; siendo estos los objetivos del presente estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

De búfalas Murrah, se analizaron 5334 observaciones de producción diaria de leche (kg), tomados cada siete días en el intervalo de uno a 250 días en lactancia; correspondientes a 221 lactancias y 145 búfalas, con partos ocurridos de 2017 a 2019. Los datos procedieron de un hato ubicado en el municipio de Centro, en el estado de Tabasco; con manejo en terrenos inundables y de laguna, alimentación con base en pastoreo de pastos nativos; el clima es cálido húmedo con lluvias en verano (2332 mm media anual) con temperatura promedio anual de 26.1° C. Para analizar y caracterizar la curva de lactancia (*CL*) se evaluaron cinco modelos no lineales, (*MNL*), con tres coeficientes de regresión ( $\beta_i$ ) cada uno: Wood (*WOD*); Wilmink (*WIL*); Cobby (*COB*); Brody (*BRO*); y, Sikka (*SIK*); a partir de los  $\beta_i$  de cada modelo, se estimó la producción al inicio de la lactancia (*PI*), días para alcanzar la producción máxima, producción al pico o máxima, y la producción total (*PTOTAL*) o acumulada a 250 días de lactancia, como indicadores de la *CL* (Quintero et al., 2007a; García-Muñiz et al., 2008).

La selección del modelo de mejor ajuste se realizó con base en cuatro criterios: el error de predicción promedio (*EPP*); la varianza del error de predicción (*VEP*); el coeficiente de determinación ( $R^2$ ); y, criterio de información Akaike (*AIC*). El *EPP* analiza la relación que existe entre la producción medida y la producción estimada para el *i*-ésimo día de lactancia, y en función del signo el *MNL* sobreestima (+) o subestima (-) las predicciones. Para *EPP*, *VEP* y *AIC*, el modelo con el menor valor se consideró como el de mejor ajuste; a diferencia del  $R^2$ , el modelo con el valor más alto representa el mejor ajuste (Motulsky y

Christopoulos, 2003; Palacios-Espinosa et al., 2016). Los análisis se realizaron con el procedimiento NLIN del software para análisis estadístico SAS(SAS, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los modelos presentaron un  $R^2$  superior a 0.90 (Tabla I), y con base en el *EPP*, las predicciones de producción de leche tendieron a subestimar la información analizada. Dado los resultados del *AIC* el modelo de mejor ajuste fue *WOD*, seguido de *WIL* y *COB*. En otros estudios con poblaciones de búfalas Murrah, reportaron la caracterización de la *CL* con base en un modelo lineal cuadrático logarítmico (Fraga et al., 2003; Muñoz-Berrocal et al., 2005; Muñoz et al., 2008); con relación a los *MNL* en búfalas de otras razas, (Quintero et al., 2007b) reportaron que el modelo de mejor ajuste fue *SIK*, seguido de *BRO* y *WOD*; asimismo, (Quintero et al., 2008) publicaron que el *MNL* de mejor ajuste fue el Papajcsik, comparados con *WIL*, *BRO* y *WOD*.

**Tabla I.** Ajuste de modelos no lineales en la caracterización de curvas de lactancia de búfalas Murrah.

Ítem <sup>§</sup>	<i>WOD</i>	<i>WIL</i>	<i>COB</i>	<i>BRO</i>	<i>SIK</i>
$\beta_1$	4.8459	6.4790	6.1872	6.2702	5.9921
$\beta_2$	0.0833	-0.0107	0.00885	0.00172	-0.00065
$\beta_3$	0.00277	-1.2055	0.9220	0.6577	0.0000046
<i>AIC</i>	4266.6	4276.3	4321.3	4328.8	4323.1
$R^2$	92.6	92.6	92.5	92.5	92.4
<i>EPP</i>	-7.5	-7.6	-7.7	-7.8	-7.9
<i>VEP</i>	2.14	2.15	2.16	2.18	2.18
<i>PI</i>	4.83	5.32	3.72	3.01	5.69
<i>DPMAX</i>	26	35	7	9	3
<i>PMAX</i>	5.92	5.90	6.12	6.16	5.99
<i>PTOTAL</i>	1263.6	1264.3	1269.0	1270.3	1268.3

$\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  = coeficientes de regresión que conforman los modelos no lineales evaluados. *AIC*, criterio de información Akaike.  $R^2$ , coeficiente de determinación (%). *EPP*, error de predicción promedio. *VEP*, varianza del error de predicción. *PI*, producción al inicio de la lactancia. *DPMAX*, días para alcanzar la máxima producción o pico. *PMAX*, máxima producción o producción al pico. *PTOTAL*, producción total acumulada a 250 días de lactancia. Modelos: *WOD*, Wood; *WIL*, Wiltmink; *COB*, Cobby; *BRO*, Brody; *SIK*, Sikka.

Los  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$  de los *MNL* están asociados a la producción al inicio de la lactancia, a la fase ascendente hasta la producción máxima, así como a la tasa descendente o persistencia, respectivamente; además, permiten

derivar otros indicadores de la producción, parcial o total, a través del tiempo (Macciotta et al., 2011; Landete-Castillejos y Gallego, 2000), así como se presentan las *CL* con base en los modelos de *WOD* y *WIL* (Figura I). Dado la combinación de signos en los  $\beta_2$  y  $\beta_3$  la *CL* tiene un patrón de comportamiento (Macciotta, Vicario y Cappio-Borlino, 2005); *WIL* se describe como una *CL* estándar o típica y *WOD* como continuamente incrementando. La *CL* de este estudio difiere a lo reportado por Hurtado-Lugo, Cerón-Muñoz y Gutiérrez-Valencia (2006) y Aspilcueta et al. (2009), quienes estimaron el pico de producción en el segundo mes de lactación, y posteriormente una lenta disminución de la producción hasta el final de la lactación. Los niveles de producción de este estudio (*PTOTAL*) coinciden con los reportados por Aspilcueta et al. (2009) y Tonhati, Vasconcellos y Albuquerque, 2000); mientras que valores superiores fueron reportados por Ramos, Malhado & Carneiro (2006), Malhado et al. (2007), Rosati y Van Vleck et al. (2002).

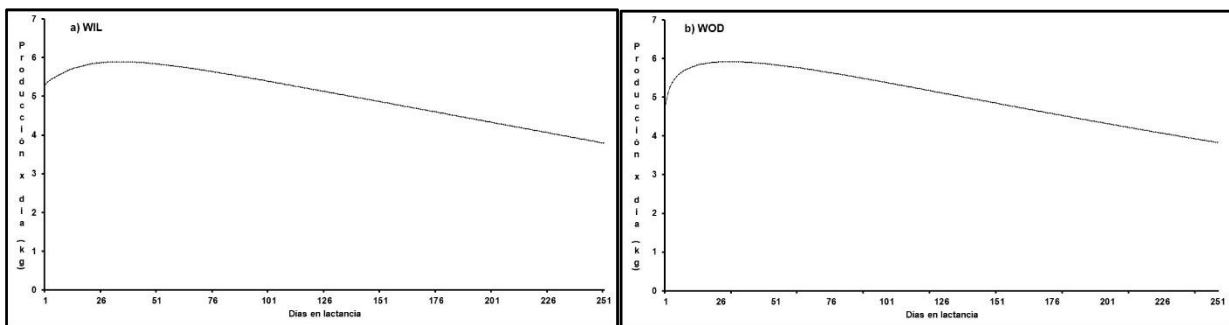


Figura I. Descripción de la curva de lactancia de búfalas Murrah, ajustada a 250 días con base en los modelos de Wiltmink (a; *WIL*) y Wood (b; *WOD*).

## CONCLUSIONES

En búfalas Murrah, el modelo de Wood fue el que mejor se ajustó para caracterizar la curva de lactancia a 250 días; presentó una curva continuamente incrementando, con una producción máxima de 5.92 kg a los 26 días, así como una producción total acumulada de 1263 kg.

## REFERENCIAS

- AMEXBU. 2019. *Asociación Mexicana de Criadores de Búfalos*. [www.amexbu.org.mx](http://www.amexbu.org.mx) (consultado: 1 de julio de 2019).
- Aspilcueta, B., Ramírez-Díaz, R. J., Seno, O. L., Muñoz, B. M., Hurtado-Lugo, N., Galvao, A. L. y Tonhati, H. (2009). Evaluación genética de búfalos de la raza Murrah para la producción de leche en el día de control y a los 305 días de lactancia. *Livestock Research for Rural Development*, 21(1), 1-8.
- Borghese, A. (2005). *Buffalo production and research*. Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura. Roma, Italia. 321 p.
- FAO. (2010). *La situación de los recursos zoo genéticos mundiales para la alimentación y la agricultura*. Roma, Italia. 596 p.
- Fraga, L., Gutiérrez, M. M., Fernández, L., Fundadora, O. y González, M. E. (2003). Estudio preliminar de las curvas de lactancia en búfalas mestizas Murrah. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37, 151-155.

- García-Muñiz, J. G., Martínez-González, E. G., Núñez-Domínguez, R., Ramírez-Valverde, R., López-Ordaz, R. & Ruiz-Flores, A. (2008). Comparación de ecuaciones para ajustar curvas de lactancia en bovinos. *Revista Científica FCV-LUZ*, 18(2), 160-169.
- Hurtado-Lugo, N., Cerón-Muñoz, M. y Gutiérrez-Valencia, A. (2006) Estimación de parámetros genéticos para la producción de leche en el día de control en búfalos de la Costa Atlántica Colombia. *Livestock Research for Rural Development*, 18(3), 15-25.
- Landete-Castillejos, T. and Gallego, L. (2000). Technical note: the ability of mathematical models to describe the shape of lactation curves. *Journal of Animal Science*, 78, 3010-3013.
- Macciotta, N. P., Dimauro, P. D., Rattu, S. P. G., Steri, R. and Pulina, G. (2011). The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. *Italy Journal of Animal Science*, 10, 213-224. DOI: [10.4081/ijas.2011.e51](https://doi.org/10.4081/ijas.2011.e51)
- Macciotta, N. P., Vicario, P. D. and 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.
- Malhado, C. H., Ramos, A., Carneiro, P., Souza, J. & Piccinin, A. (2007). Parâmetros e tendências da produção de leite em bubalinos da raça Murrah no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 376-379.
- Motulsky, H. and Christopoulos, A. (2003). *Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression. A practical guide to curve fitting*. Graph Pad Software Inc. 250 p.
- Muñoz, B. M., Tonhati, H., Aspilcueta, B. R. y Hurtado-Lugo, N. (2008). Uso de modelos lineales y no lineales para el estudio de la curva de lactancia en búfalos Murrah y sus cruces en sistemas de cría extensiva en el estado de Sao Paulo. *Livestock Research for Rural Development*, 20(9), 1-11.
- Muñoz-Berrocal, M., Tonhati, H., Cerón-Muñoz, M., Duarte, M. C. & Chabariberi, R. L. (2005). Uso de modelos lineares e não lineares para o estudo da curva de lactação em Bufalos Murrah e seus mestiços em sistema de criação semi extensivo, no Estado de São Paulo. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 13, 19-23.
- Palacios-Espinosa, A., Domínguez-Viveros, J., Padrón-Quintero, Y., Rodríguez-Castro, M., Rodríguez-Almeida, F. A., Espinoza-Villavicencio, J. L. y Ávila-Serrano, N. Y. (2016). Caracterización de la curva de lactancia de bovinos Siboney con modelos no lineales mixtos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7, 233-242.
- Quintero, V. J. C., Serna, J. I., Hurtado, N. A., Rosero, N. R. y Cerón-Muñoz, M. F. (2007\*). Modelos matemáticos para curvas de lactancia en ganado lechero. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20, 149-156.
- Quintero, V. J., Serna, G. J. & Cerón-Muñoz, M. (2007b). Modelos mixtos no lineales en curvas de lactancia de búfalas en un sistema de producción orgánica en el Magdalena Medio Antioqueño (Colombia). *Livestock Research for Rural Development*, 19(4), 1-7.
- Quintero, V. J. C., Serna, G. J., Cerón, M. M., Hurtado, L. N. y Agudelo, G. D. A. (2008). Estimación de la curva de lactancia mediante modelos matemáticos lineales y no lineales en búfalas colombianas. *Revista Lasallista de Investigación*, 5, 34-44.
- Ramos, A. A., Malhado, C. H. M. & Carneiro, P. L. S. 2006 Caracterização fenotípica e genética da produção de leite e do intervalo entre partos em bubalinos da Raça Murrah. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 1261-1267.
- Rosati, A. and Van Vleck, L. D. (2002). Estimation of genetic parameters for milk, fat, protein and mozzarella cheese production in Italian river buffalo population. *Livestock Production Science*, 74, 185-190.

SAS. (2005). *SAS/STAT User's Guide* (Release 9.0). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.

Tonhati, H., Vasconcellos, F. B. and Albuquerque, L. G. (2000). Genetic aspects of productive and reproductive traits in a Murrah buffalo herd in São Paulo, Brazil. *Journal of Animal Breeding Genetics*, *117*, 331-336.