



Versión impresa ISSN 1666-938X

Versión digital ISSN 2362-5589

ARTÍCULO ORIGINAL

## Determinación de la curva de lactancia de cabras Saanen del noroeste argentino.

Martinez GM<sup>1\*</sup>, León Jurado JM<sup>2</sup>, Suarez VH<sup>3</sup>, Barba Capote C<sup>4</sup>

<sup>1</sup>. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - EEA Salta (INTA - EEA Salta), Argentina.

<sup>2</sup>. Centro Agropecuario de Diputación de Córdoba, España.

<sup>3</sup> INTA IIACS-CIAP con sede en EEA Salta, Argentina.

<sup>4</sup>. Universidad de Córdoba, España.

\* *Correspondencia:* Gabriela Martinez. INTA - EEA Salta, Ruta Nacional 68 km 172 (CP: 4403) Cerrillos, Salta, Argentina  
 E-mail: [martinez.gabriela@inta.gob.ar](mailto:martinez.gabriela@inta.gob.ar)

Recibido: 27 Diciembre 2017. Aceptado: 22 Febrero 2018. Disponible en línea: 5 Marzo 2018

Editor: C. Baravalle

**RESUMEN.** La curva de lactancia puede ser definida como la expresión del comportamiento productivo del rebaño caprino. Conocerla resulta una herramienta de selección. El objetivo del presente trabajo fue el de estudiar el comportamiento productivo de cabras Saanen en condiciones semi intensivas mediante diferentes modelos matemáticos para describir así su curva de lactancia, caracterizar la evolución de la producción de leche y analizar su variación asociadas con el número de lactancia y el número de cabritos al parto. Se utilizaron registros de datos de lactancias correspondientes a 182 animales. De cada animal fue relevado el número de partos, el tipo de parto y la producción individual diaria a partir del tercer día pos parto hasta el final de lactancia (270 días). El modelo de Cappio-Borlino fue el que mejor ajuste presentó. Al analizar los resultados obtenidos en cuanto al momento en el que se alcanza el pico de producción se observa que, además de ser numéricamente menor, las cabras de primer parto son las que lo manifiestan más tardíamente respecto a las múltiparas. A su vez, los animales con partos dobles si bien presentaron una mayor producción láctea al principio de la lactancia, la persistencia fue menor respecto a los de partos triple.

**SUMMARY. Determination of lactation curve for Saanen goat milked in the north of Argentina.** The lactation curve can be defined as the expression of the productive behavior of the goat herd. Knowing it is a selection tool. The objective of this work was to study the productive behavior of Saanen goats under semi-intensive conditions using different mathematical models to describe their lactation curve, characterize the evolution of milk production and analyze the variation associated with lactation number and the kids size. Data records of 182 animals were used. From each animal, we recorded: calving number, litter size and the individual daily production from the third day after parity until the end of lactation (270 days). The Cappio-Borlino model was the best fit. When analyzing the results obtained regarding the moment in which the production peak is reached, it is observed that, in addition to being numerically smaller, the goats of first calving are the ones that show it later with respect to the multiparous. In turn, the animals with double births, although they presented a higher milk production at the beginning of the lactation, the persistence was lower than goats with triple births.

*Palabras clave:* curva de lactancia, caprinos, modelo matemático, noroeste argentino

*Key words:* lactation curve, goats, mathematical model, northwestern Argentina

### Introducción

Tradicionalmente en la Argentina la cría de cabras se ha basado en la producción de cabritos o chivitos de 45-60 días de vida para venta y capones y cabras adultas para consumo familiar y en menor medida de un 5-20% de esas explotaciones se dedican también a la producción de leche destinada a la elaboración de quesos de tipo

fresco para consumo propio y venta de excedentes. Si bien este tipo de sistema sigue siendo el modelo caprino a lo largo del país, en los últimos 20 años se han instalado en varias regiones pequeños y medianos emprendimientos lácteos caprinos que han logrado incrementar la eficiencia productiva de los sistemas median-

*Curvas de lactancia en cabras*

te la incorporación de insumos de tecnologías, genética, prácticas productivas intensificadas (Gutman et al., 2004).

A su vez, cabe mencionar que tanto en los sistemas intensivos como así también en los de tipo familiar de los valles y quebradas del noroeste argentino, la raza Saanen tiene fuerte presencia en los hatos caprinos tanto como raza pura o bien como raza mejoradora de los biotipos locales.

La curva de lactancia es la representación matemática de la respuesta fisiológica de la producción de leche durante el período que dura el ordeño (Masselin et al., 1987). Su estudio permite conocer la evolución de la producción láctea de los animales, así como sus variaciones a lo largo de una lactancia. Además, resulta una herramienta importante a considerar en los programas de mejoramiento genético, ya que permite llevar adelante una selección más precisa de hembras productoras de leche con el fin de incrementar y mejorar la producción. El análisis de la de la curva de lactancia también resulta útil en la detección temprana de animales de bajas producción o con patologías subclínicas (Dematawewa et al., 2007).

Según Wood (1980), el conocimiento de la curva de lactación es necesario para determinar el manejo nutricional y reproductivo de animales en lactación y para la posterior toma de decisión respecto al mejoramiento genético. El conocimiento de la curva se logra mediante la estimación de la cantidad total de leche por lactación, así como también de la máxima producción lograda (pico) y de la persistencia; entendiéndose a esta última como la habilidad de una hembra lechera para mantener, más o menos constante, su producción durante la lactancia. Para lograr una estimación más precisa resulta necesario considerar la variación de los parámetros que determinan la forma de la curva de lactación; ésta puede estar asociada tanto a la influencia la raza, como así también la época de parto, edad de la cabra, número de crías por parto, las condiciones ambientales a la que es expuesta y el estado nutricional alcanzado (Morand-Fehr y Sauvant, 1980; Gall, 1981; Gipson y Grossman, 1990; Wahome et al., 1994; Ruvuna et al., 1995; Macciotta et al., 2005; Waheed y Khan, 2013; Rojo-Rubio et al., 2016).

Para el estudio de la cinética de producción de leche en rumiantes si bien se han desarrollado diversos modelos empíricos que permiten la modelización de las curvas de lactación fundamentalmente asociado a bovinos de leche (Wood, 1967; Yadav et al., 1977; Dhanoa, 1981; Wilmink, 1987; Serchand et al., 1995; Vargas et al., 2000); existen también, aunque en menor proporción, desarrollos específicos para caprinos de leche (Masselin et al., 1987; Gipson y Grossman, 1990; Rota, et al., 1993; Prasad, 2003; Macciotta et al., 2005; Gaddour et al., 2009)

El objetivo del presente trabajo fue el de estudiar el comportamiento productivo de cabras Saanen en con-

diciones semi intensivas mediante diferentes modelos matemáticos para describir así su curva de lactancia, caracterizar la evolución de la producción de leche y analizar su variación asociadas con el número de lactancia y el número de cabritos al parto de los animales.

## Materiales y Métodos

Para el presente trabajo se utilizaron registros de datos de lactancias correspondientes a 182 animales paridos durante los años 2011 (n= 31), 2012 (n=35), 2013 (n= 36), 2014 (n= 45) y 2015 (n= 35) en el tambo caprino experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en Salta, Argentina. Del total de lactancias analizadas 44 correspondieron a cabras de primer parto, 35 de segundo, 30 de tercero, 32 de cuarto y 41 de quinto. A su vez, 57 respondieron a producciones asociadas a animales de partos simples, 95 a dobles y 30 a partos triples o superiores.

La alimentación a lo largo de todos los periodos de evaluación estuvo basada en el pastoreo de alfafa (*Medicago sativa*) y la entrega de 600 gramos/animal/día de maíz grano (*Zea mays*) durante el ordeño en forma conjunta con el suplemento vitamínico mineral (20 gramos/animal/día). El manejo del pastoreo fue a través de la asignación de franjas diarias mediante estimación visual de la disponibilidad de materia seca del forraje.

El manejo reproductivo fue similar en todos los años de estudio; los animales recibieron servicio durante la estación de verano (diciembre – enero), concentrándose así los partos durante la época invernal. Cabe destacar que tanto animales enfermos como con algún trastorno durante la gestación y a lo largo de lactancia como fracturas, alteraciones tegumentarias en glándula mamaria no fueron consideradas para el presente trabajo.

De cada animal durante este periodo fue relevado el número de partos, el tipo de parto y la producción individual diaria a partir del tercer día pos parto hasta el final de lactancia (270 días). Para la evaluación de la producción láctea se utilizaron medidores Waikato.

En el ajuste de los modelos se utilizó el procedimiento NLIN del paquete estadístico SAS (SAS, 2002).

Los modelos utilizados fueron:

Función incompleta de Wood (1967):  $yt = atbe - ct$

Modificación de Wood por Cappio- Borlino et al., (1995):  $yt = atbe(-ct)$

Función de Cobby y Le Du (1978):  $yt = a - bt - ae - ct$

Función de Wilmink (1987):  $yt = a + be - kt + ct$

Modelo de Dave (1971):  $yt = a + bt - ct^2$

Modelo de Gaskins y Anderson (1980):  $yt = a + bt + ct^2$

En todos estos modelos,  $yt$  representa la producción media diaria de leche registrada en el día  $t$ , mientras que  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $k$  son los parámetros de función relacionados a la forma curva. Específicamente,  $a$  es un parámetro de escala relacionado con la producción de leche al inicio de la lactancia, mientras que  $b$  y  $c$  son parámetros relacionados con la forma de la curva de lactancia en su fase ascendente y descendente, respectivamente. En el modelo de Wilmik,  $k$  es un parámetro relacionado con el momento de la ocurrencia de pico de producción.

Como criterio de decisión del ajuste de la bondad de los modelos se utilizó, el mayor nivel del coeficiente de determinación ( $R^2$ ). A su vez, se consideró el menor valor de Akaike como criterio complementario de selección de modelo.

## Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos para los distintos modelos matemáticos evaluados

Tanto el modelo de Dave (1971) como el de Gaskins y Anderson (1980) si bien presentan los valores más elevados de  $R^2$ , al haber sido ambos desarrollados para especies diferentes al caprino no son representativos en la estimación de los días al pico lo esperado para este parámetro. Entre las funciones matemáticas para describir la curva de lactancia el modelo más utilizado es el de Wood (1967); sin embargo, Cappio-Borlino et al. (1995) proponen ajustes a éste que permite mayores precisiones respecto a la estimación de los parámetros asociados a curvas de lactancia de rumiantes menores. Dado que los parámetros estimados por ambos modelos resultaron similares y por lo anteriormente mencionado, es el modelo de Cappio-Borlino et al. (1995) el seleccionado en el presente trabajo.

Las estimaciones realizadas por medio del modelo de Cappio – Borlino para los días al pico, la producción en dicho momento y la producción total de leche según el número de lactancia de los animales se presentan en la Tabla 2.

Al analizar los resultados obtenidos en cuanto al momento en el que se alcanza el pico de producción a lo largo de la lactancia se observa que las cabras de primer parto son las que lo manifiestan más tardíamente. Si bien coincide con lo reportado por Montaldo et al., (1997) para mestizas Saanen y León et al., (2007) para cabras raza Murciano Granadina, ambos autores coinciden en que el pico de producción de los animales de primer parto biotipo lechero se da entre los 54 y 58 días, es decir alrededor de 20 días antes de

lo obtenido en el presente ensayo. Por su parte Ángel et al., (2009), reportaron que la máxima producción en animales de primer parto cruza lechera se produce entre los 33 y 42 días, y que a su vez son los que antes alcanzan el pico de producción en comparación con cabras multíparas. Las diferencias obtenidas con los autores anteriormente mencionados posiblemente se deban al modelo matemático elegido para las estimaciones realizadas. A su vez, si se considera que el pico que comúnmente en cabras Saanen se alcanza entre la 8ª y la 12ª semana post-parto (Gipson y Grossman; 1989; Majid et al., 1994) todos los valores obtenidos en presente ensayo se encuentran contenidos dentro de dicho intervalo.

**Tabla 1:** Coeficiente de determinación ( $R^2$ ), cuadrado medio del error (CME), y estimación del día del pico (DP), del rendimiento al pico (PP) y del total de la leche producido a lo largo de toda la lactancia (PT) para el conjunto de datos para cada modelo evaluado: Wood (Wo), Cappio-Borlino (CB), Cobby y Le Du (CL), Wilmink (Wi), Dave (Da) y Gaskins y Anderson (Ga).

	Wo	CB	CL	Wi	Da	GA
$R^2$	0.85	0.85	0.65	0.83	0.94	0.94
CME	0.0103	0.0103	0.0243	0.0339	0.0041	0.0041
DP (días)	64	64	30	55	102	102
PP (litros)	1.91	1.91	1.96	1.93	1.85	1.87
PT (litros)	450	450	449	450	450	450

**Tabla 2:** Estimaciones de los parámetros productivos y de las ecuaciones obtenidas en función al número de lactancia.

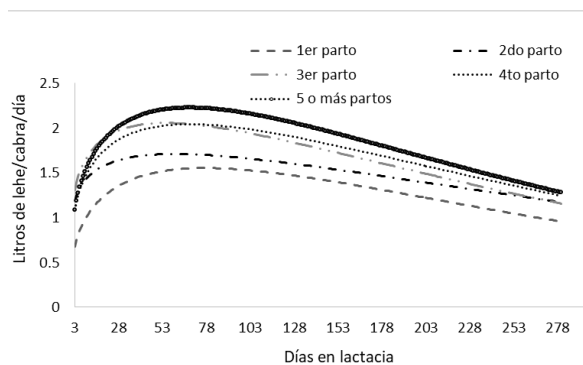
Nº lactancia	CME	Días al pico	Prod. en el pico (lt/día)	Prod. total (lt)	$R^2$	$a$	$b$	$c$
1	0,077	77	1,47	365	0,84	0,463	0,362	0,005
2	0,015	60	1,71	418	0,67	0,989	0,177	0,003
3	0,017	55	2,06	470	0,84	1,027	0,231	0,004
4	0,015	68	2,04	480	0,82	0,796	0,293	0,004
≥5	0,018	69	2,27	513	0,84	0,765	0,331	0,005

En lo que respecta a la producción en el pico de lactación se obtuvieron los rendimientos más bajos en cabras de primera lactación y conforme el número de partos aumentó la producción lo hizo en el mismo sentido. Lo anteriormente mencionado coincide con lo reportado por Montaldo et al., (1997) y León et al., (2007). En este sentido Steine (1975) encontró que los rendimientos lecheros aumentan progresivamente des-

## Curvas de lactancia en cabras

de la primera hasta la cuarta lactación, en virtud de la notoria influencia hormonal, el grado desarrollo que alcanza la glándula mamaria durante las sucesivas preñeces, y en combinación con el efecto residual de los alveolos mamaros que no involucionaron en la lactancia anterior y que sumaran en la siguiente a los que si se desarrollan en ese momento. Cabe mencionar que este mecanismo se repite sucesivamente hasta alrededor de la cuarta y quinta lactancia, momento en el cual la producción comienza a disminuir.

En la Figura 1 se presenta la curva de lactancia de acuerdo al número de partos de las cabras obtenida por medio de la estimación del modelo de Cappio – Borlino. Lo obtenido en el presente ensayo coincide con lo reportado en la bibliografía (Bruckmaier et al., 1994; Browning et al., 1995; Fernández, 2000) donde se señala que la caída en la producción de a partir del quinto mes de lactancia es mayor en las cabras de primer parto, y que además la producción de éstas sólo alcanza el 70-80% de la producción de leche de las múltiparas, proporción similar a la obtenida (71%). A su vez se sugiere que la diferencia en producción promedio total no se debería a lo alcanzado en el pico sino a una mayor persistencia en las cabras múltiparas.



**Figura 1:** Curva de lactancia en función al número de partos de las cabras, de acuerdo al número de lactancias.

En la Tabla 3 se presentan los valores obtenidos respecto los días al pico, la producción en dicho momento y la producción total a lo largo de la lactancia según el tipo de parto de los animales (1: parto simple, 2: parto doble, 3: parto triple).

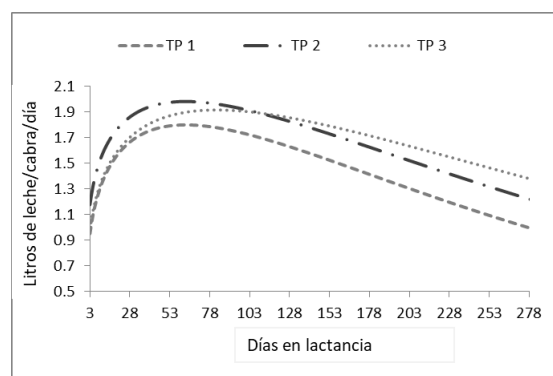
En función a los días al pico tanto los animales que parieron 1 o 2 cabritos no difirieron entre ellos, aunque en ambos casos el pico se dio alrededor de 20 días antes que aquellas cabras con 3 o más partos. En lo que respecta a la producción de leche si bien los animales con dos crías resultaron los que presentaron el mayor volumen de leche secretado en el momento de pico lactancia fueron los que parieron 3 o más crías los de mayor producción total. Lo obtenido en el presente ensayo coincide con lo reportado por Browning, et al. (1995) y Milerski y Marek (2001) quienes mostraron que las cabras con partos simples tenían menor producción de leche que aquellas con partos dobles o triples. A su vez, independientemente del número ordi-

nal del parto, el tipo de parto resulta ser uno de los factores que influye positivamente en la producción láctea. Haydn et al., (1979) por su parte señalan la presencia de una directa y estrecha correlación entre la producción de leche y la masa placentaria expresada en gramos, atribuyendo dicho efecto correlación positiva con la cantidad de lactógenos placentarios y el número de fetos.

**Tabla 3:** Estimaciones de los parámetros productivos y de las ecuaciones obtenidas en función al tipo de parto.

Tipo de parto	CME	Días al Pico	Producción en el pico (lt/día)	Producción total (lt)	R <sup>2</sup>	a	b	c
1	0,0065	63	1,80	409	0,91	0,690	0,305	0,005
2	0,0135	63	1,98	467	0,82	0,906	0,249	0,004
≥3	0,0286	82	1,91	472	0,55	0,732	0,282	0,003

En la Figura 2 se muestra la curva de producción de leche de acuerdo al tipo de parto de las cabras obtenida por medio de la estimación del modelo de Cappio – Borlino. Si bien se observa que los animales con partos dobles son los que más producen al principio de la lactancia y que presentan a su vez una menor persistencia (c:0,04) respecto a los de partos triples (c: 0,03) el comportamiento general de las curvas puede ser considerado como normal dado el proceso de involución gradual de la glándula mamaria después de alcanzar el pico de producción caracterizado en la cabra por una disminución en el número de células secretoras en la glándula mamaria y una caída de la producción a lo largo de la lactación de magnitud variable, influenciada ésta por la tasa de muerte celular debida a la apoptosis en la glándula lactante (Wilde y Knight; 1989; Zeng et al., 1997; Stefanon et al., 2002).



**Figura 2:** Curva de lactancia en función al tipo de parto de las cabras TP 1: parto simple; TP 2: parto doble; TP 3: parto triple.

En función a los resultados obtenidos en el presente trabajo, no resulta posible sugerir un único modelo que explique las curvas de lactancia en cabras lecheras. Aun así y bajo el modelo matemático de Cappio – Borlino se

puede concluir que el comportamiento productivo de cabras Saanen en condiciones semi-intensivas asociado con el número de lactancia y el número de cabritos al parto de los animales se encuentran dentro de los rangos establecidos para la especie caprina en general y la raza Saneen en particular.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Sr. José Alfaro y el Sr. Emilio Alfaro por su comprometido aporte.

## Bibliografía

Ángel P, Agudelo DA, Restrepo LF, Cañas JJ, Cerón-Muñoz MF. 2009. Curvas de lactancia de cabras mestizas utilizando modelos matemáticos no lineales. Revista Lasallista de investigación 6:43-49.

Browning R, Leite-Browning ML, Sahl T. 1995. Factors affecting standardized milk and fat yields in Alpine goats. Small Rumin. Res. 18:173-178.

Bruckmaier RM, Ritter C, Schams D, Blum JW. 1994. Machine milking of dairy goats during lactation: udder anatomy, milking characteristics, and blood concentrations of oxytocin and prolactin. J. Dairy Res. 61:457-66.

Cappio-Borlino A, Pulina G, Rossi G. 1995. A non-linear modification of Wood's equation fitted to lactation curves of Sardinian dairy ewes. Small Rumin. Res. 18: 75-79.

Cobby JM, Le Du YLP. 1978. On fitting curves to lactation data. Anim. Prod. 26: 127-133.

Dhanoa MS. 1981. A note on an alternative form of the lactation model of Wood. Anim. Prod. 32: 349.

Dave BK. 1971. First lactation curve of Indian water buffalo. Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalyaya Research Journal. 5: 93.

Dematawewa CMB, Pearson RE, Van Raden PM. 2007. Modeling extended lactations of Holsteins. J. Dairy Sci. 90: 3924-3936.

Fernández G. 2000. Parámetros productivos de cabras Pardo Alpinas y sus cruas, bajo régimen de pastoreo. Producción Latina 25:541-544.

Gaddour A, Najari S, Ferchichi A. 2009. Lactation curve of local goat, pure breeds and crosses in southern Tunisia. J. Appl. Anim. Res. 36: 153-157.

Gall C. 1981. Milk production. En: Goat production. Academic Press. New York. pp. 309-344.

Gaskins CT, Anderson DS. 1980. Comparison of Lactation Curves in Angus-Hereford, Jersey-Angus and Simmental-Angus Cows. J. Anim. Sci. 50: 828-832.

Gipson TA, Grossman M. 1989. Dyphasic analysis of lactation curves in dairy goats. J. Dairy Sci. 72: 1035-1044.

Gipson TA, Grossman M. 1990. Lactation curves in dairy goats: a review. Small Rumin. Res. 3: 383-396.

Gutman G, Iturregui ME, Filadoro A. 2004. Informe Cepal: Propuestas para la formulación de políticas para el desarrollo de tramas productivas regionales: El caso de la lechería caprina en Argentina. 94pp.

Hayden TJ, Thomas CR, Forsyth IA. 1979. Effect of Number of Young Born (Litter Size) on Milk Yield of Goats: Role for Placental Lactogen. J. Dairy Sci. 62: 53-57.

León JM, Quiroz J, Pleguezuelos J, Martínez E, Delgado JV. 2007. Curva de lactación para el número de lactación en cabras murciano-granadinas. Arch. Zootec. 56: 641-646.

Macciotta NPP, Fresi P, Usai G, Cappio-Borlino A. 2005. Lactation curves of Sarda breed goats estimated with test-day models. J. Dairy Res. 72: 470-475.

Majid A, Cartwright TC, Yazman JA, Fitzhugh, HA. 1994. Performance of five breeds of dairy goats in Southern United States. II. Lactation yield and curves. World Rev. Anim. Prod. 29: 30-37.

Masselin S, Sauvant D, Chapoutot P, Milan D. 1987. Les modèles d'ajustement des courbes de lactation. Ann. Zootech. 36: 171-206.

Milerski M, Marek V. 2001. Analysis of systematic factors affecting milk production in dairy goat. Acta Univ. Agric. et Silv. Mendel. Brun (Brno). 1: 43-50.

Montaldo H, Almanza A, Juárez A. 1997. Genetic group, age and season effects on lactation curve shape in goats. Small Rumin. Res. 24: 195-202.

Morand-Fehr P, Sauvant D. 1980. Composition and yield of goat milk as affected by nutritional manipulation. J. Dairy Sci. 63: 1671-1680.

Prasad S. 2003 Modeling of lactation curves of dairy animals, J. Appl. Anim. Res. 24: 79-84.

Rota AM, Gonzalo C, Rodríguez PL, Rojas AI, Martín L., Tovar JJ. 1993. Effects of stage of lactation and parity on somatic cell counts in milk of Verata goats and algebraic models of their lactation curves. Small Rumin Res. 12: 211-219.

Rojo-Rubio R, Kholif AE, Salem AZM, Mendoza GD, Elghandour, MMMY, Vazquez-Armijo, JF, Lee-Rangel H. 2016. Lactation curves and body weight changes of Alpine, Saanen and Anglo-Nubian goats as well as pre-weaning growth of their kids. Journal of Applied Animal Research. 44: 331-337.

Ruvuna F, Kogi JK, Taylor JF. 1995. Lactation curves among crosses of Galla and East African with Toggenburg and Anglo Nubian goats. Small Rumin. Res. 16: 1-6.

SAS. 2002. SAS® 9.0. Copyright (c) 1999-2002 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

*Curvas de lactancia en cabras*

Serchand L, McNew RW, Kellogg DW, Johnson ZB. 1995. Selection of a mathematical model to generate lactation curves using daily milk yields of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 78: 2507-2513.

Stefanon B, Colitti M, Gabai G, Knight CH, Wilde CJ. 2002. Mammary apoptosis and lactation persistency in dairy animals. *J. Dairy Res.* 69: 37-52.

Steine TA. 1975. Test day records and part lactations in goat. *Meld. Nor. Landbrukshoegsk.* 54: 31-21.

Vargas B, Koops WJ, Herrero M, Van Arendonk JAM. 2000. Modeling extended lactations of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83: 1371-1380.

Waheed A, Khan MS. 2013. Lactation curve of Beetal goats in Pakistan. *Archiv Tierzucht. Archives Anim. Breeding.* 56:89.

Wahome RG, Carles AB, Schwartz HJ. 1994. An analysis of the variation of the lactation curve of small east African goats. *Small Rumin. Res.* 15: 1-7.

Wilde CJ, Knight CH. 1989. Metabolic adaptations in mammary gland during the declining phase of lactation. *J. Dairy Sci.* 72: 1679-1692.

Wilmink JBM. 1987. Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livestock Prod. Sci.* 16: 335-348.

Wood PDP. 1967. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production with estimates of seasonal variation. *Anim. Prod.* 22: 35-40.

Wood PDP. 1980. Breed variation in the shape of the lactation curve of cattle and their implications for efficiency. *Anim. Prod.* 34: 133-141.

Yadav MC, Katpatal BG, Kaushik SN. 1977. Study of lactation curve in Haryana and its Friesian crosses. *Ind. J. Anim. Sci.* 47: 607-609.

Zeng SS, Escobar EN, Popham T. 1997. Daily variations in somatic cell count, composition, and production of Alpine goat milk. *Small Rumin. Res.* 26: 2153-260.

---