

Curvas de lactancia de cabras con funciones no lineales

Pesantez, M.¹; Arreguín, M.¹; Chamba, R.² y Cordero, F.¹

¹ Área de Genética y Producción Animal. Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.

² Área de Reproducción Animal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

³ Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Alameda del Obispo. Córdoba. España.

⁴ Diputación de Córdoba. Córdoba. España.

PALABRAS CLAVE

Gamma Incompleta.
Papajcsik-Bodero.
Cobby y Le Du.
Wilmink.
Curva de lactancia de cabras.

RESUMEN

La cabra (*Capra hircus*), es una especie de interés para la producción de carne, leche, piel y abono orgánico en la Región Sur del Ecuador. El objetivo de la investigación fue definir la curva de lactancia media e individual de mejor ajuste en cabras F1 Anglo Nubia x Criolla, utilizando funciones no lineales. Se registraron las producciones de leche día control (PDC) quincenal de 383 cabras, entre los años 2011 al 2013. La alimentación se basó en un sistema de ramoneo y pastoreo libre en un bosque seco tropical. Se utilizaron las funciones no lineales Gamma Incompleta (GI), Papajcsik-Bodero (PB), Cobby y Le Du (CLD) y Wilmink (W). La producción media se inició con 378 ± 5 g/día, el pico de producción se alcanzó en el PDC4, 625 ± 8 g/día y, el valor mínimo de 244 ± 4 g/día en el PDC10. Se obtuvieron valores para producción de leche inicial de 352, 370, 358 y 362, una producción al pico de 609, 603, 600 y 599 g/día, el tiempo al pico fue de 49.71, 48.77, 46.36 y 47.85 días, para GI, PB, CLD y W, respectivamente. Las funciones utilizadas estimaron una producción de leche total de 65.73 kg. Se concluye que la función GI fue la de mejor ajuste para la curva de lactancia media ($R^2=0.97$) de cabras cruzadas F1 Anglo Nubia x Criolla bajo las condiciones ambientales en el bosque seco tropical en Loja, Ecuador.

Goats lactation curves with no-linear functions

SUMMARY

The goat (*Capra hircus*) is a species of interest for the production of meat and milk in the Southern Region of Ecuador. The objective of the investigation was to define the best fit individual and lactation curve for F1 Anglo Nubian x Creole goats, using non-linear functions. Biweekly control day milk productions (PDC) of 383 goats were recorded, between the years 2011 to 2013. The feeding was based on a browsing and free grazing system in a tropical dry forest. They were used the nonlinear functions Gamma Incompleta (GI), Papajcsik-Bodero (PB), Cobby and Le Du (CLD) and Wilmink (W). The average production started with 378 ± 5 g/day, the peak of production was reached in PDC4, 625 ± 8 g/day and the minimum value of 244 ± 4 g/day in PDC10. They were obtained values for initial milk production of 352, 370, 358 and 362, a production at the peak of 609, 603, 600 and 599 g/day, the time at peak was 49.71, 48.77, 46.36 and 47.85 days, for GI, PB, CLD and W, respectively. The functions used estimated a total milk production of 65.73 kg. It is concluded that the GI function was the best fit for the mean lactation curve ($R^2 = 0.97$) of F1 Anglo Nubia x Creole cross goats under environmental conditions in the tropical dry forest in Loja, Ecuador.

ADDITIONAL KEYWORDS

Incomplete Gamma.
Papajcsik-Bodero.
Cobby y Le Du.
Wilmink.
Goat lactation curve.

INFORMATION

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 07.05.2020
Aceptado/Accepted: 10.07.2023
On-line: 15.07.2023
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
manpesantez_51@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La población mundial de cabras en el año 2018 fue de 1.045.915.764 unidades caprinas adultas (UCAs) con una producción de leche fresca de 18 712 088 toneladas (t) y carne 5 977 020 t. En tanto, Ecuador registró una población de 21 745 UCAs con una producción de leche de 418 t y de carne 410 t (FAO 2020).

La producción caprina tiene gran relevancia para la República del Ecuador y en particular en la provin-

cia de Loja, dadas sus adversas condiciones climáticas para otras especies de interés zootécnico, con una época seca de ocho meses de duración. Los genotipos predominantes son *Anglo Nubia*, *Saanen*, *Boer* y *Criollo* (Pesántez *et al* 2018, p. 151); los productores han cruzado sementales *Anglo Nubia* con cabras *Criollas*, para incrementar la producción de leche y carne. Las cabras resultado de este primer cruzamiento pueden llegar a producir, de acuerdo, al rebaño, valores próximos entre 70 y 77 kg de leche en 152 días de lactancia (Pesántez y Hernández 2014, p. 106).

Los sistemas de producción caprina en América Latina en su gran mayoría no realizan control ni registro de la producción de leche, por lo que, parámetros de curva de lactancia no son usados para realizar el mejoramiento animal. El estudio y modelación de la curva de lactancia permitirá predecir la producción con suficiente precisión (Wood 1969, p. 307), observar la evolución de la producción de leche y sus variaciones a lo largo de la lactancia (Catota *et al* 2016, p. 732), el estrés relacionado con el pico de producción (Elahi y Hosseinpour 2018, p. 1) disminuir los trastornos de la salud y altos costos de alimentación (Arnal *et al* 2018, p. 11040), así como, tomar decisiones en la evaluación y selección de animales sobre la base de la producción de leche individual, para mejorar la producción de leche de esta especie.

Sin duda, una curva de lactancia plana sin disminución de la producción total de leche puede ser deseable desde el punto de vista económico (Jakobsen *et al* 2002, p. 1608). El objetivo de la presente investigación fue: caracterizar la curva de lactancia media e individual de mejor ajuste de cabras F₁ *Anglo Nubia* x *Criolla* con modelos matemáticos no lineales.

MATERIAL Y MÉTODOS

GENOTIPOS, CONDICIONES DE CRIANZA Y MANEJO ANIMAL

Se utilizaron 383 cabras F₁ *Anglo Nubia* x *Criolla* de primera y segunda lactancia, distribuidas en seis rebaños ubicadas en el bosque seco tropical en la provincia de Loja, Ecuador. Las cabras se incorporaron al ordeño manual, al quinto día postparto. El ordeño se realizó a fondo una vez al día, en horas de la mañana (6:00 a 8:00 am) sin estimulación de la cría. La medición individual de la producción de leche (PDC) se realizó cada 15 días, durante cinco meses.

Las cabras no manifestaron un efecto reproductivo estacional, por estar en la zona ecuatorial, donde existen pocas variaciones en la intensidad lumínica de los días y las noches, entre épocas del año. El peso mínimo al primer servicio fue de 25 kg de peso vivo. Se utilizó la apreciación visual, para la detección de estros en los rebaños (Pesántez *et al* 2014, p. 337).

DEPURACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

En la determinación de la curva de lactancia media, se ajustaron las PDCs por orden de pesaje a los factores no genéticos, a través del procedimiento Glimmix del SAS v.w. 9.4 (SAS 2014). Se evaluaron las funciones no lineales, Gamma Incompleta (GI), Papajcsik Bodero (PB), Cobby y Le Du y Wilmink, sus ecuaciones son:

Gamma Incompleta:

$$Y(t) = a_0 t^{a_1} e^{(-a_2 t)} \quad (1)$$

Papajcsik Bodero:

$$Y(t) = a_n t e^{(-a_1 t)} \quad (2)$$

Cobby y Le Du:

$$Y(t) = a_0 - a_1 t - a_0 e^{(-a_2 t)} \quad (3)$$

Wilmink:

$$Y(t) = a_0 - a_1 t + a_2 e^{(-0.05 t)} \quad (4)$$

Donde: Y(t) es la producción de leche diaria, t es tiempo en días de pesaje; a₀, a₁ y a₂, son los parámetros específicos de cada función: a₀ = producción inicial, a₁ = producción al pico, y a₂ = descenso de la producción post pico hasta el secado. La estimación de los parámetros de la curva de lactancia, producción al pico (PP) y tiempo de pico (TP) se realizó por medio de regresión no lineal, con el método modificado de Gauss-Newton.

En la función GI, se definió el PP y TP (Wood 1967, p. 164):

$$TP = \frac{a_1}{a_2} \quad PP = a_0 \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^{a_1} e^{-a_1} \quad (5)$$

El punto de máximo, para PB (Papajcsik y Bodero 1988, p. 202):

$$TP = \frac{1}{a_1} \quad PP = \left(\frac{a_0}{a_1}\right)^{e-1} \quad (6)$$

El punto de máximo y tiempo al pico se determinó para CLD (Cobby y Le Du 1978, p.132):

$$TP = a_2^{-1} \ln(a_0 * a_2 / a_1) \quad PP = a_0 - \left[\frac{a_1 \ln(a_0 * \frac{a_2}{a_1})}{a_2} \right] - a_0 e^{(-\ln(a_0 * \frac{a_2}{a_1}))} \quad (7)$$

El TP y PP se determinaron en la W (Wilmink 1987, p. 339):

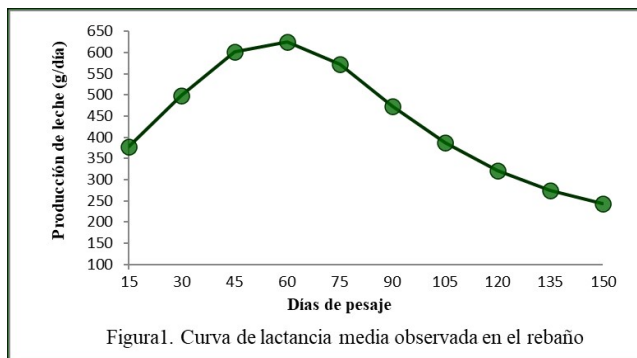
$$TP = -\frac{1}{0.05} \ln\left(\frac{a_1}{0.05 a_2}\right) \quad PP = a_0 - \frac{a_1}{0.05} \ln\left(\frac{a_1}{0.05 a_2}\right) + \frac{a_2}{0.05} \quad (8)$$

Los criterios que se utilizaron para la selección de la mejor función, fueron los propuestos por Guerra *et al.* (2003, p.4): coeficiente de determinación (R²) estimado para las curvas medias e individuales; coeficiente de determinación ajustado a los grados de libertad (R²_A); error estándar de estimación (EEE); suma de cuadrados de la estimación (SCE); dócima de significación del modelo y parámetros y, estadístico de Durbin Watson (DW) (Durbin y Watson 1971, p. 4).

Las curvas atípicas para cada función, a partir de las curvas de lactancia individuales. Se consideró criterio de curva atípica, aquellas que no presentaron pico de lactancia y, no cumplieron con los supuestos para cada función. Los supuestos para cada función fueron: para GI y CLD que ; en PB que y, para W que .

RESULTADOS/DISCUSIÓN

Con las constantes mínimas cuadráticas de las PDC ajustadas por orden de pesaje, de las cabras en estudio (figura 1), se determinó que la producción media se inició con 378 ±5g/día, el pico de producción se alcanzó en el cuarto pesaje, con 625 ±8g/día y, el valor mínimo (244 ±4g/día) en el décimo pesaje que coincidió con la terminación de la lactancia. Una característica importante de la curva, es que después del PDC₄, se



observó una tendencia de declinación continua en la producción hasta el PDC_{10} .

Las medias de las PDC, fueron mayores en el cuarto pesaje, lo cual se corresponde con el segundo mes de lactancia (quincena cuatro). Estos resultados están en relación con los de diversos autores como Marete *et al* (2014, p 94) en cabras cruzadas *Alpina* 87.5% x *Criolla* 12.5%, quienes obtuvieron las mayores producciones, a las ocho semanas postparto; con Arnal *et al* (2018, p. 11045) con cabras de las razas *Saanen* y *Alpina* en Francia, los mismos que apreciaron la mayor producción entre las semanas seis y ocho; con Miranda *et al* (2018, p. 47) en la raza *Murciano Granadina* en España, quienes calcularon la mayor producción entre las semanas seis y ocho; y con los resultados de Rojo *et al* (2016, p. 334) en la raza *Anglo Nubia* en México, al obtener altos promedios de producción, entre las semanas seis y siete. Sin embargo, resultados inferiores al presente estudio encontraron Blandón *et al* (2017, p. 7) en cabras *Alpina* y *Saanen* en Colombia, con producciones al pico entre las semanas 1 y 2; Ayasrah *et al* (2013, p. 486) en Cabras *Damascus* en Jordania, con una producción al pico entre las semanas 3 y 4; y con los de El Wakil y Fooda (2013, p. 26) en cabras *Dhofari* en Egipto con un tiempo al pico entre 4 y 5 semanas. No obstante, los autores citados obtuvieron valores superiores de producción, lo cual se pudo deber a diferencias en los sistemas de manejo, alimentación y nutrición a la que se sometieron las cabras y, al efecto racial.

Los estimados de los componentes de la curva (Tabla I), en las funciones utilizadas (GI, PB, CLD y W) mostraron valores inferiores de la producción inicial - PI (diferencias de 26, 8, 20 y 16 g/día). Así mismo, un estimado inferior de la producción al pico - PP, con diferencias en 17, 22, 25 y 26 g/día. Las desviaciones, entre la producción total estimada y la observada fueron bajas, para todas las funciones. La producción de

leche total estimada por las funciones utilizadas (65.73 kg) fue próxima al valor observado (66.68 kg).

En todos los casos, las funciones resultaron significativas ($P < 0.001$). También lo fueron los parámetros (P entre 0.0001 y 0.0003) de la curva de lactancia (Tabla II).

Las funciones en general hicieron buenas aproximaciones a la curva media del rebaño. Aunque, de manera general, la función GI fue la que más se aproximó a la curva media observada en el rebaño; el punto de máxima producción lo alcanzó a los 49.71 días, que corresponde al mayor estimado entre las cuatro funciones (Figura 2).

Resultados similares de mejor ajuste en la expresión fisiológica de la lactancia con la función GI, también lo obtuvieron otros investigadores como: El Wakil y Fooda (2013, p. 26) con cabras *Dhofari*; Martínez *et al* (2018, p. 8) en cabras *Saanen*; Blandón *et al* (2018, p. 7) con cabras *Alpina* y *Saanen*; y con los de Ayasrah *et al* (2013, p. 479) en cabras de la raza *Damascus*. La similitud de resultados podría deberse a los procesos biológicos de mamogénesis y lactogénesis de la especie, y a la mayor capacidad de cisterna de la ubre que tiene la cabra, comparada con las demás especies mamíferas de interés zootécnico.

Las funciones PB, CLD y W hicieron buenas aproximaciones a la curva media del rebaño. Las mismas permitieron describir la etapa inicial de la lactancia, donde sólo se apreciaron diferencias, entre 8 y 20 g/día, respecto a la producción inicial observada con la estimada, en correspondencia con la función.

La dódima de Durbin-Watson (DW) en las cuatro funciones tuvieron valores próximos a dos, que son deseables e indican ausencia de correlación o que haya sido de bajo valor (Durbin y Watson 1987, p. 1), si se considera el análisis de residuos y la $DW = 2(1-r)$ siendo r el valor de las autocorrelaciones.

En los estudios de la curva de lactancia es importante conocer los ajustes particulares a las curvas individuales y cuantificar el porcentaje de curvas atípicas, a veces, estas se caracterizan por tener estimados fuera de los límites biológicos esperados; para la función GI se logró la convergencia de las 631 lactancias con dos iteraciones. Según el criterio de Bianchini (1984, p. 42) consideró con buenos ajustes, aquellas funciones cuyos coeficientes de determinación ajustados fueron iguales o superiores a 0.80. De acuerdo, a este criterio, la función GI, presentó el mayor porcentaje entre las funciones con 38.83%, y el menor valor, lo obtuvo la función W, 28.33%. No obstante, a pesar de presentar

Tabla I. PI, TP, PP, producción total estimada y desvíos para las diferentes funciones (PI, TP, PP, estimated total production and deviations for different functions).

Función	Producción inicial, g/día	Tiempo al pico, días	Producción al pico, g/día	Producción total estimada, kg	Desviaciones
GI	352	49,71	609	65,73	0,0823
PB	370	48,77	603	65,73	-027291
CLD	358	46,36	600	65,73	-5,01051
W	362	47,85	599	65,73	4,100E-14

Leyenda: GI: Gamma Incompleta; PB: Papajcsik y Bodero; CLD: Cobby y Le Du; W: Wilmink.

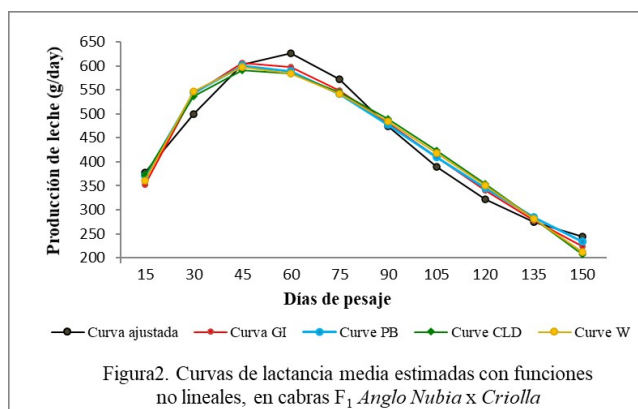
Tabla II. Parámetros estimados de la curva media, coeficiente de determinación, error estándar de la estimación, suma de cuadrados de la estimación, según las diferentes funciones (Estimated parameters of the mean curve, coefficient of determination, standard error of the estimate, sum of squares of the estimate, according to the different functions).

Parámetros	Funciones			
	GI	PB	CLD	W
a ₀	25,3813 ± 8,0032	35,5845 ± 1,3683	970,40 ± 88,4691	917,832 ± 4 3,4753
EE ±				
Sig.	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
a ₁	1,0937 ± 0,1044	0,020504 ± 0,0005	5,0813 ± 0,6997	-4,69823 ± 0,4019
EE±				
Sig.	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
a ₂	0,022 ± 0,0018	-	0,9173528 ± 0,00625	-1028,16 ± 120,30
EE ±				
Sig.	0,0001		0,0001	0,0001
R ²	0,97	0,97	0,90	0,95
EEE±	27,96	30,34	36,19	36,39
SCE	5026	5591,20	8005,40	8174,60

Leyenda: a₀, a₁, a₂: parámetros de la curva; EE: error estándar; Sig: significación; R₂: coeficiente de determinación; EEE: error estándar de la estimación; SCE: suma de cuadrados de la estimación; GI: Gamma Incompleta; PB: Papajcsik y Bodero; CLD: Cobby y Le Du; W: Wilmink.

valores altos la función GI, no proporcionó altos ajustes para las curvas individuales (tabla III). Los estimados de los parámetros a₀, a₁ y a₂, para la función GI fueron positivos en todos los casos, lo que permitió la representación de curvas atípicas (tabla II).

Los valores de TP (tabla IV) infieren la existencia de variación en la forma de la curva de lactancia estimada por la función GI, donde, TP estuvo, entre 22.47 y 83.74



días, con coeficientes de variación de 18.54%, en tanto, el promedio de TP fue de 59.79 días, próximos al valor que se observó (segundo mes de lactancia). Este parámetro, en las otras funciones (PB, CLD y W) estuvo, entre 46.36 y 49.71 días, lo que coincidió con lo informado por Wood (1967, p. 165), quién determinó valores entre 4 y 9 semanas; Arnal et al (2018, p. 11045) también calculó un TP de 50 días; valores mayores determinaron Martínez et al (2018, p. 8), quienes determinaron el TP a los 77 días, para cabras de primera lactancia. Por otra parte, varios investigadores informaron que este periodo es menor para animales de regiones tropicales, así, Ayasrah et al (2013, p. 486) 3.93 días, y Blandón et al (2017, p. 7) en cabras de la raza Alpina y Saanen entre 5,63 y 20 días, respectivamente.

La media de la PP se correspondió con el valor observado (625 g/día) y presentó un coeficiente de variación del 17%. Estos resultados están en el rango de lo que reportaron El Wakil y Fooda (2013, p. 26), en cabras Dhofari, con PP de 0.43 y 0.40 kg/día en el primer y segundo parto, respectivamente. Sin embargo, valores mayores con relación al presente estudio se dieron a conocer por Martínez et al (2018, p. 8) en cabras Saanen con 1.9 kg/día y, Blandón et al (2017, p. 7), en cabras de las razas Alpina y Saanen con 1.94 y 2.34 kg/día, para cada raza.

CONCLUSIÓN

La función GI fue la de mejor ajuste, para describir la curva de lactancia media e individual de cabras F₁ Anglo Nubia x Criolla, estas curvas constituyen un guía, para el manejo de animales en producción, bajo las condiciones de crianza en el bosque seco tropical en la provincia de Loja, Ecuador.

AGRADECIMIENTOS

Tabla III. Frecuencia relativa de los coeficientes de determinación ajustados que se alcanzaron en las curvas de lactancia individuales, de acuerdo, a las funciones (Relative frequency of the adjusted coefficients of determination that were reached in the individual lactation curves, according to the functions).

Funciones	Valores de R _A ²			
	≥50	≥70	≥80	≥90
GI	89,22	64,18	38,83	9,82
PB	89,06	57,37	31,69	6,02
CLD	87,79	59,75	33,28	6,34
W	84,15	54,67	28,53	5,39

Leyenda: =coeficiente de determinación ajustado; GI: Gamma Incompleta; PB: Papajcsik y Bodero; CLD: Cobby y Le Du; W: Wilmink.

Tabla IV. Estadígrafos de las variables tiempo al pico (días) y producción al pico (g/días) estimados, para las lactancias individuales, por las diferentes funciones (Statistics of the variables time to peak (days) and production to peak (g/days) estimated, for individual lactations, by the different functions).

Función	No	Variable	Media	DE	CV, %	Mínimo	Máximo
GI	631	TP	52,79	9,79	18,54	22,67	83,74
		PP	623	112	17	392	1110
PB	631	TP	51,30	8,50	16,58	31,66	83,31
		PP	603	74	15	392	972
CLD	631	TP	62,15	43,84	28,54	24,65	87,06
		PP	577	155	26	442	836
W	631	TP	49,29	6,94	14,08	4,95	71,42
		PP	606	101	16	392	1005

Leyenda: TP=tiempo al pico; PP= producción al pico; DE= desviación estándar; CV= coeficiente de variación; GI: Gamma Incompleta; PB: Papajcsik y Boderó; CLD: Cobby y Le Du; W: Wilmink.

A los caprinocultores del cantón Zapotillo en la persona del Dr. Marco Requena, por prestar las facilidades logísticas, para la medición y registro de datos en la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Arnal M, Robert B & Larroque H 2018, 'Diversity of dairy goat lactation curves in France'. *J. Dairy Sci.* Vol. 101, no 12, pp. 11040-11051.
- Ayasrah EM, Abou S & Ibrahim MA 2013, Characteristics of lactation curve in Damascus goats in Jordan. *J. Animal and Poultry Prod.* Vol. 4, no 8, pp. 479 – 491.
- Bianchini E1984, 'Estudo da curva de lactacao de vacas da raca Gir'. Tesis presentada para la obtención de Doctor en Ciencias. Universidad de São Paulo, Brasil. pp. 1-84.
- Blandón Y A, Henao K T, González L G, Cardona H, Corrales J D & Calvo S J 2017, 'Modelación de la curva de lactancia para los principales tipos raciales de cabras lecheras de Antioquia utilizando modelos no lineales'. *Livestock Research for Rural Development.* Vol. 29, no 4, pp. 1-11.
- Catota LD, Martinez JC, Hernández N, Goyes FR & Rivera JP 2016, 'Curva de lactancia en cabras Saanen'. *Memorias del XL Aniversario del Congreso Nacional e Internacional de Buitría.* Zacatecas- México, pp. 732-736.
- Cobby JM & Le Du LP 1978, 'On fitting curves to lactation data'. *Animal Production.* Vol. 26, no 1, pp. 127-133.
- Durbin J & Watson GS 1971, 'Testing for serial correlation in least squares regression'. *Biometrika.* Vol. 58, no 1, pp. 1-19
- Elahi M & Hosseinpour M 2018, 'A study on milk yield persistency using the best prediction and random regression methodologies in Iranian Holstein dairy cows'. *Cuban Journal of Agricultural Science.* Vol. 52, no 2, pp. 1-13.
- El Wakil SI & Fooda TA 2013, 'The potentiality of milk production and lactation curve in Dhofari goat'. *Egyptian Journal of Sheep & Goat Sciences.* Vol. 8, no 2, pp. 21- 31.
- Faostat 2020, 'Livestock primary'. Disponible en: < <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL> >.
- Guerra CW, Cabrera A & Fernández L 2003, 'Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica'. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* Vol. 37, no 1, pp. 3-10.
- Jakobsen JH, Madsen P, Jensen J, Pedersen J, Christensen LG & Sorensen DA 2002, 'Genetic Parameters for Milk Production and Persistency for Danish Holsteins Estimated in Random Regression Models using REML'. *J. Dairy Sci.* Vol. 85 no 1, pp. 1607-1616.
- León JM, Macciotta NPP, Gama LT, Barba C & Delgado JV 2012, 'Characterization of the lactation curve in Murciano Granadina dairy goats'. *Small Ruminant Research.* Vol. 107, no 1, pp. 76-84.
- Marete AG, Mosi RO, Amimo JA & Junga JO 2014, 'Characteristics of Lactation Curves of the Kenya Alpine Dairy Goats in Smallholder Farms'. *Open Journal of Animal Sciences.* Vol. 4, no 1, pp. 92-102.
- Martínez GM, León JM, Suarez VH & Barba C 2018, 'Determinación de la curva de lactancia de cabras Saanen del noroeste argentino'. *Revista FAVE – Sección Ciencias Veterinarias.* Vol. 17, no 1, pp. 6-11.
- Miranda JC, Gómez MM, León JM, Pieramati C, Valdés J, Fernández J & Delgado JV 2018, 'Ajuste previo del carácter de persistencia para el factor número de lactación en cabras Murciano Granadinas'. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal.* Vol. 12, no 1, pp. 45-51.
- Papajcsik IA & Boderó J 1988, 'Modelling lactation curves of Friesian cows in a subtropical climate'. *Animal Production.* Vol. 47, no 1, pp. 201-207.
- Pesántez M & Hernández A 2014, 'Milk production of Criollas and Anglo-Nubian does in Loja, Ecuador'. *Cuban Journal of Agricultural Science,* Vol. 48, no 2, pp. 105-108.
- Pesántez M, Hernández A & Fraga LM 2014, 'Persistency of milk yield in Anglo Nubia x Criolla goats'. *Cuban Journal of Agricultural Science,* Vol. 48, no 4, pp. 337-342.
- Pesántez M, Lucio A, Carrasco W, Cartuche L, Castillo F, Calderón J, Carrasco F, Salas L & Solano J 2018, 'Curvas de lactancia de cabras F1 Anglo Nubia x Criolla utilizando funciones lineales en Ecuador'. *Revista Argentina de Producción Animal.* Vol. 38, no 1, pp. 150-151.
- Rojo R, Kholif AE, Salem AZ, Mendoza GD, Elghandour MM, Vazquez JF, & Lee 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.* Vol. 44, no 1, pp. 331-337.
- Wood P 1967, 'Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle'. *Nature,* Vol. 216, no 5111, pp. 164-165.
- Wood P 1969, 'Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle'. *Animal Science,* Vol. 11, no 3, pp. 307-316.
- Wilmink J 1987, 'Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation'. *Livest. Prod. Sci.* Vol. 16, no 1, pp. 335-348.