

Efectos genéticos y ambientales sobre la curva de lactancia en cabras lecheras del trópico

**K T Henao¹, Y A Blandón¹, L G González-Herrera², H Cardona-Cadavid,
J D Corrales³ y S J Calvo¹**

*Grupo de genética, mejoramiento y modelación animal - GaMMA, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia,
Calle 70 N° 52 - 21, Medellín, Colombia.
samirjulian@gmail.com*

¹ *Grupo de investigación en agronomía y zootecnia - GIAZ, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Oriente,
Sector 3 Cr 46 # 40B-50, Rionegro, Colombia.*

² *Grupo de Investigación en Biodiversidad y Genética Molecular, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias,
Calle 59 A # 63 - 20, Núcleo El Volador, Medellín, Colombia*

³ *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de la Salle, Cr 7 172-85, Bogotá D.C., Colombia*

Resumen

El objetivo de este trabajo fue estimar los parámetros de las curvas de lactancia en cabras, como tiempo al pico (TP), producción al pico (PP), persistencia (PER) y producción acumulada a los 210 días de lactancia (P210), así como determinar los efectos de época de parto, número de partos, tipo racial y manejo nutricional. Para estimar los parámetros de las curvas se analizaron 4160 controles lecheros, pertenecientes a 467 lactancias de cabras de diferentes apriscos del departamento de Antioquia-Colombia, que incluyeron individuos con registro completo de: fechas de parto, número de parto y tipo racial. Se utilizó el modelo Nelder para caracterizar la curva de lactancia y estimar los parámetros mencionados. Adicionalmente, fueron estimadas las correlaciones fenotípicas entre cada una de las características de la curva de lactancia.

Los resultados mostraron un tiempo al pico de 23,9 días, alcanzando una producción en este punto de 2,11 kg. La persistencia promedio fue del 64,3 % y la producción acumulada a los 210 días en leche de 285 kg. Se encontró efecto significativo del tipo racial sobre P210 y del número de parto sobre PP y PER; así como efecto altamente significativo de la época de parto sobre P210 y TP. Los resultados sugieren que es posible estimar las funciones que caracterizan las

curvas de lactancia de las cabras de Antioquia y los fenómenos genéticos y ambientales que las afectan.

Palabras clave: parto, persistencia, pico de lactancia, tiempo al pico, tipo racial

Genetic and environmental effects on the lactation curve of dairy goats in the tropics

Abstract

The objective of this work was to estimate the parameters of lactation curves in goats, such as time to peak (TP), peak production (PP), persistence (PER) and cumulative production at 210 days Lactation (P210), and to determine the effects of calving time, number of births, breed type, and nutritional management. The lactation curve parameters were obtained analyzing 4,160 dairy controls, and 467 lactations from different sheepfold of goats from the department of Antioquia-Colombia. Individual records of calving dates, calving number and calving type were included in the analyses. Parameter estimations and lactation curve were obtained using the Nelder model. In addition, phenotypic correlations between each of the characteristics of the lactation curve were estimated. The results showed a peak time of 23.9 days, with an associated production of 2.11 kg. The average persistence was 64.3% and the accumulated production at 210 days in milk of 285 kg. A significant effect of breed type on P210 and number of births on PP and PER was found, and a highly significant effect of the calving period on P210 and TP. The results suggest that it is possible to estimate the functions that characterize the lactation curves of the goats of Antioquia and the genetic and environmental phenomena that affect them.

Key words: calving, persistence, lactation peak, time to peak, breed

Introducción

La leche en un contexto fisiológico es una secreción de la glándula mamaria de los mamíferos y su principal función es nutrir a las crías desde el nacimiento hasta el destete. La leche es importante en la alimentación humana y a su vez, es la base de subproductos lácteos como mantequilla, queso, yogurt, leche condensada y leche en polvo (Luquet 2001; Cadena productiva ovina-caprina 2007). La leche de cabra ha tomado un lugar muy importante en el sector

pecuario ya que compite con la leche de otras especies, se posesiona por su sabor, calidad nutricional (grasa y proteína), y mayor digestibilidad (Mejía et al 2012).

La leche de vaca posee el mayor consumo a nivel mundial, no obstante, en los últimos años se ha dado un incremento importante en la producción e industrialización de leche de cabra. Se calcula que, a nivel mundial, más de 440 millones de cabras producen un estimado de 4.8 millones de toneladas de leche la cual es consumida a nivel local o procesada en forma de quesos y otros derivados lácteos; esta producción representa cerca del 2% de la producción mundial total (Araya et al 2008). Dada su factibilidad como animal lechero, se considera que el manejo adecuado y constante de la caprino-cultura, como una explotación tecnificada, representa una de las mejores estrategias para la sustentación alimentaria en poblaciones vulnerables.

En Colombia la producción de leche de cabra es recolectada de forma artesanal y cuenta con un inventario de 1.124.500 cabezas registradas en el territorio nacional. La mayor población de cabras se encuentra en el departamento de la guajira con un total de 903.000 animales; En el departamento de Antioquia se estima una población caprina de 7.700 animales aproximadamente (ICA 2016).

Es importante tener claro que uno de los pilares principales para el mejoramiento de la caprino-cultura de leche es el manejo de parámetros productivos y la implementación de herramientas estadísticas que permitan tomar decisiones en la producción, reproducción y manejo de las cabras lecheras. La producción de leche es determinada por factores genéticos y ambientales, dentro de los genéticos se encuentran: la expresión de los genes y la raza, y en los ambientales: el orden de parto, la época de parto, el manejo zootécnico, nutricional, entre otros. La forma correcta de asociar estos factores con la producción de leche durante la trayectoria de producción, es caracterizando la curva de lactancia en cabras y de los parámetros que conforman el tiempo al pico, pico de lactancia, persistencia de la lactancia y producción ajustada a los 210 días (Cardona et al 2015).

Los modelos más utilizados a la hora de caracterizar la curva de lactancia son los modelos polinomiales y los modelos no lineales (Quintero et al 2007; Cardona et al 2015). Estas funciones permiten modelar e identificar los puntos críticos de la lactancia además de la estimación de los parámetros de la curva los cuales se han utilizado como base en el cálculo de lactancias incompletas y como pauta para el conocimiento y la toma de decisiones en cuanto al manejo zootécnico y nutricional de la producción de leche y su trayectoria a través del tiempo (Sherchand 1995; Marin et al 2009; Quintero et al 2007; León et al 2012). Diferentes estudios demuestran que el modelo no lineal de Nelder (1966) es el

que mejor caracteriza la curva de lactancia en cabras lecheras (Rudiaz et al 2010; Marin et al 2009; Cardona et al 2015).

Es necesario entender la trayectoria de la curva de lactancia y los fenómenos que la afectan, esto como estrategia de mejoramiento productivo y reproductivo, predicción de la producción futura en hembras que aún no han terminado la lactancia y a la hora de tomar decisiones en cuanto al manejo, alimentación y reproducción. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue estimar los efectos genéticos y ambientales para los parámetros de la curva de lactancia en cabras lecheras del departamento de Antioquia, Colombia.

Materiales y métodos

Para la estimación de los efectos genéticos y ambientales se analizaron 4160 registros de producción, pertenecientes a 467 lactancias de 170 cabras lecheras de los tipos raciales alpina (50), saanen (39) y mestizas (82). Los datos corresponden a la información recolectada por el programa de control lechero, realizado por la Universidad de Antioquia y la Asociación de caprino-ovinocultores de Antioquia (ASOCABRA) entre los años 2008 y 2011. Los animales fueron criados bajo sistemas de confinamiento y semiconfinamiento con acceso ad libitum de pastos de corte (*Pennisetum* spp., *Pennisetum purpureum*) y especies arbóreas nativas (*Morus alba*, *Tithonia diversifolia*, *Trichanthera gigantea*, *Boehmeria nivea*).

En los análisis se incluyeron animales con más de tres controles dentro de los primeros 210 días de lactancia, el primer control se realizó antes de los 60 días de lactación. Se seleccionaron hembras con producciones de leche por encima de 0,2 litros y por debajo de 8 litros. En el estudio se incluyeron animales con registro completo de: fechas de parto, número de parto y tipo racial. Se utilizó el modelo Nelder (1966) para caracterizar la curva de lactancia y se calcularon el tiempo al pico de producción (TP), la producción al pico durante la lactancia (PP), la persistencia de la lactancia (PER) y la producción acumulada a los 210 días de producción (P210).

La función de Nelder (1996) se describe como:

$$Y = t/a + bt + ct^2$$

Donde, es la producción de leche, t son los días en leche y a , b , y c son los coeficientes del modelo.

Para calcular el tiempo al pico (TP) se igualó a cero la primera derivada de la función de Nelder, así: $(a/c)^{0.5}$; la producción al pico (PP) fue calculada reemplazando el tiempo al pico en la fórmula original y persistencia (PER) fue estimada por la fórmula propuesta por Montaldo et al (1997).

$$PER = (\text{Producción promedio} / PP) * 100$$

Para medir los efectos de la época de parto, tipo racial y número de partos sobre las características TP, PP, PER y P210, se realizó un modelo mixto con una estructura de covarianzas (AR-1) para las medidas repetidas (diferentes lactancias de una misma cabra), usando el modelo:

Dónde: Y_{ijklm} es la característica TP, PP y PER, μ es la media general de TP, PP y PER; α_j es el efecto de la época de parto ($j = \text{invierno, verano}$); es β_k el efecto de la finca ($k = 1, \dots, 6$); t_l es el efecto del tipo racial; α_m es el efecto del orden de parto ($m = 1, \dots, 6$); $C_{n(k)}$ es el efecto de la cabra dentro de finca y ε_{ijklm} es el error estadístico asociado a cada medición.

Para la estimación de las diferencias entre promedios de los efectos estadísticamente significativos se utilizó una prueba de Tukey; usando el comando Tukey.HSD del programa R-project.

También se calculó la correlación fenotípica entre todas las características. Todos los análisis estadísticos se realizarán en el programa estadístico R-Project, versión 3.1.3 (R Development Core Team 2014).

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los estadísticos descriptivos para las características de la curva de lactancia en cabras lecheras (P210, PP, TP Y PER) a partir de la función de Nelder (1966), el modelo utilizado puede definir y caracterizar la curva de lactancia en cabras y las funciones que la conforman de forma eficiente como lo demuestra Calvo et al (2015) utilizando los mismos datos.

Para la producción acumulada a los 210 días (P210) se obtuvo un promedio general de 285 kg por lactancia, con una desviación estándar de 94,9 kg y un coeficiente de variación del 33,1 %, se encontraron hembras con un mínimo de

producción de 103 kg y hembras que alcanzan en su máxima producción acumulada 502 kg de leche. Para la producción al pico (PP) la media general fue 2,11kg con una desviación estándar de 0.98kg y un coeficiente de variación del 46,4 % con hembras que picaban desde 0,5 kg hasta hembras con un máximo de 7,18 kg de leche durante la lactancia. Adicionalmente, en el caso del tiempo al pico (TP) la media fue 23,9 días, con una desviación estándar de 14,6 días y un coeficiente de variación del 60,9%. Se encontraron hembras que iniciaban su pico de producción a los 2,86 días y a su vez hembras que presentan su pico de producción a los 67,1 días.

Para la persistencia de la lactancia (PER), los porcentajes obtenidos sobre la media general fueron 64,3 % con una desviación estándar de 20,1 % y un coeficiente de variación del 31,3 %; sin embargo, se encontraron porcentajes de persistencia muy bajos con un total de 0,0952 % y una persistencia alta del 98,7 %.

Tabla 1. Estadística descriptiva para las características de la curva de lactancia de cabras lecheras del departamento de Antioquia-Colombia.

Característica	N	Media	DE	CV	Min	Max
P210 (Kg)	228	285	94,433,1	103	502	
PP (Kg)	205	2,11	0,9846,4	0,502	7,19	
TP (días)	177	23,9	14,661,1	2,86	67,1	
PER (%)	190	64,3	20,131,30,0952	98,7		

P210= producción a los 210 días, PP= producción al pico, TP= tiempo al pico, PER= persistencia,; N= número de datos, DE= desviación estándar, CV= Coeficiente de variación, Min= mínimo, Max= máximo

En la tabla 2 se muestra la significancia de los efectos ambientales (época de parto, número de parto) y genéticos (tipo racial) sobre la curva de lactancia y las características que la conforman (P210, PP, TP Y PER). Se encontró un efecto significativo ($P < 0.05$) del tipo racial sobre la característica producción acumulada a los 210 días y de del efecto número de parto sobre las características PP y PER; además, se encontró un efecto altamente significativo ($P < 0.001$) de la época de parto sobre P210 y sobre TP. Con respecto a los análisis realizados se encontró que para la característica P210 hay una superioridad de las cabras de la raza alpina (272 kg por lactancia), que parieron en invierno (281 kg por lactancia) y del segundo parto (286 kg por lactancia); los menores valores promedio para la característica P210 se encontraron para el tipo racial Saanen con 251 kg por lactancia, para las hembras paridas en verano con un valor de 241 kg por lactancia y para las cabras de sexto parto con 211 kg por lactancia.

Para la característica PP se encontró una diferencia significativa entre el cuarto y quinto parto con respecto al primer parto, siendo las hembras del parto 5 las que mayor producción al pico presentan (2,28 kg) y las del primer parto las de menor

pico de producción (1,79 kg). También se puede observar en la tabla 2 como la mayor persistencia de la curva de lactancia la tienen las cabras de primer parto con un 69,2 % y las que menor persistencia promedio presentan son las hembras de sexto parto con un valor de 53,01 %. Adicionalmente, para la característica del tiempo al pico se encontró diferencia entre las dos épocas de parto (tabla 2), siendo los animales que paren en invierno los primeros en alcanzar el pico de producción a los 22 días en leche aproximadamente; a diferencia de las hembras que paren en verano, las cuales alcanzan su pico de producción de forma más tardía a los 43 días de lactación.

Tabla 2. Efectos promedio para las características de la curva de lactancia (P210, PP, TP y PER) de cabras del departamento de Antioquia

EFECTOS FIJOS	CARACTERÍSTICAS ANÁLIZADAS			
	P210 (Kg)***	PP (kg)	TP (días)***	PER (%)
ÉPOCA DE PARTO				
Invierno	281a	2,08	21,8a	63,1
Verano	241b	1,94	42,7b	63,7
TIPO RACIAL	P210 (Kg)*	PP (kg)	TP (días)	PER (%)
Alpina	272a	2,02	27,7	63,4
Mestiza	260ab	2,07	32,6	62,1
Saanen	251b	1,95	36,5	64,8
NÚMERO DE PARTO	P210 (Kg)	PP (kg)*	TP (días)	PER (%)*
Parto 1	256	1,79b	42,7	69,2a
Parto 2	286	1,90ab	26,1	66,0ab
Parto 3	281	2,05ab	33,8	66,5ab
Parto 4	270	2,19a	35,8	66,4ab
Parto 5	261	2,28a	31,1	59,4bc
Parto 6	211	1,88ab	32,7	53,0c

P210= producción a los 210 días, PP= producción al pico, TP= tiempo al pico, PER= persistencia.

N.S= efecto no significativo, *Efecto Significativo ($P < 0.05$), **Efecto muy significativo ($P < 0.01$),

***Efecto altamente significativo ($P < 0.001$).

Las letras diferentes por columna indican diferencia estadística entre los efectos promedio.

En la Tabla 3 se muestran las correlaciones fenotípicas para las características de la curva de lactancia, este parámetro poblacional permite seleccionar los mejores animales según el objetivo que tenga el productor. La correlación entre P210 y TP es negativa y baja con un valor de -0,22, indicando que a menor TP, mayor P210 y que los animales que pican muy rápido producen más litros de leche en el total de la lactancia y las hembras que tardan más tiempo en alcanzar el pico de producción tienden a producir menos en kg de leche a los 210 días de lactancia. La correlación entre P210 y PP es positiva y de magnitud media con un valor de 0,56; esto indica que, a mayor pico de producción mayor producción acumulada a los 210 días, indicando que animales con mayor pico de producción producen más kg de leche por lactancia. La correlación fenotípica entre P210 y PER es

positiva y de magnitud media con un valor de 0,35; con respecto a este valor, se puede inferir que a mayor persistencia mayor producción acumulada a los 210 días de lactación, demostrando que los animales más persistentes son animales más productores en todo el periodo. La correlación para TP y PP es negativa y de magnitud media con un valor de -0,34. Esta correlación indica que los animales que pican más temprano obtienen una mayor producción al pico que los que se demoran más días en leche en alcanzar el pico de producción.

Entre TP y PER la correlación es positiva baja con un valor de 0,20 indicando que animales con menor tiempo al pico presentan menor persistencia e indicando que animales que pican muy rápido son menos persistentes durante el ciclo de lactación. La correlación entre PP y PER es negativa media (-0,45); esto explica como cabras con mayor pico de producción tienen menor persistencia en la lactancia y animales que tienen un menor pico de producción tienden a ser más persistentes en la lactancia.

Tabla 3. Matriz de correlaciones fenotípicas para las características de la curva de lactancia en Cabras del Departamento de Antioquia.

Característica	P210	TP	PP	PER
P210	1	0,22	0,57	0,35
TP		1	0,34	0,20
PP			1	0,45
PER				1

*PER= persistencia. P210= Producción de leche a 210 días;
TP= tiempo al pico; PP= producción al pico;*

Discusión

Algunos estudios han modelado las curvas de lactancia en cabras del trópico entre los que se encuentran los trabajos realizados por Guimaraes et al (2006) y Cardona et al (2015) donde encontraron que en poblaciones de cabras lecheras de Colombia y Brasil el modelo que mejor describe la curva de producción de leche es el propuesto por Nelder (1966); por esta razón en el presente artículo fue utilizado el modelo de Nelder para estimar los parámetros de las curvas de lactancia así como P210, TP, PP y PER.

Marín et al (2009) realizaron una investigación en cabras lecheras tropicales en una explotación bajo un sistema de estabulación continua y utilizaron diferentes modelos matemáticos no lineales para describir la curva de lactancia; en esta investigación el mejor modelo fue el propuesto por Papajcsik y Bordero (1988). En este mismo estudio se estimó el tiempo al pico y producciones al pico para los

tres primeros partos y se obtuvieron los siguientes valores: 33, 28 y 42 días en TP para el parto uno, dos y tres, respectivamente; para PP en el parto uno el valor fue de 3,06 en el parto dos de 3,10 y en el parto tres un valor de 3,36 kg de leche al pico; estos resultados difieren de los resultados promedio encontrados para el presente estudio posiblemente porque en este estudio se incluyeron más apriscos con diferencias en la composición racial, la alimentación y el manejo.

El orden de parto no tuvo efecto significativo para la característica tiempo al pico pero si para la producción al pico, demostrando que a mayor número de parto mayor producción de leche por lactancia, estos resultados se aproximan a ser valores coherentes y similares a los valores encontrados por Marín et al (2009) y Guimaraes et al (2006) en cabras y Quintero et al (2008) en Búfalas lecheras del trópico. Lo anterior ratifica que el uso de diferentes modelos estadísticos permite al productor predecir lactancias incompletas y seleccionar animales genéticamente superiores.

Con respecto a la estimación de los efectos genéticos y ambientales para este estudio, la época de parto tuvo un efecto significativo sobre P210 siendo la época de invierno la de mayor producción con 281 kg en una lactancia de 210 días. Estos resultados son diferentes a los reportados por Urdaneta et al (2000) donde se encontró que para la época de invierno la producción es menor con un promedio ajustado de 177 kg y en la época de verano la producción es mayor con un total de leche de 222 kg. Estas diferencias se deben posiblemente a que las cabras utilizadas en el presente estudio estaban sometidas a semi-confinamiento y no se ven afectadas de forma directa por las épocas de lluvia o verano como si se puede ver afectado por las épocas al crecimiento, la producción y la disposición de forraje para la alimentación de las hembras recién paridas y en transición.

En el presente trabajo los resultados de P210 para la raza alpina fue superior a lo reportado por Urdaneta et al (2000) en la misma raza; estos autores encontraron que en un periodo más largo de 272 días el promedio de producción fue de 262 kg de leche. La explicación para que la producción promedio de la Saanen sea la menor en P210 (251 kg) es que las hembras caprinas del trópico Colombiano no pueden ser consideradas como razas puras, sino más bien como tipos raciales creados de forma aleatoria por absorción con una base materna de animales mestizos y con un pobre mejoramiento genético para características de producción y calidad de leche.

Los resultados obtenidos en el presente estudio para los rasgos de producción al pico y el tiempo al pico son similares a los encontrados por Guimaraes et al (2006), quienes encontraron producciones al pico de 2,69 días

alcanzado a los 27 días de lactancia en promedio, en un estudio en poblaciones de cabras Saanen y Alpina del trópico.

Conclusiones

En este estudio, los animales con un pico de producción más temprano produjeron más leche durante la lactancia. Las hembras de tercer parto en adelante presentaron un mejor desempeño durante la lactancia, siendo las hembras más longevas las más productivas en comparación de las primerizas. Con base en los resultados obtenidos se pueden tomar decisiones sobre la alimentación y la selección de las cabras teniendo en cuenta los valores de correlación entre PP y PER.

Agradecimientos

Los autores agradecen al grupo GECCO-GAMMA de la Universidad de Antioquia, ASOCABRA, al Comité para el desarrollo de la investigación de la Universidad de Antioquia-CODI (Estrategia para la Sostenibilidad 2016 grupo de Investigación GAMMA) y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural como entidades financiadoras de esta investigación.

Referencias

- Angel P A, Agudelo D A, Restrepo L F, Cañas J J y Cerón-Muñoz M F 2009** Curvas de lactancia de cabras mestizas utilizando modelos matemáticos no lineales. Revista Lasallista de investigación 6: 43-49. http://http://www.redalyc.org/pdf/695/Resumenes/Resumen_69514350007_1.pdf
- Araya V, Gallo L, Quesada C, Chaves C y Arias M L 2008** Evaluación bacteriológica de la leche y queso de cabra distribuidos en el Area Metropolitana de San José, Costa Rica. Archivos latinoamericanos de nutrición 58:182. <http://http://www.scielo.org.ve/pdf/alan/v58n2/art10.pdf>
- Bedoya Mejía O, Posada S L y Rosero Noguera R 2012** Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes. Desarrollo y Transversalidad serie Lasallista Investigación y Ciencia pp. 94-110. <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/124/1/7.%2093-110.pdf>
- Boichard D, Bouloc N, Ricordeau G, Piacere A y Barillet F 1989** Genetic parameters for first lactation dairy traits in the Alpine and Saanen goat breeds. Genetics Selection Evolution 21:205-215. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00893797/document>
- Cadena Productiva Ovino-caprina (CPOC) 2013** Por qué Invertir en la Cadena Ovino-Caprina. <http://cadenaovinocaprina.blogspot.com/>

- Cardona S J C, Álvarez J D C, Sarmiento J L R, Herrera L G G y Cadavid H C 2015** Associação de SNPs nos genes para κ -caseína e β -lactoglobulina com curvas de lactação em cabras leiteiras. Pesquisa Agropecuária Brasileira 50: 224-232. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/19952/12888>
- Guimarães V P, Rodrigues M T, Sarmiento J L R y Rocha D D 2006** Utilização de funções matemáticas no estudo da curva de lactação em caprinos. Revista Brasileira de Zootecnia 35: 535-543. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v35n2/a28v35n2.pdf>
- Luquet F M 2001** La Leche y productos lacteos: vaca-oveja-cabra. Editorial Acribia Pp. 343-384.
- Montaldo H, Almanza A y Juárez A 1997** Genetic group, age and season effects on lactation curve shape in goats. Small Ruminant Research 24:195-202. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448896009467>
- Nelder J 1966** Inverse polynomials a useful group omulti-factor response functions. Biometrics 22:128–141.
- Papajcsik I A y Boderó J 1988** Modelling lactation curves of Friesian cows in a subtropical climate. Animal Production 47:201–207.
- Quintero J C, Serna J I, Cerón M F, Hurtado N A y Agudelo 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. <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v5n1/v5n1a06.pdf>
- R statistical software 2015** using an attribution like (C) R Foundation. <http://www.r-project.org>.
- Rodríguez Hernández J V 2005** Evaluación fenotípica y genotípica de los caracteres de crecimiento en el esquema de selección del ovino segureño. Tesis de Doctorado, Universidad de Córdoba, España. 146pp. <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/297/13209516.pdf?sequence=1>
- Ruiz R, Oregui L M y Herrero M 2000** Comparison of models for describing the lactation curve of Latxa sheep and an analysis of factors affecting milk yield. Journal of Dairy Science 83:2709-2719. <file:///C:/Users/sjcalvo/Downloads/11104292.PDF.pdf>
- Salvador A y Martínez G 2007** Factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra: Revisión bibliográfica. Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias 48: 61-76. <http://www.scielo.org.ve/pdf/rfcv/v48n2/art01.pdf>
- Urdaneta L, Torres G, Becerril C y Betancourt O 2000** Producción de leche y duración de la lactancia en cabras (*Capra hircus*) Alpina y Nubias importadas a Venezuela. Veterinaria Mexico 31:21-26. <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/revvetmex/a2000/rvmv31n1/rvm31103.pdf>
- Yepes H, Rúa C V, Idárraga Y, Arboleda E, Calvo S J, Montoya A, Cardona-Cadavid H y Cerón-Muñoz M 2011** Estimación de las curvas de lactancia y producción de leche de cabras del departamento de Antioquia, usando controles lecheros quincenales y mensuales. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 52: 30-35. <http://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/1425/2280>

