

Caracterización y modelización de las cinco primeras semanas de lactación en ovejas de parto simple de raza Ojalada para la producción de Lechazo

J.A. Miguel*, J.L. Calvo, J. Ciria y B. Asenjo

Área de Producción Animal, Escuela de Ingenierías Agrarias de Soria, Universidad de Valladolid, Campus Universitario s/n, 42004, Soria, Spain

Resumen

El estudio de la curva de lactación permite conocer la evolución de la producción lechera de los animales, estimándose así la producción lechera total o parcial en un periodo determinado. En este trabajo se presentan los parámetros que describen la producción láctea, estimados según diferentes modelos lineales (lineal, cuadrático y lineal hiperbólico) y no lineales (gamma incompleta, parabólica exponencial, Wiltmink, Papajcsik y Bordero, Cobby, y Brody), de ovejas de raza Ojalada manejadas en pastoreo en San Esteban de Gormaz (Soria) para la producción de Lechazos. Se registraron 6.600 datos de producción de leche hasta la quinta semana de lactación en 1.320 ovejas de parto simple. Al comparar los datos de producción obtenidos con los estimados por los diferentes modelos, se encontró que los modelos de Cobby, Brody y el lineal hiperbólico fueron los que más se aproximaron en la estimación de la producción láctea la primera y la quinta semana. El modelo de Papajcsik y Bordero fue el que mejor estimó la producción en el pico de la lactación (1.508 ml), el cual se situó entre las 2,39 y las 3,56 semanas, con una producción de 1.337 a 1.508 ml, dependiendo del modelo. Todas las ecuaciones presentaron un elevado ajuste, obteniéndose similares coeficientes de determinación ajustados (R^2_{Adj}) y la raíz del promedio de los errores al cuadrado (RMS), si bien, los modelos no lineales presentaron un mayor R^2_{Adj} (0,98, excepto la función de Wiltmink con 0,88) que los lineales (0,96-0,97), siendo también menor el RMS en los modelos no lineales (426-485 ml) que en los lineales (526-685 ml).

Palabras clave: Curva de lactación, producción de leche, raza autóctona Ojalada.

Abstract

Characterization and modelization of the first five weeks of lactation of Ojalada ewes lambing single lambs for suckling lamb production

The study of the lactation curve allows the estimation of partial or total milk production during a given period. Parameters describing milk production, estimated through different linear (linear, quadratic and linear hyperbolic) and nonlinear (incomplete gamma function, exponential parabolic, Wiltmink, Papajcsik and Bordero, Cobby, and Brody) models have been studied. Data were recorded from Ojalada ewes managed under a grazing system for the production of quality label suckling lambs (Lechazo de Castilla y León). Individual records of milk production ($n = 6600$) from 1320 single lambing ewes, between the first and the fifth week of lactation were recorded. When comparing production data with production estimates using different models, the Cobby, Brody and hyperbolic linear models best estimated

* Autor para correspondencia: jangel@agro.uva.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2016.002>

milk production during the first and the fifth weeks. The best estimation of the lactation peak (1509 mL) was the Papajcsik and Bordero model, between 2.39 and 3.56 weeks, with a production ranging between 1337 and 1509 mL, depending on the model. Fitting was similar among equations, obtaining similar adjusted coefficients of determination (R^2_{Adj}) and a root mean square (RMS), although non-linear models showed greater R^2_{Adj} (0.98 except Wiltmink function with 0.88) than linear ones (0.96-0.97); the RMS was also lower in non-linear (426-485 mL) than in linear models (526-685 mL).

Key words: Lactation curve model, milk yield, Ojalada local breed.

Introducción

España atesora un importante patrimonio genético de ovino, de elevada biodiversidad y que constituyen un recurso productivo que puede utilizarse en determinadas zonas, evitando su despoblamiento (Canali y Consortium, 2006). La Comunidad Autónoma de Castilla y León, que ampara desde 1997 la Indicación Geográfica Protegida "Lechazo de Castilla y León", es la mayor productora de cordero lechal (categoría comercial Lechazo) de España. Se trata de corderos criados sin separación de sexos, procedentes de ovejas de las razas Ojalada, Churra o Castellana, y alimentados exclusivamente con leche materna. A este respecto, resulta de indiscutible interés tanto la cantidad de leche producida por las madres como la calidad de la misma, las cuales van a determinar el número de días (hasta los 35 días) en alcanzar el peso de sacrificio (entre 9 y 12 kg), en aquellas explotaciones cuyo fin sea la producción de corderos en la categoría comercial de Lechazo.

Mejorar los parámetros reproductivos (fertilidad, prolificidad y fecundidad), es el objetivo de cualquier explotación ovina. Aunque un aumento en la prolificidad, expresada como el número de corderos por parto, es importante, se ha de tener en cuenta la viabilidad de los mismos, hecho que va a estar determinado por la producción láctea de la madre. La producción de leche en la oveja aumenta en las primeras semanas y alcanza el máximo alrededor de la tercera semana de lactación

(Reynolds y Brown, 1991, Bencini *et al.*, 1992), para declinar posteriormente hasta el secado. La composición de la leche, no sólo depende de factores genéticos del animal, sino también de otros factores como la cantidad y composición de los alimentos que ingieren (Pulina *et al.*, 2006, Miguel *et al.*, 2011). Así, los principales componentes de la leche de oveja varían a lo largo de la lactación, coincidiendo el máximo de producción con el mínimo extracto seco (Velasco *et al.*, 2001).

La producción de leche es un fenómeno biológico complejo que está influenciado tanto por factores genéticos como ambientales. La representación gráfica de la producción de leche en función del tiempo se denomina curva de lactación. Los modelos matemáticos de la curva de lactación se ajustan a partir de información de la producción de leche con un número limitado de controles, permitiendo describir, caracterizar y estimar la producción láctea en diferentes momentos. Por otro lado, el conocimiento de la curva de lactación es importante para la estimación del potencial productivo de un animal y de su valor reproductivo (Olori *et al.*, 1999).

La Ojalada es una raza autóctona mediterránea explotada en sistemas extensivos orientados a la producción de cordero lechal que ocupa principalmente el centro y las zonas del suroeste de la región de Soria (España). Difiere de otras razas por sus peculiares características morfológicas (lana fina de color blanco con pigmentación negra centrifuga localizada alrededor de los ojos). Se trata de

una raza poco estudiada y documentada en comparación a otras razas autóctonas españolas (Miguel et al., 2011).

El objetivo del presente trabajo fue ajustar diferentes modelos matemáticos lineales y no lineales para describir y estimar la producción de leche de ovejas de parto simple de raza Ojalada, controladas hasta la quinta semana de lactación.

Material y métodos

Localización y material animal

El ensayo se realizó en la explotación del Campo Agropecuario de San Esteban de Gormaz perteneciente a la Excm. Diputación Provincial de Soria y situada a 70 km de Soria (España). En dicha explotación se trabaja desde hace más de 30 años en la caracterización, conservación y mejora genética de la raza Ojalada, siguiendo el sistema de 3 partos cada 2 años en lo que respecta al manejo reproductivo de los animales.

Se evaluó la producción láctea hasta la quinta semana de lactación en 1320 ovejas de raza Ojalada de parto simple con edades comprendidas entre los 4 y 6 años, un peso vivo de $61,8 \pm 8,2$ kg, y una puntuación de condición corporal de $2,92 \pm 0,05$. No se empleó ningún tipo de tratamiento hormonal para la inducción y sincronización de los períodos de celo. En la época de celo (invierno), los machos eran introducidos en el rebaño y permanecían con las ovejas durante 45 días (para una posibilidad de cubrición en dos períodos de celo).

Alimentación y manejo

El manejo tradicional de los animales fue el pastoreo durante el día con suplementación en forma de concentrado en determinados momentos (último tercio de la gestación, lac-

tación, o cuando las condiciones climáticas adversas les impedían salir al pastoreo). Esto implicó el uso de pastos de tipo bosque-arbustivo mediterráneo en verano, otoño e invierno, y pastos de valle en primavera y otoño (30 ovejas/ha). Dicho pasto estaba compuesto por 24% leguminosas (principalmente *Trifolium repens*), 65% de gramíneas (las principales especies fueron *Festuca arundinacea*, *Festuca pratensis*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne* y *Dactylis glomerata*) y 11% de otras especies (principalmente *Rumex acetosa* y *Ranunculus bulbosus*). La composición del forraje fue $212,5 \pm 11,7$ g proteína bruta/kg MS y $510,8 \pm 23,3$ g fibra neutro detergente/kg MS. Como suplemento al pasto se utilizó un concentrado (0,64 UFL, 71,72 g PDIN y 69,45 g PDIE) en una proporción del 60% durante el último tercio de la gestación y la lactación.

Para el cuidado de los animales se siguieron en todo momento las pautas europeas de bienestar animal (Real Decreto 53/2013, BOE nº 34 de 8 de febrero de 2013).

Producción de leche

A lo largo de las 5 semanas de lactación, una vez por semana se evaluó la cantidad de leche en 1.320 ovejas de parto simple. Para ello, los corderos eran separados de las madres a primera hora de la mañana. Se inyectaron 5 UI de oxitocina y se realizó un ordeño mecánico seguido de repaso manual completo. Cuatro horas después de la primera inyección de oxitocina se volvía a repetir la operación, utilizando la misma dosis, y se medía la cantidad de leche obtenida en este último ordeño. El valor así obtenido multiplicado por seis era la capacidad productiva en 24 horas (Doney et al., 1981).

Análisis estadístico

Los 6.600 valores individuales de producción láctea registrados, se ajustaron a los modelos lineales y no lineales recogidos en la Tabla 1,

Tabla 1. Modelos matemáticos utilizados para estimar la producción de leche (y_t) de la semana (t) de la lactación, el pico de lactación (t_{pico}) y la producción (ml) máxima en el pico de lactación (y_{max})
 Table 1. *Mathematical models used to estimated milk production (y_t) of week (t) of lactation, time of maximum milk production (t_{pico}) and maximum milk (mL) production (y_{max})*

	$y_t =$	t_{pico}	y_{max}
Modelos lineales			
Lineal	$\beta_0 + \beta_1 t$	-	-
Cuadrático	$\beta_0 + \beta_1 t - \beta_2 t^2$	$\frac{\beta_1}{2\beta_2}$	$\beta_0 + \frac{\beta_1^2}{2\beta_2} - \frac{\beta_1}{2}$
Lineal hiperbólico	$\beta_0 + \beta_1 t + \frac{\beta_2}{t}$	$\sqrt{(\beta_2 - \beta_1)}$	$\beta_0 - 2\sqrt{(\beta_1 \beta_2)}$
Modelos no lineales			
Función gamma incompleta (Wood, 1967)	$\beta_0 \times t^{\beta_1} \times e^{(-\beta_2 t)}$	$\frac{\beta_1}{\beta_2}$	$\beta_0 + \left(\frac{\beta_1}{\beta_2}\right)^{\beta_1} e^{(-\beta_1)}$
Parabólica exponencial (Sikka, 1950)	$\beta_0 \times e^{(\beta_1 t - \beta_2 t^2)}$	$\frac{\beta_1}{2\beta_2}$	$\beta_0 e^{\left[\frac{\beta_1^2}{2} \times \left(\frac{1}{\beta_2} - 1 \right) \right]}$
Wiltmink (Wiltmink, 1987)	$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 \times e^{(-0,05t)}$	$\frac{-1}{0,05} \text{Ln} \left(\frac{\beta_1}{0,05\beta_2} \right)$	$\beta_0 - \frac{\beta_1}{0,05} \text{Ln} \frac{\beta_1}{0,05\beta_2} + \frac{\beta_1}{0,05}$

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$: Parámetros estimados según el modelo.

Tabla 1. Modelos matemáticos utilizados para estimar la producción de leche (y_t) de la semana (t) de la lactación, el pico de lactación (t_{pico}) y la producción (ml) máxima en el pico de lactación (y_{max}) (continuación)
 Table 1. *Mathematical models used to estimate milk production (y_t) of week (t) of lactation, time of maximum milk production (t_{pico}) and maximum milk (y_{max}) production (y_{max}) (continuation)*

	$y_t =$	t_{pico}	y_{max}
Modelos no lineales			
Papajcsik y Bordero (Papajcsik y Bordero, 1988)	$\beta_0 t \times e^{(-\beta_1 t)}$	$\frac{1}{\beta_1}$	$\left(\frac{\beta_0}{\beta_1}\right)^{-1}$
Cobby (Cobby y LeDu, 1978)	$\beta_0 - \beta_1 t - \beta_0 \times e^{(-\beta_2 t)}$	$\beta_2^{-1} \text{Ln}\left(\beta_0 \times \frac{\beta_2}{\beta_1}\right)$	$\beta_0 - \left[\frac{\beta_1 \text{Ln}\left(\beta_0 \times \frac{\beta_2}{\beta_1}\right)}{\beta_2} \right] - \beta_0 e^{\left(-\text{Ln}\left(\beta_0 \times \frac{\beta_2}{\beta_1}\right)\right)}$
Brody (Brody et al., 1924)	$\beta_0 \times e^{(-\beta_1 t)} - \beta_0 \times e^{(-\beta_2 t)}$	$(\beta_2 - \beta_1)^{-1} \text{Ln}\left(\frac{\beta_1}{\beta_2}\right)$	$\beta_0 e^{-\beta_1} \left[\frac{\text{Ln}\frac{\beta_1}{\beta_2}}{\beta_2 - \beta_1} \right] - \beta_0 e^{-\beta_2} \left[\frac{\text{Ln}\frac{\beta_1}{\beta_2}}{\beta_2 - \beta_1} \right]$

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$: Parámetros estimados según el modelo.

utilizando el procedimiento de regresión del programa informático SPSS (2008). Para comparar el ajuste de las diferentes ecuaciones, se consideraron los siguientes indicadores sugeridos por Draper y Smith (1998) y utilizados en trabajos similares (Olori et al, 1999, Pollot y Gootwine, 2000):

- Coeficiente de determinación ajustado para el número de parámetros (R^2_{Adj}), que expresa el porcentaje de variabilidad de la producción láctea que es explicado por su dependencia del tiempo (semana de lactación).
- La raíz del promedio de los cuadrados de los residuos (RMS), que indica la varianza no explicada por la ecuación.

Una vez estimados los parámetros que definen cada modelo matemático, se estimó el pico de lactación y la producción máxima estimada en ese punto por cada uno de los modelos.

Resultados

En la Tabla 2, donde se recogen los parámetros estimados para cada uno de los modelos matemáticos utilizados una vez ajustados los datos obtenidos, se observa que de manera general, tanto los modelos lineales como los no lineales presentaron un similar R^2_{Adj} (0,96-0,98), siendo el modelo de Wiltmink el que menor R^2_{Adj} presentó.

Todos los modelos estimaron el pico de la lactación alrededor de la tercera semana (Tabla 3), siendo el de Cobby y el de Brody los que lo estimaron antes, y el de Wiltmink y el cuadrático los que lo hicieron más tarde. La producción estimada en el pico de la lactación se situó entre el menor valor estimado por el modelo de Wiltmink y el mayor estimado por Papajcsik y Boderó, siendo esta última la que más se acercó al valor real obtenido en la tercera semana de lactación.

Al comparar la producción real observada con la producción estimada según los mode-

los lineales (Tabla 4) se observó que el modelo que mejor estimó la producción en la primera semana de lactación fue el lineal hiperbólico (aunque con el mayor RMS), siendo sobreestimada por los otros dos modelos (lineal y cuadrático). En la tercera semana (pico de lactación) para los tres modelos lineales utilizados se observó una importante subestimación de la producción, ajustándose mejor en las semanas posteriores y especialmente en la última.

Si nos fijamos en los modelos no lineales analizados (Tabla 4), se observa que la mejor estimación para la primera y quinta semana la realizaron los modelos de Cobby y Brody. El modelo de Papajcsik y Boderó subestimó ampliamente la producción la primera semana, pero fue el que mejor estimó la producción en el pico de la lactación, sobrestimándola también en la semana 4 y ajustándose mejor, como el resto de los modelos, la quinta semana de lactación.

Discusión

Han sido varios los autores que han realizado trabajos para la caracterización de la curva de lactación en ganado ovino y caprino. En lo que respecta al ajuste de los modelos, Gipson y Grossman (1990), y también Mukundan y Bhat (1993) comparando diferentes modelos en ganado caprino, encontraron en todos los casos valores de R^2 entre 0,90 y 0,95, y que correspondían al modelo de Wood (función gamma incompleta), más recientemente también en ganado caprino de raza Murciano-Granadina, León et al, (2012) obtuvieron valores de R^2 entre 0,89 (modelo de Cobby) y 0,97 (modelo cuadrático), resultados similares a los encontrados con anterioridad por Takma et al, (2009) trabajando con otras razas de ganado caprino. Pollot y Gootwine (2000) comparando diferentes modelos lineales y no lineales para describir la

Tabla 2. Media (error estándar) de los parámetros estimados, coeficiente de determinación ajustado (R^2_{Adj}) y raíz del promedio de los errores al cuadrado (RMS) para cada modelo
 Table 2. Mean (standard error) value of the parameters estimated, adjusted coefficient of determination (R^2_{Adj}) and root mean square (RMS) for each model

	β_0	β_1	β_2	R^2_{Adj}	RMS
Modelos lineales					
Lineal	1322 (92)	-7,3 (0,2)	0,010 (0,001)	0,971	561
Cuadrático	1195 (165)	77,7 (9,5)	10,920 (0,110)	0,972	526
Lineal hiperbólico	1702 (258)	-62,6 (4,1)	-438,710 (37,412)	0,965	685
Modelos no lineales					
Función gamma incompleta	1333 (95)	0,3 (0,2)	0,092 (0,060)	0,982	461
Parabólica exponencial	1198 (155)	0,1 (0,01)	0,009 (0,001)	0,986	426
Wiltmink	12390 (1136)	-469,7 (16,2)	-11208,701 (1151,115)	0,881	4517
Papajcsik y Bordero	1288 (111)	0,3 (0,02)	-	0,986	485
Cobby	1510 (167)	42,1 (1,1)	1,704 (0,059)	0,984	485
Brody	1534 (197)	0,03 (0,02)	1,661 (0,058)	0,987	478

β_0 , β_1 , β_2 : Parámetros estimados según el modelo.

curva de lactación de ovejas de raza Awassi, observaron mejores ajustes en los modelos no lineales con menores valores de RMS, al igual que Ruiz *et al.* (2000) trabajando con ovejas de raza Latxa, al igual que ocurre en este trabajo.

Trabajando con ovejas de raza Ojalada en ensayos anteriores, Miguel *et al.* (2011) comparando tres diferentes sistemas de alimentación

y alojamiento, encontraron una producción media hasta los 35 días de aproximadamente 1300 ml/día, situándose el pico de la producción en la tercera semana (1500 ml/día, aproximadamente), resultados similares a los también encontrados por diferentes investigadores (Sánchez *et al.*, 2000, Velasco *et al.*, 2001) trabajando con otras razas españolas, y también en razas extranjeras (Ampueda y Combellas, 2000).

Tabla 3. Valores estimados del pico de lactación (t_{pico}) y producción máxima en el pico de lactación (y_{max}) para cada modelo

Table 3. Estimated values for time of maximum milk production (t_{pico}) and maximum milk production (y_{max}) for each model

	t_{pico} semana	y_{max} ml
Modelos lineales		
Cuadrático	3,56	1434
Lineal hiperbólico	2,64	1371
Modelos no lineales		
Función gamma incompleta	2,95	1364
Parabólica exponencial	3,44	1480
Wiltmink	3,53	1337
Papajcsik y Bordero	3,18	1509
Cobby	2,40	1432
Brody	2,39	1385

Tabla 4. Producción láctea observada [media (error estándar)] y estimada (media) en cada modelo
Table 4. Observed [mean (standard error)] and estimated milk yield (mean) for each model

	Semana de lactación				
	1	2	3	4	5
Producción observada, ml	1195 (159)	1333 (171)	1499 (155)	1304 (126)	1293 (155)
Producción estimada, ml					
Modelo lineales					
Lineal	1315	1307	1300	1293	1285
Cuadrático	1262	1307	1330	1332	1312
Lineal hiperbólico	1201	1358	1368	1342	1301
Modelos no lineales					
Gamma incompleta	1216	1340	1365	1347	1306
Parabólica exponencial	1263	1309	1333	1334	1311
Wiltmink	1258	1309	1334	1334	1312
Papajcsik y Bordero	940	1373	1504	1464	1336
Cobby	1192	1374	1372	1336	1295
Brody	1191	1377	1374	1336	1293

Calvo et al. (2006) trabajando con ovejas de esta misma raza Ojalada, estabuladas y alimentadas a base de heno alfalfa y concentrado, encontraron la máxima producción en la primera semana (1980 ml/día), disminuyendo de forma lineal hasta los 1250 ml/día a las 7 semanas. Esta distribución en la producción láctea ha sido descrita por Ampueda y Combellas (2000), en ovejas jóvenes de raza West African. Este fenómeno también fue descrito por Doney et al. (1981), según los cuales, cuando el cordero demanda mayor cantidad de leche, lo cual sucede en las primeras fases de la lactancia, existe una respuesta por parte de la oveja en el sentido de aumentar la cantidad de leche producida; no obstante, llega un momento en el que los requisitos de leche por parte de los corderos van siendo progresivamente menos satisfechos, al convertirse la ingestión en factor limitante.

En un ensayo realizado con la raza Talaverana, alimentada a base de heno de veza-avena y concentrado, Velasco et al. (2001), encontraron una máxima producción a las tres semanas de lactación de 1223 ml/día, (inferior a la producción encontrada en este trabajo), posteriormente la producción siguió una tendencia descendente, presentándose valores de 974 y 850 ml/día, a las 4 y 6 semanas de lactación, respectivamente.

Joy et al. (2007) comparando la alimentación en pastoreo con la estabulación y suplementación con concentrado en la raza Churra Tensina, obtuvieron valores superiores a los del presente trabajo en la ovejas en pastoreo tanto a las 2, como a las 4 semanas de lactación (1616 y 1322 ml/día, respectivamente). Por el contrario, las ovejas estabuladas de la raza Churra Tensina, produjeron menos cantidad de leche que las de pastoreo tanto a las 2 como las 4 semanas de lactación (1383 y 955 ml/día, respectivamente). Comprando estos últimos valores con los de este trabajo, observamos en aquella una producción sen-

siblemente menor en la semana 4, obteniéndose valores similares en la semana 2.

Sánchez et al. (2000), trabajando en la caracterización de la raza Gallega, presentaron los valores máximos de producción láctea a las tres semanas, en torno a los 491 ml/día. Ampueda y Combellas (2000), en ovejas de raza West African estabuladas y alimentadas con forraje y suplementadas con concentrado, obtuvieron una producción máxima de 1136 ml/día en la tercera semana de lactación. López et al. (1998) en ovejas de raza Merina en pastoreo suplementadas en el preparto con heno de alfalfa y concentrado, obtuvieron a las 4 y 6 semanas de lactación producciones de 1170 y 790 ml/día, respectivamente, valores, todos ellos inferiores a los encontrados en este trabajo.

Como conclusión se puede señalar que de los modelos utilizados, el lineal hiperbólico (lineal) y los de Cobby y Brody (no lineales) fueron los que mejor estimaron la producción la primera y quinta semanas de lactación (última antes del sacrificio de los corderos con IGP Lechazo de Castilla y León), aunque la función de Papajscsik y Bordero fue la única que estimó adecuadamente la producción en el pico de la lactación (tercera semana). En general los modelos no lineales utilizados (a excepción del de Wiltmink) presentaron mejor ajuste que los lineales (mayor R^2_{Adj} y menor RMS), pero ninguno de los modelos utilizados en este trabajo describió exactamente la curva de lactación de las ovejas de raza Ojalada de parto simple durante las primeras cinco semanas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la labor realizada por Alfredo Morón y los trabajadores del Campo Agropecuario de San Esteban de Gormaz (Soria).

Bibliografía

- Ampueda J, Combellas J (2000). Estimación de la producción de leche en ovejas West African. *Producción Latina XXV*: 533-535.
- Bencini R, Hartmann PE, Lightfoot RJ (1992). Comparative dairy potential of Awassi x Merino ewes. *Australian Association of Animal Breeding and Genetics* 10: 114-117.
- Brody S, Ragsdale AC, Turner CW (1924). The relation between the initial rise and the subsequent decline of milk secretion following parturition. *Journal of Genetic Physiology* 6: 541-545.
- Calvo JL, Asenjo M, Miguel JA, Ciria J (2006). Influencia del número de corderos amamantados en la producción de leche de ovejas de raza Ojalada. *Actas de las XXXI Jornadas Científicas de la SEOC*. 20-22 de septiembre, Zamora, España. pp. 184-186.
- Canali G, Consortium E (2006). Common agricultural policy reform and its effects on sheep and goat market and rare breeds conservation. *Small Ruminant Research* 62:207-213.
- Cobby JM, Ledu LP (1978). On fitting curves to lactation data. *Animal Production* 26: 127-134.
- Doney JM, Pert JN, Smith WF, Louda F (1981). A consideration of the techniques for estimation of milk yield by suckled sheep and a comparison of estimates obtained by two methods in relation to the effect of breed, level of production and stage of lactation. *Journal of Agricultural Science* 92: 123-132.
- Draper ND, Smith H (1998). *Applied regression analysis*. New York. John Wiley and Sons. 706 pp.
- Gipson TA, Grossman M (1990). Lactation curves in dairy goats: a review. *Small Ruminant Research* 3: 383-395.
- Joy M, Álvarez-Rodríguez J, Revilla R, Delfa R, Ripoll G (2007). Ewes metabolic performance and lamb carcass traits in pasture and concentrate-based production systems in Churra Tensina breed. *Small Ruminant Research* 75(1): 24-35.
- León JM, Macciotta NPP, Gama LT, Barba C, Delgado JV (2012). Characterization of the lactation curve in Murciano-Granadina dairy goats. *Small Ruminant Research* 107 (1): 76-84.
- López F, Estévez MA, Picón F (1998). Efecto de la suplementación preparto sobre la producción lechera de ovejas merinas en pastoreo. *Actas de las XXIII Jornadas Científicas de la SEOC*. 1-3 de octubre. Vitoria, España. pp. 89-92.
- Miguel JA, Calvo JL, Ciria J, Asenjo B (2011). Effect of feeding system on live weight, reproductive performance, milk yield and composition, and the growth of lambs in native Spanish Ojalada sheep. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9: 769-780.
- MuKundan G, Bhat PN (1993). Lactation curve in Malabari goats and their Saanen half-breeds. *Indian Journal of Animal Science* 53: 666-669.
- Olori V, Brotherstone S, Hill WG, Mcgirk BJ (1999). Fit of standard models of the lactation curve to weekly records of milk production of cows in a single herd. *Livestock Production Science* 58: 55-63.
- Papajcsik IA, Boderó J (1988). Modeling lactation curves of Friesian cows in a subtropical climate. *Animal Production* 47: 201-207.
- Pollot GE, Gootwine E (2000). Appropriate mathematical models for describing the complete lactation of dairy sheep. *Animal Science* 71: 197-207.
- Pulina G, Nudda A, Battacone G, Cannas A (2006). Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in the sheep milk. *Animal Feed Science and Technology* 131: 255-291.
- Reynolds LL, Brown DL (1991). Assessing dairy potential of Western White-Faced ewes. *Journal of Animal Science* 69: 1354-1362.
- Ruiz R, Oregui LM, 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.
- Sánchez L, Fernández B, López M, Sánchez B (2000). Caracterización racial y orientaciones productivas de la raza ovina Gallega. *Archivos de Zootecnia*, 49, 167-174.
- Sikka LC (1950). Study of lactation as affected by heredity and environment. *Journal of Dairy Research* 17: 231-239.

- SPSS (2008). SPSS Release 15.0 for Windows. User's guide,. SPSS Inc., Chicago IL, EE. UU.
- Takma C, Akbas Y, Taskin T (2009). Modelling lactation curves of Turkish Saanen and Bornova goats. *Asian Journal Animal Veterinary* 4: 122-129.
- Velasco S, Cañeque V, Pérez C, Lauzurica S, Díaz MT, Huidobro F, Manzanares C, González J (2001). Fatty acid composition of adipose depots of suckling lambs raised under different production systems. *Meat Science* 59: 325-333.
- Wiltmink JBM (1987). Comparison of different methods of predicting 305-day milk yield using means calculated from within herd lactation curves. *Livestock Production Science* 17: 1-17.
- Wood PDP (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216: 164-165.

(Aceptado para publicación el 17 de abril de 2015)