



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

**PRODUCCIÓN DE LECHE Y CURVAS DE LACTANCIA DE CABRAS
LOCALES EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO**

JORGE ALONSO MALDONADO JÁQUEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

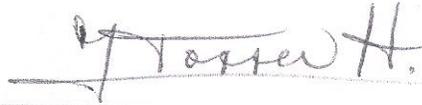
2016

La presente tesis titulada “Producción de leche y curvas de lactancia de cabras locales en la Comarca Lagunera, México”, realizada por el alumno Jorge Alonso Maldonado Jáquez, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Glafiro Torres Hernández

Asesor



Dr. Homero Salinas González

Asesor



Dr. Carlos Miguel Becerril Pérez

Asesor



Dr. Pablo Díaz Rivera

PRODUCCIÓN DE LECHE Y CURVA DE LACTANCIA DE CABRAS LOCALES DE LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO

Jorge Alonso Maldonado Jáquez M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de diversos factores que influyen en la producción media de leche/día/lactancia y determinar el efecto del número de mediciones (pesajes) de leche sobre la estimación de los parámetros de la curva de lactancia en cabras locales. El trabajo se realizó con 14 productores ubicados en cinco comunidades de la Comarca Lagunera de Coahuila, México. La producción de leche se midió mensualmente mediante ordeña manual durante cuatro años. Se analizaron 12097 observaciones de 2229 lactancias de 1125 cabras locales de uno a cuatro (o más) partos. Para caracterizar la curva de lactancia se formaron dos grupos, G1 (lactancias con 3-7 medidas) y G2 (lactancias con 8-11 medidas). El efecto de factores que influyen en la producción de leche y los factores que afectan los parámetros de la curva se analizaron con el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS v 9.0. Para caracterizar la curva de lactancia y sus parámetros (“a”, “b”, y “c”) se utilizó el modelo de Wood. La producción media de leche fue de 938.1 ± 6.2 g/animal/día. Se encontraron efectos altamente significativos de las variables comunidad, rebaño dentro de comunidad, año de producción, número de parto y número de mediciones (pesajes) de la leche ($P < 0.0001$) sobre la producción de leche. Se encontró un efecto significativo ($P < 0.001$) del número de mediciones de la leche, como covariable. El criterio para determinar el número adecuado de medidas

de PL durante la lactancia fue el error estándar del estimador. El mejor ajuste en la estimación de los parámetros de la curva se obtuvo en G2. Comunidad, año y número de parto influenciaron ($p < 0.001$) todos los parámetros en ambos grupos. Rebaño dentro de comunidad afectó “b” y “c” ($p < 0.02$) en G1. Estación de parto afectó “c” ($p < 0.02$) en G2. Existen grandes diferencias en producción de leche entre comunidades y, específicamente, rebaño dentro de comunidad, siendo el año la variable más importante en los años del estudio.

Palabras clave: Factores ambientales, producción de leche, cabras locales, Comarca Lagunera, modelo de Wood, estimadores, precisión, zonas áridas.

**MILK PRODUCTION AND LACTATION CURVE FOR LOCAL GOATS FROM
COMARCA LAGUNERA, MEXICO**

Jorge Alonso Maldonado Jáquez M.C

Colegio de Postgraduados, 2016

ABSTRACT

The aim was to determine the effect of some factors that influence on mean yield milk per day/lactation and determine the effect on the number of weights on the estimation in lactation curve in local goats. The study was with 14 producers located in five communities from the Comarca Lagunera in Coahuila, Mexico. Milk production was monthly measured by hand milking during four years. Twelve thousand ninety seven records from 2229 lactations from 1125 local goats with one to four (or more) births were analyzed. To characterize lactation curve two groups were developed, G1 (lactations with 3-7 observations) and G2 (lactations with 8-11 observations). The effect of some factors that influence milk production and factors that affect lactation curve parameters were analyzed with MIXED procedure from SAS v 9.0. Wood model was used to characterize lactation curve and his parameters ("a", "b" and "c"). Mean milk production was 938.1 ± 6.2 g/goat/day. Highly significant effects was found, variables community, herd inside community, production year, birth number and milk measures number ($P < 0.0001$) on milk production. Like covariate, a significant effect was found in number of milk measures ($P < 0.001$). Criteria to determine adequate number of milk production measures during lactation were standard error estimator. Better adjust in estimation for curve parameters is in G2. Community, year and birth number influenced ($p < 0.001$) all parameters in both groups. Herd inside community

affect “b” and “c” ($p < 0.02$) in G1. Birth station affect “c” ($p < 0.02$) in G2. Exist big differences on milk yield between communities, especially, herd inside community. Year was most important variable in this study.

Key words: Environmental factors, milk yield, local goats, Comarca Lagunera, Wood model, estimators, precision, dry areas.

DEDICATORIA

Dedico este logro, primeramente a dios por haberme dado una nueva oportunidad de vida para llegar a este punto en mi desarrollo profesional.

A mis padres Francisco y Thelma por sus consejos e inculcarme valores que he llevado toda mi vida a donde quiera que estoy, también por enseñarme con el ejemplo que con trabajo y esfuerzo todas tus metas se pueden lograr.

A mis hermanos Javier y Anadeli quienes han estado siempre apoyándome y motivándome a seguir adelante en mi preparación personal.

A mi esposa Mariana por todo tu amor, comprensión y apoyo para seguir creciendo profesionalmente y por estar a mi lado siempre que te he necesitado.

A mi pedacito de cielo, Ixchel, que con tu llegada has dado un brillo más a mi vida, me has hecho hacer un esfuerzo extra dia con dia para tratar de ser el mejor papa y darte el mejor ejemplo. Te amo mi princesita.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); por su apoyo como becario y financiamiento para la realización de estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados; por brindarme un ambiente académico adecuado para mi desarrollo tanto profesional como personal.

Al Dr. Glafiro Torres Hernández; por su amistad e incondicional apoyo y enseñanzas, además por enseñarme con el ejemplo que para trascender se debe ser una persona de valores y trabajar continuamente mejorando día a día.

Al Dr. Homero Salinas González; por su amistad, apoyo y esfuerzo por enseñarme distintos procesos de investigación, así como sus consejos para mejorar en el aspecto profesional y personal.

A los Doctores Carlos Miguel Becerril Pérez y Pablo Díaz Rivera; quienes siempre estuvieron dispuestos a apoyarme para cumplir y mejorar mi desarrollo profesional.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	v
CONTENIDO	ix
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
II. Revisión de Literatura	3
2.1. Población caprina y producción de leche	3
2.2. Sistemas de producción de leche caprina.....	7
2.3. Factores que afectan la producción de leche.....	8
2.3.1 Raza	9
2.3.2 Alimentación.....	10
2.3.3 Época de parto	10
2.3.4 Número de parto	11
2.3.5 Número de crías.....	11
2.4 Curvas de lactancia	12
2.5 Métodos de estimación	13
2.5.1 Función Exponencial Parabólica de Sikka	13
2.5.2 Función Gamma Incompleta de Wood.....	14
2.5.3 Función Gamma Modificada de Cobby y Le Du.....	15
2.5.4 Papajcsik y Bordero.....	16
2.5.5 Morant y Gnanasakthy	16
III. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRAS	
LOCALES EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO	18
Resumen	18
Abstract	19
INTRODUCCIÓN.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS	22
Lugar del estudio.....	22
Animales y manejo	22

Recolección de los datos	23
Análisis estadístico	24
RESULTADOS	25
Efectos fijos	25
Efecto de la covariable	27
DISCUSIÓN	27
CONCLUSIONES	32
IV. INFLUENCIA DEL NÚMERO DE MEDICIONES DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE LA CURVA DE LACTANCIA EN CABRAS LOCALES DE LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO.....	33
RESUMEN	33
ABSTRACT	34
INTRODUCCIÓN.....	35
MATERIALES Y MÉTODOS	36
Ubicación y descripción del lugar del estudio.....	36
Base de datos utilizada y manejo de los animales	37
Análisis estadístico de los datos.....	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
Estimación de parámetros de la curva de lactancia	39
Factores que influyen en los parámetros de la curva de lactancia.....	40
Estimación de la curva de lactancia	43
CONCLUSIONES.....	45
RECOMENDACIONES E IMPLICACIONES	46
V. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES	46
VI. LITERATURA CITADA	50

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Inventario nacional caprino en el periodo 2012-2014.....	5
Cuadro 2. Producción nacional de leche de cabra en el periodo 2012-2014.....	6
Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos de producción de leche por comunidad y rebaño dentro de comunidad, en cabras locales de la Comarca Lagunera, México.	25
Cuadro 4. Medias de mínimos cuadrados de producción de leche según el número de parto, en cabras locales de la Comarca Lagunera, México.....	26
Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados de producción de leche por año de producción y estación de parto en cabras locales de la Comarca Lagunera, México.	26
Cuadro 6. Estimación de los parámetros de la curva de lactancia de acuerdo al número de mediciones de la producción de leche, en cabras locales de la Comarca Lagunera.....	40
Cuadro 7. Factores que influyen en los estimadores de la curva de la lactancia de acuerdo al número de mediciones de leche en cabras locales de la Comarca Lagunera.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Poblacion caprina en México, durante el periodo 2005-2014.	4
Figura 2. Curva de lactancia para G1 de cabras locales de la Comarca Lagunera.	43
Figura 3. Curva de lactancia para G2 de cabras locales de la Comarca Lagunera.	44

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Desde la más remota antigüedad, la cabra ha aportado al humano, carne y leche para alimentarse, piel y pelo para confeccionar su vestimenta, e incluso inspiración poética y religiosa (Gómez y González *et al.* 2009). Iñiguez (2004), señala, que mientras las cabras son un componente importante de un considerable número de sistemas de producción pobres en recursos, el comportamiento de la producción y las potencialidades de estas aún no han sido suficientemente caracterizadas o documentadas. Por esta razón, recientemente, se ha señalado la importancia mundial de la producción de los caprinos con base en tres aspectos principales: a) el potencial que tienen como animal de doble propósito para disminuir la pobreza en el medio rural, b) el crecimiento de las poblaciones minoritarias en varios países que tienen una gran preferencia por la carne y leche de cabra y c) la creciente importancia de los pequeños rumiantes, especialmente cabras, en el manejo de la vegetación en países desarrollados (Merlos-Brito *et al.* 2008). Así mismo, contribuyen significativamente a mejorar la nutrición y salud familiar en poblaciones rurales y con la venta de animales y sus productos ayudan a estabilizar el ingreso del hogar. Es por esto que la producción de cabras es considerada una forma de seguridad y una fuente independiente de ingreso, especialmente en áreas rurales y con productores de subsistencia (Ahamefule *et al.* 2007). La actividad caprina está distribuida prácticamente a nivel mundial, se ubica principalmente entre los trópicos de cáncer y capricornio, y coincide con países como India, China, Pakistán, Nigeria, Bangladesh e Irán, aquí se encuentran las mayores concentraciones de cabras (Ducoing, 2011), con cerca del 78% de la población mundial (Sánchez de la Rosa *et al.* 2006). Por otra

parte, la mayoría de la literatura tiene como propósito resaltar la alta productividad de las razas puras y los cruzamientos, donde los caprinos “criollos” o “locales” son utilizados como testigos en los tratamientos, en lugar de entender su potencial dentro de los sistemas locales de producción (Vargas *et al.* 2015). Existen estudios (Serradilla, 2001) donde señalan que cabras exóticas producen mayor cantidad de leche que las cabras locales, pero presentan menor desempeño que en sus regiones de origen, además, la producción de leche del primer producto de sus cruces (F1) está en la parte intermedia entre estas razas exóticas y locales. En países como Brasil y Argentina, la investigación se ha centrado en la caracterización de las poblaciones caprinas, la calidad de los productos, la respuesta al manejo y el rescate de las poblaciones locales (Vargas *et al.* 2015). En México los estudios en cuanto al comportamiento productivo en cabras bajo condiciones tropicales son escasos y la mayoría de ellos se concentran en razas puras europeas explotadas en condiciones intensivas. En el sistema de producción de leche extensivo (típico del norte de México) los productores no cuentan con recursos forrajeros propios (Salinas *et al.* 2015) y los rebaños caprinos están formados en su mayor parte por animales que los productores denominan “criollos” (Merlos-Brito, 2008), aunque correctamente denominadas actualmente como "locales" (Montaldo *et al.*, 2010). Aproximadamente 320 mil familias dependen de la explotación caprina en zonas rurales para sobrevivencia (Escareño *et al.* 2010), y atienden alrededor de 8.9 millones de cabezas de ganado (SIAP-SAGARPA, 2011).

II. Revisión de Literatura

2.1. Población caprina y producción de leche

Existen más de 880 millones de cabras en el mundo (FAOSTAT, 2014), de ellas, la mayoría se concentra en India (18%), China (16%), Nigeria (7%), Bangladesh (6%) e Irán (3%) (FAOSTAT, 2011). Sin embargo, existe una disparidad en la relación población-producción de leche, ya que, mientras que Asia y África concentran el 85% del inventario caprino mundial, solo producen el 64% de la leche en el mundo (Devendra, 1991) y los países desarrollados con aproximadamente 6% de la población caprina producen el 25% del total de leche que se produce a nivel mundial (Morand-Fehr y Jaouen, 1991).

México, por su parte, es el segundo productor de cabras en el continente americano (Arbiza y De Lucas, 2001) y decimotercero en producción de leche mundial (FAOSTAT, 2013). En México se producen anualmente más de 155 millones de litros de leche de cabra, generando una derrama económica de más de 781 millones de pesos (SIAP-SAGARPA, 2014).

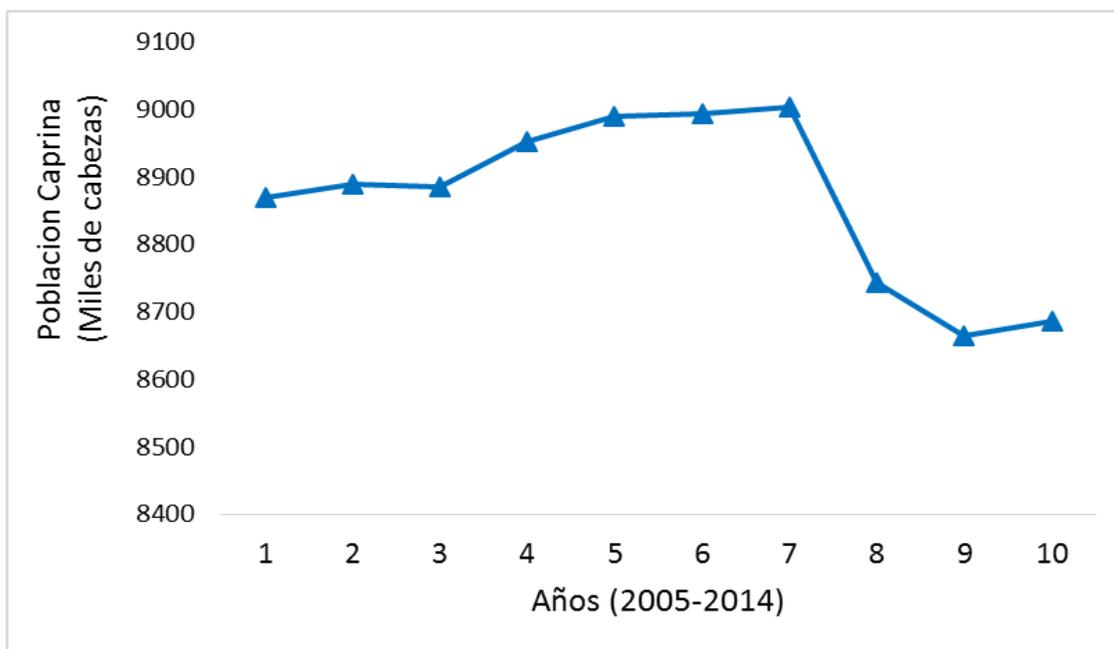


Figura 1. Población caprina en México, durante el periodo 2005-2014. Fuente:SIAP-SAGARPA, 2014.

En México, la población caprina (Figura 1) en los últimos años (2005-2014) había mostrado una tendencia al alza hasta el año 2012, donde el inventario cayó por debajo de las 8´740,000 cabezas y donde hasta el 2014 se ha mantenido sin mostrar una recuperación clara. Las mayores poblaciones (Cuadro 1) se encuentran en los estados de Oaxaca, Puebla, Guerrero, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí y Guerrero (SIAP-SAGARPA, 2014).

Cuadro 1. Inventario nacional caprino (miles de cabezas) en el periodo 2012-2014.

Estado	2012	2013	2014
Aguascalientes	33,672	32,948	32,982
Baja California	26,850	26,856	26,938
Baja California sur	128,754	121,647	123,904
Campeche	5,746	6,576	6,472
Coahuila	663,661	643,305	646,009
Colima	13,980	13,823	13,911
Chihuahua	175,657	153,569	153,900
Durango	315,165	311,191	310,854
Guanajuato	573,862	573,510	572,849
Guerrero	652,810	660,347	673,732
Hidalgo	229,507	200,059	199,462
Jalisco	238,366	219,687	217,358
México	124,901	124,451	124,993
Michoacán	455,457	460,709	461,522
Morelos	45,102	57,321	56,853
Nayarit	127,345	123,347	122,922
Nuevo León	407,627	408,096	408,238
Oaxaca	1'193,426	1'249,487	1'251,122
Puebla	1'291,119	1'218,318	1'219,910
Querétaro	98,547	97,421	98,560
Quintana Roo	4,985	3,247	3,561
San Luis Potosí	616,751	615,673	616,749
Sinaloa	155,939	165,961	165,837
Sonora	27,983	29,643	30,375
Tamaulipas	260,747	265,902	266,741
Tlaxcala	125,541	115,324	115,114
Veracruz	149,736	150,840	149,745
Zacatecas	600,713	615,355	617,201

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2014.

Aunque las mayores poblaciones de cabras se concentran en estados del centro y sur de México, la mayor producción de leche se concentra en los estados del norte, donde la Comarca Lagunera (Coahuila y Durango) tiene un inventario, del orden de 411,376 cabezas, y se ubica como la principal región productora de leche de cabra (Cuadro 2), con una producción del orden de 60 millones de litros anuales donde la región laguna del estado de Coahuila aporta el 22% y la parte del estado de Durango

aporta el 14.3% del total nacional respectivamente, generando una derrama económica de más de 263 millones de pesos anuales por este concepto (SIAP-SAGARPA, 2013). Por otra parte, los estados que también destacan en producción de leche son Zacatecas, Puebla, Guerrero y Oaxaca cuyas producciones aportan el 11.3, 10.1, 9.4 y 9% del total nacional respectivamente (SIAP-SAGARPA, 2014).

Cuadro 2. Producción nacional de leche (toneladas) de cabra en el periodo 2012-2014.

Estado	2012	2013	2014
Aguascalientes	337	295	298
Baja California	423	408	389
Baja California Sur	1,010	870	960
Campeche	61	65	62
Coahuila	9,424	8,331	8,966
Colima	117	120	111
Chihuahua	1,400	1,272	1,332
Durango	2,348	2,053	2,108
Guanajuato	4,421	4,206	3,147
Guerrero	6,695	6,623	7,311
Hidalgo	2,180	1,949	1,915
Jalisco	3,868	2,928	2,773
México	1,023	1,019	1,028
Michoacán	5,098	5,041	4,890
Morelos	911	1,145	886
Nayarit	608	568	532
Nuevo León	2,812	3,037	2,974
Oaxaca	7,746	7,388	7,336
Puebla	7,807	7,872	7,879
Querétaro	276	281	302
Quintana Roo	64	46	62
San Luis Potosí	5,049	4,896	5,174
Sinaloa	2,875	2,497	2,458
Sonora	561	509	524
Tamaulipas	3,743	3,707	3,644
Tlaxcala	868	724	751
Veracruz	1,034	1,213	1,241
Zacatecas	8,117	8,539	8,772

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2014.

2.2. Sistemas de producción de leche caprina

La cabra se distribuye en diferentes tipos de agro ecosistemas como en los trópicos y en la mayoría de las regiones áridas y semiáridas de África, Asia y América y representa el principal ingreso económico de los pequeños productores (Salinas *et al.* 2015). Las zonas productoras de cabras en México se localizan en las regiones áridas y semiáridas cuyas características distintivas son el bajo nivel socioeconómico, escasas de agua y sequías (Baraza *et al.* 2008). Los sistemas de producción asociados directamente con los productores de bajos recursos, están esencialmente ligados al pastoreo en propiedades ejidales, de baja productividad y de forma considerable aportan al sustento (Salinas *et al.* 2011). En México, los sistemas de producción caprina se desarrollan de acuerdo al objetivo de producción, estos son: producción de leche, cabrito y carne de adulto (Salinas *et al.* 2015). En el sistema de producción de leche de cabra, la disponibilidad de terrenos de pastoreo o la producción de forraje son la principal limitante entre los productores rurales (Bet *et al.*, 2009). Así mismo, Kawas *et al.* (2011), señalan que la calidad y disponibilidad de la dieta en áreas de pastoreo en regiones semiáridas del mundo presentan cambios drásticos, por lo que el follaje consumido puede ser deficiente en nitrógeno, energía, minerales y vitaminas. Lo que se traduce en un impacto directo sobre la condición corporal de los animales y su nivel productivo.

2.3. Factores que afectan la producción de leche

Existen diferentes factores que afectan la productividad lechera de las cabras (Salinas *et al.* 2015), dentro de estos factores, existen algunos que pueden ser relacionados con el animal (raza, número de parto, número de crías, etapa de lactancia, nivel de producción, estado nutricional, etc.) (Merlos-Brito *et al.*, 2008, Mioc *et al.* 2008). Otros estudios, (Allegretti, 2002) reportan que la disponibilidad de forraje es uno de los factores más importantes que influyen la selección de la dieta en cabras secas, preñadas y lactantes en ambientes áridos, esto, si se combina con una alta presión de pastoreo lleva a una baja producción de leche total/cabra (Bonano *et al.*, 2007). También deben considerarse los factores externos y su efecto sobre la producción de leche. Crepaldi *et al.* (1999) encontraron que la producción de leche y la duración de la lactancia son afectadas primeramente por los factores año y rebaño donde las principales diferencias se observan sobre el manejo a nivel de este último. Así mismo, Hernández *et al.* (2007) y Rodríguez-Martínez *et al.* (2011) señalan que la exposición a días largos en cabras del norte de México que paren en otoño presenta un incremento en la producción de leche en comparación con cabras mantenidas bajo condiciones de fotoperiodo natural, además Russo *et al.* (2013) reportan incremento en la persistencia de la lactación en cabras lecheras Australianas. Por otra parte, se deben considerar aspectos de manejo que influyen directamente en la producción y calidad de leche, Iancu *et al.* (2011) indican que en cabras manejadas extensivamente, la pobre higiene del forraje y contaminación resultante del pastoreo así como la higiene del ordeñador y/o de los equipos de ordeña presentan uno de los mayores costos en las granjas lecheras. Por ello, los factores ajenos al animal deben

manejarse adecuadamente para evitar, en la medida de lo posible, pérdidas en producción.

2.3.1 Raza

Este efecto es tal vez uno de los más estudiados, existe un gran número de estudios que demuestran que la producción de leche varía entre razas. García *et al.* (1996), encontraron que cabras $\frac{1}{2}$ Alpina x $\frac{1}{2}$ criollo, $\frac{1}{2}$ Toggenburg x $\frac{1}{2}$ criollo, $\frac{1}{2}$ Nubia x $\frac{1}{2}$ criollo y criollo produjeron 150.5, 115.3, 95.6 y 57.2 kg de leche/lactancia respectivamente. Greyling *et al.* (2004), encontraron un efecto significativo de la raza sobre la producción de leche en cabras indígenas de Sudáfrica. Sanogo *et al.* (2013) encontraron que el cruzamiento de cabras nativas Sahelian con machos Anglo Nubian incrementa 103% la producción de leche en comparación con cabras Sahelian. Fernández (2000), encontró que cabras Nubia café en Uruguay presentan mayor cantidad de leche/lactancia que las cruza Nubia x local. De la misma manera, Mestawet *et al.* (2012) encontraron un efecto de raza en la producción de leche en cabras de Etiopia, donde la raza Arsi-bale presentó una producción mayor que cabras cruzadas (Toggenburg x Arsi-bale) y Somalíes (1.13 vs 0.93 y 0.85kg respectivamente). Sin embargo, debe considerarse, que algunos genotipos se comportan de manera similar en la producción de leche, bajo condiciones de manejo similares; Noguera-Barros *et al.* (2005), señalan que no se encontraron diferencias significativas en la producción de leche de cabras $\frac{1}{2}$ Alpino café x $\frac{1}{2}$ Moxoto, $\frac{3}{4}$ Alpina café x $\frac{1}{4}$ Moxoto y $\frac{1}{4}$ Moxoto x $\frac{1}{4}$ Alpino café x $\frac{1}{2}$ Anglo Nubia en el Campo Experimental Sobral de Embrapa, Brasil.

2.3.2 Alimentación

En cualquier sistema de producción, la alimentación, representa un aspecto de suma importancia. En el caso de los caprinos productores de leche, tanto en el sistema de producción intensivo como extensivo, el efecto que tiene este factor se considera crítico. Greyling *et al.* (2004), indican que el nivel nutricional presenta un efecto significativo sobre la producción de leche, donde las cabras que fueron alimentadas bajo un régimen intensivo presentan la mayor producción de leche. Rufino *et al.* (2012), encontraron que al complementar la dieta de las cabras con 1.5% del peso vivo de concentrado en praderas de pasto Tanzania, mejora tanto el consumo de materia seca como la absorción de nutrientes, resultando en un incremento lineal sobre la producción de leche. Palocci y Tripaldi (2011), realizaron un trabajo donde ofrecieron diferentes tipos de concentrados a cabras Indígenas en Italia y concluyen que tanto la producción como la composición de la leche se puede mejorar con un adecuado manejo en la administración de raciones que cubran adecuadamente los requerimientos de estas.

2.3.3 Época de parto

Comúnmente la época de parto se considera para observar el efecto sobre la producción de leche. Crepaldi *et al.* (1999) encontraron que la duración de la lactancia de cabras Alpinas en Lombardy, Italia es afectada por la estación de parto. Mohamed *et al.* (2007), encontraron que la estación de parto tiene un efecto significativo sobre la producción de leche en cabras Nubian en Sudán aun cuando éstas se encuentran en condiciones de producción intensivas. Mourad (1992),

encontró en cabras Alpinas en Egipto que aquellas que presentan partos en invierno producen una cantidad mucho mayor de leche que las que paren en primavera. Por otra parte, Pesantes *et al.* (2014), encontraron un efecto significativo de la época de parto sobre la persistencia en la producción de leche.

2.3.4 Número de parto

El número de parto y su efecto sobre la producción de leche ha sido ampliamente estudiado. Díaz *et al.* (2007) reportan un efecto significativo del número de parto sobre la producción de leche. Browning *et al.* (1995), encontraron las producciones de leche más altas en cabras alpinas en la segunda lactancia y la menor producción en cabras de séptima lactancia. Ciappesoni *et al.* (2004), señalan que cabras blancas de pelo corto checas con 3 y 4 o más partos producen la mayor cantidad de leche y cabras con 1 y 2 partos presentan la menor producción (3.41 y 3.37 kg vs 2.91 y 3.25 kg, respectivamente). De la misma manera, Fernández (2000), encontró que cabras de primer lactancia producen menos leche (164.89 kg) que cabras de segundo y tercer parto (344.5 y 347.28 kg).

2.3.5 Número de crías

Este efecto también ha sido ampliamente observado, algunos estudios (Browning *et al.* 1995) señalan que cabras con una cría producen entre 50 y 125 kg menos leche que aquellas con dos o tres cabritos respectivamente. Así mismo, Crepaldi *et al.* (1999), confirman que el tamaño de camada no debe ser ignorado cuando se establecen factores de corrección para comparar producciones de leche y Mourad

(1992) reporta un efecto significativo del número de crías sobre los primeros dos meses de lactancia en cabras Alpinas en Egipto.

De acuerdo con la información anterior, se concluye que el manejo de los diferentes factores que afectan la producción de leche indica que el comportamiento de las cabras puede ser exitosamente mejorado con un adecuado manejo de factores (Crepaldi *et al.*, 1999; Palocci y Tripaldi, 2011)

2.4 Curvas de lactancia

El estudio de las curvas de lactancia tiene varias aplicaciones técnicas en la industria lechera (León *et al.* 2012). Por ello, el control de la lactancia es un factor determinante para el éxito de los sistemas de producción de leche de cabra (Couto-Gomes *et al.* 2014). Así, el conocimiento de la curva de lactancia permite predecir la producción de leche en uno o varios días en la lactancia temprana (Fatti-Nasri *et al.* 2008); pueden ayudar a identificar animales enfermos antes de que los signos clínicos aparezcan, ya que estos animales disminuyen la producción de leche y también pueden ser usados para estudiar aspectos económicos en la formulación de dietas para ganado lechero (Gipson *et al.* 1990). En sistemas de producción de leche, la curva de lactancia está caracterizada por una fase de ascenso, un periodo de producción máxima seguido por una fase de descenso continuo en la producción (Quintero *et al.* 2007). Numerosos modelos matemáticos han sido desarrollados para describir la curva de lactancia, pero no todos los modelos ajustan para una curva de lactancia típica (González-Peña *et al.* 2012).

2.5 Métodos de estimación

La curva de lactancia se determina mediante modelos matemáticos, un modelo es una función que describe como los parámetros de una distribución de probabilidad cambian conforme los valores de una variable independiente (Castañeda, 2008). Se han evaluado varios modelos matemáticos que buscan representar la relación entre cantidad y tiempo de producción de leche durante una lactancia (Ángel-Marín *et al.* 2009). Cada modelo matemático presenta sus respectivas ventajas y desventajas; los modelos exponenciales negativos fueron las primeras aproximaciones empíricas que describieron la curva de lactancia de un animal y su énfasis descriptivo radica en la persistencia para la producción de leche. Por otro lado los modelos gamma incompletos son los más usados para describir la curva de lactación en ganado lechero, y los modelos polinomiales son simplificaciones lineales de la curva de lactancia (Quintero *et al.* 2007).

2.5.1 Función Exponencial Parabólica de Sikka

Este modelo es una función exponencial que considera el incremento inicial en la producción de leche (Ramírez-Valverde *et al.* 2004). Es un modelo que describe una curva de lactación en forma de campana troncada, en el que el pico de producción estimado ocurre en $b/2c$, caracterizando la media de distribución (Pereira-Guimarães *et al.* 2006).

Este modelo se ajusta bien para la producción pero no se ajusta después de que se logra el pico de producción por que la función es simétrica alrededor del pico. La forma de esta función es:

$$Y_t = ae^{(bt-ct^2)}$$

Donde: Y es la producción de leche en la semana t, "a" es el parámetro relacionado a la producción inicial de leche, "b" define la tasa de ascenso medida en la fase pre-pico de producción y "c" indica la tasa de caída en la producción de leche

2.5.2 Función Gamma Incompleta de Wood

Esta función es un modelo No lineal, inicialmente propuesta por Wood en al año de 1967; ha servido extensivamente para describir la curva de lactancia en Bovinos, ovinos, cabras, búfalos y camélidos sudamericanos (Quintero *et al.* 2007). Actualmente, la ecuación de Wood, es el modelo matemático más ampliamente utilizado para la modelación de las curvas de lactancia (Cappio-Borlino *et al.* 1995). Esta función generalmente utiliza transformación logarítmica de una curva gama incompleta para obtener estimadores de mínimos cuadrados de las constantes (Gadour *et al.* 2009). Este modelo tiene la ventaja de tener un número de parámetros limitado (a, b y c) por ello es uno de los utilizados más frecuentemente (González-Peña *et al.* 2012). Este modelo se ajusta bien a los datos de producción de leche, predice mejor los datos reales durante la lactancia temprana y predice con menor precisión los datos durante la lactancia media (Quintero *et al.* 2007).

La forma de la función gamma incompleta de Wood es la siguiente:

$$Y_t = at^b e^{-ct}$$

Donde: Y es la producción de leche en la semana t, "a" es el parámetro relacionado a la producción inicial de leche, "b" define la tasa de ascenso medida en la fase pre-pico de producción y "c" indica la tasa de caída en la producción de leche (Pereira-Guimarães *et al.* 2006)

2.5.3 Función Gamma Modificada de Cobby y Le Du

Este modelo ha sido ampliamente utilizado para ajustar las curvas de lactancia en Bovinos. Rowlands *et al* (1982), citado por Quintero *et al* (2007) concluyeron que este modelo describe el aumento inicial en la producción de leche hasta la quinta semana mejor que el modelo de Wood.

La forma de este modelo es la siguiente:

$$Y_n = a - bt - ae^{-ct}$$

Donde: Y es la producción de leche en el día n, los parámetros b y c están relacionados a la persistencia de lactación y a la caída de la producción, respectivamente. Siendo el pico de producción estimado en $c^{-1} \ln(ac/b)$, con posterior caída (Pereira-Guimarães *et al.* 2006).

2.5.4 Papajcsik y Bordero

Inicialmente este modelo se indicó como uno de los mejores para describir la curva de lactancia en Bovinos de la raza Guzerat (Quintero *et al.* 2007). Angel-Marín *et al.* (2009) encontraron que este modelo fue el que mejor ajusto la curva de lactancia de cabras mestizas y mostro ser altamente significativo para el 100% de los animales en todas las lactancias, ya que tuvo menores valores de AIC y BIC en hembras de 1, 2 y 3 o más lactancias respecto a otros modelos analizados. Este modelo, se describe como un modelo semejante al de Wood, pero consideran el valor del parámetro b como 1 eliminando su influencia sobre el modelo (Pereira-Guimarães *et al.* 2006). Su forma es la siguiente:

$$Y=ate^{-ct}$$

Donde: Y es la producción de leche en el día n, el parámetro “a” está asociado a la producción inicial de leche.

2.5.5 Morant y Gnanasakthy

Este modelo utiliza cuatro parámetros para ajustar la curva de lactancia (Dohare *et al.* 2014). Asume que los cambios en la producción de leche después del pico de lactancia son constantes, como lo descrito por la reducción exponencial y asume una transformación de tiempo de producción de leche (Pereira-Guimarães *et al.* 2006). La mayor ventaja de este modelo es que los parámetros tienen interpretaciones relativamente simples.

La forma de la función es la siguiente:

$$Y_t = \exp(a - bt + ct^2/2 + d/t)$$

Donde “a” es el logaritmo de la producción esperada a los 150 días de lactancia, “b” es el principal parámetro que describe la tasa a la cual la producción cambia a los 150 días de lactación; “c” es el segundo parámetro de forma y es medido para la extensión a la cual la persistencia cambia durante la lactación y “d” es la tasa de incremento en la producción al inicio de la lactancia (Dohare *et al.* 2014).

III. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRAS LOCALES EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO

Resumen

En este estudio se midió la producción de leche (PL) de cabras locales en 14 rebaños de 5 comunidades de la Comarca Lagunera de Coahuila. La PL se midió mensualmente mediante ordeña manual durante 4 años. Se analizaron 12097 observaciones de 2229 lactancias de 1125 cabras locales de 1 a 4 (o más) partos. El análisis estadístico se llevó a cabo con el procedimiento MIXED del paquete SAS. El promedio general de PL obtenido fue de 938.1 ± 6.2 g/animal/día. Se encontraron efectos significativos ($P \leq 0.001$) de las variables comunidad, rebaño dentro de comunidad, año de producción, número de parto y número de mediciones (pesajes) de la leche sobre la PL. Hubo grandes diferencias en PL entre comunidades y, específicamente, rebaño dentro de comunidad, siendo el año la variable más importante en los años del estudio. También se encontró un efecto significativo ($P \leq 0.001$) del número de mediciones de la leche, como covariable.

Palabras clave: Producción de leche; cabras locales; Comarca Lagunera; factores ambientales.

Abstract

In this study milk production (MP) of local goats in 14 flocks of 5 communities of the Comarca Lagunera of Coahuila was measured. MP was measured monthly by hand milking during four years. Twelve thousand ninety seven observations from 2229 lactations of 1125 local goats from 1 to 4 (or more) kiddings were analyzed. The statistical analysis was performed with the MIXED procedure of the SAS package. The overall mean obtained for MP was 938.1 ± 6.2 g/animal/day. Significant effects ($P \leq 0.001$) of community, flock within community, production year, number of kidding, and number of measures of milk were found on milk production. High differences on milk production were observed due to community, and mainly due to flock within community, production year being the most important variable. Also, a significant effect ($P \leq 0.001$) of number of measures of milk production, as a covariable, was found.

Keywords: Milk production; local goats; Comarca Lagunera; environmental factors.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de los recursos genéticos caprinos en el mundo refleja su adaptación a condiciones adversas climáticas, de aridez, y de topografía, tienen la habilidad de recorrer grandes distancias para buscar alimento (8-12 km diarios); con alimentación pobre mantienen lactancias en niveles muy bajos por periodos extendidos (lactancias extendidas), debido en gran medida a que no pueden soportar una preñez, poseen gran habilidad para digerir los alimentos ricos en fibra cruda (Cantú, 2008), además de su habilidad para sobrevivir y reproducirse por largos periodos de tiempo (Soma, Kotze, Grobler & Van Wyk, 2012). Las cabras en zonas rurales tienen el rol de satisfacer necesidades esenciales de alimentación, ocupación, y asentamiento de las poblaciones humanas (Bedotti, 2008). Existen más de 880 millones de cabras en el mundo (FAOSTAT, 2014), la mayoría de las cuales se encuentra en países en desarrollo (Montaldo & Manfredi, 2002), en áreas con condiciones ambientales adversas y un manejo de tecnología pastoril tradicional (Peacock & Sherman, 2010). México es el segundo productor de cabras en el continente americano (Galina & Pineda, 2010) y décimoctavo en producción de leche a nivel mundial (FAOSTAT, 2013).

En México, las cabras han encontrado su hábitat principal en el territorio árido y semiárido del norte bajo condiciones extensivas (Galina & Pineda, 2010), en donde se concentra el 64% de las cabras, las que se alimentan principalmente de flora arbustiva. Estas regiones se caracterizan por tener un bajo nivel socioeconómico, gran escases de agua y sequías prolongadas (Baraza, Ángeles, García & Valiente, 2008). En México los rebaños caprinos están formados en su mayor parte por

animales que los productores denominan “criollos” (Zavala, 1993; Merlos-Brito, Martínez-Rojero, Torres-Hernández, Mastache-Lagunas & Gallegos-Sánchez, 2008), término que hoy es aceptado y utilizado como "locales" (Montaldo, Torres-Hernández & Valencia-Posadas, 2010). En su revisión de la cabra criolla en América Latina, Mellado (1997) hace referencia a su origen y algunas de sus características productivas.

En México se producen anualmente un poco más de 155 millones de litros de leche de cabra, generando una derrama de más de 781 millones de pesos (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [Siap-Sagarpa], 2014). La Comarca Lagunera es una región con uno de los mayores inventarios de cabras, con aproximadamente 411,376 cabezas, y que se ubica como la principal región productora de leche de cabra en México, con una producción aproximada de 60 millones de litros anuales (el Estado de Coahuila contribuye con 22% y el de Durango con 14.3%), generando una derrama económica de cerca de 263 millones de pesos anuales por este concepto (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [Siap-Sagarpa], 2013). Sin embargo, aunque la Comarca Lagunera es una región con una producción importante de leche de cabra, la información disponible sobre producción de leche es muy escasa. Esto se atribuye en gran parte a que los productores no llevan registros de producción, no están organizados para la producción, transformación y comercialización de la leche (Maldonado-Jáquez, Salinas-González, Valle-Moysen, Triana-Gutiérrez & Espinoza-Arellano, 2014), carecen de mucha información y

asistencia técnica (Salinas *et al.*, 2011; Escareño *et al.*, 2012), tienen un bajo nivel tecnológico y, por otra parte, las cabras presentan una marcada estacionalidad en la producción de leche (Maldonado-Jáquez *et al.*, 2015). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de factores que influyen en la producción de leche de cabras locales manejadas en condiciones extensivas en la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del estudio

El estudio se realizó en 14 unidades de producción caprina (rebaños) ubicadas en 5 comunidades, 4 en el Municipio de Viesca y 1 en el Municipio de Matamoros, Coahuila, dentro de la Comarca Lagunera. Esta región se ubica entre las coordenadas 24° 22' y 26° 23' Latitud Norte y 102° 22' y 104° 47' Longitud Oeste y a 1100 msnm. El clima, según la clasificación de Köppen, modificado por García (1988), corresponde a BWhw, que se caracteriza por ser muy seco o desértico, semicálido con invierno fresco. La precipitación media anual es de 240 mm y la temperatura media anual a la sombra es de 25 °C, con rangos de -1 °C en invierno a 44 °C en verano.

Animales y manejo

El estudio se llevó a cabo con cabras locales. El manejo de los rebaños es el típico para el sistema extensivo, donde el manejo sanitario se limita tradicionalmente a la vacunación de una campaña contra brucelosis y una desparasitación contra parásitos externos (ya sea inyectada o mediante baño de inmersión) cada vez que los animales presentan señales de parasitismo, que en promedio es cada 6 meses. Los animales pastorean en el día y por la tarde-noche se encierran en corrales de descanso, en

donde tienen acceso únicamente a bloques de sales minerales. La dieta principal consiste en especies vegetales nativas de la región, como pastos (*Sporobolus spp.* y *Muhlenbergia spp.*), arbustivas como huizache (*Acacia spp.*), mezquite (*Prosopis spp.*) y gobernadora (*Larrea tridentata*), y en ocasiones manilla o inflorescencia de agave (*Agave spp.*). En época de lluvias la dieta de las cabras es en gran parte a base de especies herbáceas, entre las que destacan el trompillo (*Solanum elaeagnifolium*), malva (*Sphaeralcea angustifolia*), y rodadora (*Salsola kali*). Ocasionalmente el ganado puede consumir esquilmos agrícolas de cultivos como melón (*Cucumis melo*), sandía (*Citrillus lanatus*), avena forrajera (*Avena sativa*) y sorgo (*Sorghum halepense*).

Recolección de los datos

En este trabajo se tomaron datos de producción de leche de las cabras, en un periodo de 36 meses durante 4 años, iniciando en Junio/2012 y terminando en Mayo/2015. Las cabras se ordeñaron mensualmente una vez al día, con horarios establecidos entre las 04:00 y 07:00 h. El control mensual de la producción de leche se realizó midiendo la producción con una báscula comercial marca Torrey® con capacidad de 10 kg±1 g. La base de datos inicial incluyó 3397 lactancias con 13899 registros de producción mensual provenientes de 1749 cabras locales de 1 a 4 (o más) partos. Se desearon registros individuales y/o lactancias con menos de 3 observaciones, correspondientes al 13 % del total de la base de datos inicial. La base de datos editada (final) incluyó 12097 observaciones pertenecientes a 2229 lactancias de 1125 cabras.

Análisis estadístico

Con el objeto de hacer un diagnóstico, inicialmente los datos se analizaron utilizando un modelo de efectos fijos con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS v 9.0 (SAS, 2002). En este modelo se incluyeron todos los factores considerados. Una vez que se observó el comportamiento de los datos, se incluyó posteriormente en el modelo el efecto aleatorio del animal, con la finalidad de obtener mejores soluciones para los efectos fijos, debido a que la base de datos estaba desbalanceada. El análisis estadístico final se efectuó bajo un modelo mixto con el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS v 9.0. Cuando procedía, las diferencias entre medias fueron calculadas con la prueba de TUKEY. La estructura general del modelo es:

$$Y_{ijklmnop} = \mu + ID_i + C_j + H_{k(j)} + A_l + NP_m + E_n + \beta(X_{ijklmnop} - \square \dots \dots) + E_{ijklmnop}$$

Dónde: $Y_{ijklmnop}$: producción promedio de leche/cabra/día/lactancia, μ : constante que caracteriza a la población, ID_i : efecto aleatorio del i-ésimo animal ($i=1, 2, 3, \dots, 1125$), C_j : efecto fijo de la j-ésima comunidad ($j=1, 2, 3, 4, 5$), $H_{k(j)}$: efecto fijo del k-ésimo rebaño (productor) anidado en la j-ésima comunidad ($k=1, 2, 3, \dots, 14$), A_l : efecto fijo del l-ésimo año de producción ($l=1, 2, 3, 4$), NP_m : efecto fijo del m-ésimo número de parto ($n=1, 2, 3, 4+$), E_n : efecto fijo de la n-ésima estación de parto ($m=1, 2$), X : efecto de la covariable) número de mediciones (pesajes) de la leche durante la lactancia, β : coeficiente de regresión asociado a la covariable, $E_{ijklmnop}$: error aleatorio. Todos los componentes aleatorios se supusieron normalmente distribuidos con media cero y varianza común.

RESULTADOS

Efectos fijos

Excepto estación de parto, los demás factores incluidos en el modelo estadístico tuvieron efectos significativos ($P \leq 0.0001$) en la producción de leche. La media general de producción de leche fue de 938.1 ± 6.2 g cabra⁻¹ d⁻¹.

En el cuadro 3 se muestran las medias de cuadrados mínimos para producción de leche por comunidad y rebaño dentro de comunidad. Como se puede observar, las diferencias más marcadas son aquellas a nivel de rebaño dentro de comunidad.

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos de producción de leche (g d⁻¹) por comunidad y rebaño dentro de comunidad, en cabras locales de la Comarca Lagunera, México.

Comunidad	Media \pm e.e.
Irlanda	1171.6 \pm 27.3 ^a
Gilita	1042.3 \pm 33.7 ^b
Gabino Vázquez	949.7 \pm 14.9 ^c
Nuevo Reynosa	897.7 \pm 16.1 ^c
Zaragoza	828.6 \pm 14.5 ^d
Rebaño (Productor)	
R1	1171.5 \pm 27.3 ^a
R2	1042.8 \pm 34.0 ^b
R3	1040.9 \pm 18.1 ^b
R4	961.6 \pm 19.4 ^{bc}
R5	947.1 \pm 32.8 ^{cd}
R6	935.3 \pm 29.4 ^{cd}
R7	934.3 \pm 24.9 ^{cd}
R8	916.7 \pm 30.6 ^{cd}
R9	884.6 \pm 27.7 ^{de}
R10	872.9 \pm 18.7 ^{ef}
R11	833.7 \pm 27.0 ^{ef}
R12	797.4 \pm 28.6 ^{ef}
R13	784.9 \pm 27.8 ^f
R14	673.2 \pm 29.5 ^g

a-g: medias con letras diferentes indican diferencia estadística ($P < 0.05$). e.e.: error estándar.

Las cabras con 4 (o más) partos produjeron la mayor cantidad de leche/día. Las menores producciones de leche fueron para las cabras con 1 y 2 partos, respectivamente (Cuadro 4). No se encontraron diferencias ($P \geq 0.05$) en la producción de leche entre las cabras de 1 y 2 partos.

Cuadro 4. Medias de mínimos cuadrados de producción de leche (g d^{-1}) según el número de parto, en cabras locales de la Comarca Lagunera, México.

Número de parto	Media \pm e.e
1	942.1 \pm 17.2 ^c
2	960.2 \pm 14.4 ^c
3	993.7 \pm 14.6 ^b
4+	1016.3 \pm 17.2 ^a

a,b,c: medias con letras diferentes indican diferencia estadística ($P < 0.05$). e.e.: error estándar.

En el cuadro 5 se muestran las medias de cuadrados mínimos y errores estándar para producción de leche por año y estación de parto. La menor producción de leche se obtuvo en 2012, mientras que la mayor se presentó en el periodo 2013-2015. No se encontraron diferencias ($P \geq 0.08$) entre los años del periodo 2013-2015.

Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados de producción de leche (g d^{-1}) por año de producción y estación de parto en cabras locales de la Comarca Lagunera, México.

Año	Media \pm e.e.
2015	1139.8 \pm 27.1 ^a
2014	1000.4 \pm 12.3 ^a
2013	997.6 \pm 11.8 ^a
2012	794.3 \pm 29.2 ^b
Estación de parto	
1	989.5 \pm 15.4 ^a
2	966.6 \pm 13.0 ^a

a,b: medias con letras diferentes indican diferencia estadística ($P < 0.05$)

Efecto de la covariable

Se encontró un efecto significativo ($P \leq 0.0001$) de la covariable número de mediciones (pesajes) de la leche durante la lactancia, observando que por cada medición extra de leche la producción aumentó 27.0 ± 2.9 g.

DISCUSIÓN

Mellado (1997) mencionó que en zonas desérticas, con precipitaciones anuales entre 200 y 400 mm, la producción de leche de cabras criollas en lactancias de 6-7 meses en el periodo de lluvias es de 100 a 140 kg ($470-550$, $660-770$ ml día⁻¹, para 6 y 7 meses, respectivamente), pero en lactancias durante el invierno y primavera (época de sequía) la producción de leche es de solamente 141 a 386 ml día⁻¹). Salinas *et al.* (1990) reportaron una producción de leche en cabras de la Comarca Lagunera de 554 g d⁻¹, valor prácticamente igual al que obtuvieron Vélez, Rosales, Flores, Chávez & Salinas (2015), que fue de 550 g d⁻¹ en cabras criollas con manejo extensivo, en una comunidad también de la Comarca Lagunera. Un promedio mayor (770 g d⁻¹) encontraron Mellado, Foote & Borrego (1991) en el norte de México, pero con cabras nativas cruzadas con otras de razas mejoradas. En el Estado de Guerrero, Sánchez de la Rosa *et al.* (2006) obtuvieron en cabras criollas un promedio de producción de leche de 856.1 g d⁻¹. La mayor producción de leche estimada en el presente trabajo se puede atribuir principalmente a lluvias extraordinarias durante los años del estudio, como se verá más adelante cuando se discuta el efecto de año. Sin embargo, otros factores que podrían influir en estas diferencias son: genotipo de la cabra (ya que son cabras cruzadas de varias razas, pero sin conocerse su proporción exacta), alimentación, y manejo, entre otros. Con diferentes tipos locales de cabras se han

reportado promedios de producción de leche por día que han resultado tanto menores (Makun, Ajanusi, Ehoche, Lakpini & Otaru, 2008; Martínez-Rojero, Torres-Hernández & Martínez-Hernández, 2013) como mayores (Bughio *et al.*, 2001; Pattnayak, 2013) al promedio obtenido en el presente estudio. Estas diferencias se pueden atribuir a factores como genotipo de la cabra, nivel de alimentación, sistema de producción, efecto de selección, entre otros.

Salinas *et al.* (2011) habían mencionado que el manejo que tienen los productores con sus cabras en esta región es similar. Sin embargo, en este estudio, visitas y observaciones frecuentes en el campo permitieron detectar que entre los productores realmente si existen diferencias debidas principalmente a factores como: la hora de sacar las cabras al pastoreo, la duración del mismo pastoreo, algunas características de las áreas que pastorean las cabras (ejemplo: llanos vs cerros), la duración de la ordeña, diferencias individuales entre ordeñadores, etc. Otros estudios (Goetsch, Zeng & Gipson, 2011) mencionan que la magnitud del efecto de la frecuencia de ordeño es menor en cabras con bajo vs alto potencial de producción. En general, se debe considerar que el comportamiento productivo de las cabras, especialmente en la producción de leche, está condicionado al efecto de factores múltiples, donde algunos son de naturaleza genética y otros de carácter ambiental (Paz, Togo & López, 2007). Por otra parte, aunque algunos autores (Mellado, Estrada, Olivares, Pastor & Mellado, 2006) señalan que la producción de leche a través de la lactancia no está asociada a ningún tipo de forraje en particular, se sabe que éste incide directamente en la cantidad y calidad de la leche (Stan, Iancu, Enache, Lazar & Padurariu, 2011), debido a la cantidad de forraje que consumen y a la selectividad de los animales sobre el

alimento (Tarazona, Ceballos, Naranjo & Cuartas, 2012). Otros autores (Mburu, Mugendi, Makhoka & Muhoho, 2014), han indicado que prácticas alimenticias pobres afectan la producción lechera de las cabras, y la producción de leche es una de las variables que inicialmente se ve afectada ante cualquier cambio nutricional o ambiental (NRC, Council, 1981).

El efecto del número de parto sobre la producción de leche ha sido ampliamente estudiado; Peña-Blanco *et al.* (1999) y Selvaggi & Dario (2015), encontraron que cabras Florida y Jonica de primer parto produjeron alrededor de 20% menos cantidad de leche que cabras multíparas. De igual manera, Carnicella, Dario, Caribe-Ayres, Laudadio & Dario (2008) mencionaron que en su estudio la menor cantidad de leche se obtuvo en cabras de primer parto y posteriormente se incrementó gradualmente hasta el 4to parto en cabras Alpinas en Croacia y Eslovenia y Maltese en Italia, respectivamente. Este efecto se explica porque a medida que aumenta el número de parto la cabra va madurando fisiológicamente y, por consiguiente, su glándula mamaria va aumentando de tamaño, por lo que son capaces de almacenar más leche en su cisterna, lo que se traduce finalmente en una mayor producción de leche (Salama *et al.*, 2004; Assan, 2015).

El año es una variable errática y de baja predicción (Salvador & Martínez, 2007), por lo que, debido a sus altas variaciones, tiene una gran influencia en la cantidad y calidad de la leche. En el presente estudio, los años 2013, 2014 y 2015 tuvieron precipitaciones de 254.6, 469.0, y 304.6 mm, respectivamente (Comisión Nacional del Agua [Conagua], 2015), que, como ya se indicó, fueron valores superiores al promedio histórico de la región, que es de 224.6 mm (Secretaría de Medio Ambiente y

Recursos Naturales [Semarnat], 2015), y además superiores al promedio del año 2012, que fue de 107.9 mm (Comisión Nacional del Agua [Conagua], 2015). Esto sugiere que la mayor disponibilidad de agua durante esos 3 años tuvo una influencia directa en una mayor disponibilidad de forraje en el agostadero. El trabajo de Lauenroth & Sala (1992) refuerza esta hipótesis, ya que estos autores indicaron que la producción de forraje está significativamente relacionada con la precipitación pluvial tanto anual como estacional, y Bai *et al.* (2008) observaron que un incremento en la precipitación media anual incrementa tanto la producción como la abundancia de especies forrajeras, y en la región del presente estudio el 94% del ganado caprino basa su alimentación únicamente en el recurso pastizal (Maldonado-Jáquez *et al.*, 2014).

No se encontraron diferencias significativas en producción de leche entre las estaciones de parto 1 y 2, a pesar de que en este estudio se observó que la distribución de partos en la estación de parto 2 (noviembre a febrero) fue de 70%, mientras que en la 1 (junio y julio) fue de 30%, resultado que coincide con lo que obtuvieron Salinas y Martínez (1988). La distribución irregular entre ambas estaciones de partos del presente estudio es evidenciada por el mayor error estándar (mayor variabilidad) en la media de la producción de leche en la estación de parto 1 (cuadro 5). Esta irregularidad en la distribución de partos se debe a que las cabras en la Comarca Lagunera entran en reposo sexual de marzo a agosto (Delgadillo *et al.*, 2003), debido a un efecto de fotoperiodo (Delgadillo *et al.*, 2015). Por otra parte, la estación de partos 2 coincide con la temporada en la que el forraje se encuentra en estado de senescencia (Delgadillo *et al.*, 2015), además de que éste tiene una calidad

deficiente, razón por la que proporciona a los animales una pobre nutrición (Escareño *et al.*, 2012). De esta manera, al inicio del año existe un retraso en la producción de leche debido a una cantidad de alimento insuficiente en el agostadero (Salinas y Martínez, 1988).

No se encontraron estudios en cabras en cuanto al efecto que tiene el número de mediciones en la producción de leche, analizada como covariable. En búfalas de Colombia y Cuba, Hurtado-Lugo, Cerón Muñoz, Tonhati, Gutiérrez-Valencia & Henao (2005) y Mitat, Menéndez-Buxadera, González-Peña & Ramos (2008), respectivamente, encontraron que el número de mediciones de la leche influyó ($P < 0.01$) en la estimación de la producción de leche por día de control. Esto indica que los productores deberán estar conscientes de la importancia que representa este factor en la evaluación de la producción de leche, lo que significa un criterio muy importante para estimar la calidad genética de sus cabras.

CONCLUSIONES

Existen grandes diferencias ($P \leq 0.0001$) en producción de leche entre comunidades y, específicamente, entre rebaños dentro de comunidad. Se sugiere que en el futuro las investigaciones estén dirigidas a seguir identificando las diferencias en manejo entre comunidades y rebaños dentro de comunidad, y si es posible cuantificarlas, con el propósito de estandarizar las prácticas de manejo que conlleven a minimizar las diferencias en producción de leche. El año de producción y el número de parto también tuvieron efectos significativos ($P \leq 0.0001$) en la producción de leche. En general, los resultados encontrados en este trabajo enfatizan la importancia de continuar investigando sobre los factores que influyen en diversos índices productivos del sistema de producción extensivo de las cabras locales, ya que este grupo genético es el que por muchos años se ha adaptado a las difíciles condiciones desérticas de la Comarca Lagunera y que, a pesar de ello, mantiene a esta región posicionada como la principal productora de leche caprina en México.

IV. INFLUENCIA DEL NÚMERO DE MEDICIONES DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE LA CURVA DE LACTANCIA EN CABRAS LOCALES DE LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO.

RESUMEN

Se evaluó el efecto del número de medidas de la producción de leche (PL) en la estimación de parámetros de la curva de lactancia de cabras locales. El estudio se realizó con 14 productores de cinco comunidades de la Comarca Lagunera de Coahuila, México. La PL se registró mensualmente mediante ordeña manual durante 4 años. Los datos analizados incluyeron 12097 observaciones pertenecientes a 2229 lactancias de 1125 cabras de uno a cuatro y más partos. Para caracterizar la curva de lactancia y sus parámetros (“a”, “b”, y “c”) se utilizó el modelo de Wood. Se formaron dos grupos, G1 (lactancias con 3-7 medidas) y G2 (lactancias con 8-11 medidas). El criterio para determinar el número adecuado de medidas de PL durante la lactancia fue el error estándar del estimador. El mejor ajuste en la estimación de los parámetros de la curva se obtuvo en G2. También se evaluaron factores que afectan los parámetros de la curva utilizando el procedimiento MIXED del SAS. Comunidad, año y número de parto influenciaron ($p < 0.001$) todos los parámetros en ambos grupos. Rebaño dentro de comunidad afectó “b” y “c” ($p < 0.02$) en G1. Estación de parto afectó “c” ($p < 0.02$) en G2.

Palabras clave: modelo de Wood, estimadores, precisión, zonas áridas.

ABSTRACT

The effect of number of measures of milk production (MP) on the estimation of lactation curve parameters of local goats was evaluated. This study was conducted with 14 producers located in five communities of Comarca Lagunera, State of Coahuila, México. MP was measured by means of monthly hand-milkings during four years. Data analyzed included 12097 observations belonging to 2229 lactations from 1125 local goats from one to four (or more) parities. The Wood model was utilized to characterize the lactation curve and its parameters (“a”, “b”, and “c”). Two groups were formed, G1 (lactations with 3-7 milk measures), and G2 (lactations with 8-11 milk measures). The criterion utilized to determine the adequate number of milk production measures during lactation was the standard error of the estimate. The best fit in the estimation of the curve parameters was obtained in G2. Factors that affect the curve parameters were also evaluated utilizing the MIXED procedure of SAS. Community, year, and parity number influenced ($p < 0.001$) all of the parameters in both groups. Flock within community influenced “b” and “c” ($p < 0.02$) in G1. Season of parity influenced “c” ($p < 0.02$) in G2.

Key words: Wood model, estimates, precision, arid zones.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de los recursos genéticos caprinos a nivel mundial es producto, entre otras causas, de su adaptación a diferentes ambientes y sistemas de producción, aspectos que incluyen tolerancia a enfermedades, fluctuaciones en la disponibilidad y calidad de nutrientes, y condiciones climáticas extremas, además de su habilidad para sobrevivir y reproducirse por largos periodos de tiempo (Soma *et al.*, 2012). Existen más de 880 millones de cabras en el mundo (FAOSTAT, 2014), la mayoría de las cuales se encuentra en países en desarrollo (Montaldo y Manfredi, 2002), en áreas con condiciones ambientales adversas y tecnología pastoril tradicional (Peacock y Sherman, 2010). La leche de cabra se produce principalmente en India, Bangladesh, Pakistán, Mali, Francia y España (FAOSTAT, 2012). México es el segundo productor de cabras en el continente americano (Arbiza y de Lucas, 2001) y decimoctavo en producción de leche mundial (FAOSTAT, 2013). En el norte de México predominan los caprinos que los productores denominan “criollos” (Merlos-Brito, 2008), actualmente conocidos genéricamente como "locales" (Montaldo *et al.*, 2010).

La lactancia es un proceso biológico que puede ser descrito por medio de una función matemática (Quintero *et al.*, 2007), y puede representar en forma gráfica el perfil de producción de leche de un mamífero hembra desde el parto hasta el secado o fin de la producción de leche (Marete *et al.*, 2014). El conocimiento de las curvas de lactancia en ganado lechero es una herramienta útil en programas de mejora genética, ya que permite, entre otros usos, una mejor selección de hembras productoras de leche (Ángel-Marín *et al.*, 2009). Los modelos matemáticos apropiados para describir las curvas de lactancia proporcionan información útil para

mejorar diversas prácticas de manejo, especialmente para dar seguimiento al estado nutricional y salud de los animales (Dag *et al.*, 2005), así como obtener criterios de selección para mejorar la población. Para que el seguimiento de una curva de lactancia sea adecuado, es necesario que se recolecten los registros de producción de leche a través de toda la lactancia (Chang *et al.*, 2001). Sin embargo, bajo condiciones de producción de cabras en sistemas extensivos, como en la Comarca Lagunera, los productores desconocen criterios que les indiquen cuándo empezar a medir la producción de leche, cuánto tiempo deberán medirla y el mejor intervalo entre pesajes, para poder determinar la curva de producción de leche necesaria para tomar decisiones y estimar la calidad genética de sus cabras. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto que tiene el número de medidas de la producción de leche en la estimación de los parámetros que caracterizan la curva de lactancia de cabras locales de la Comarca Lagunera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y descripción del lugar del estudio

El estudio se realizó con 14 productores de cabras, con 5 unidades de producción de las cuales cuatro se ubican en el Municipio de Viesca y una en el Municipio de Matamoros, ambos dentro del Estado de Coahuila, de la Comarca Lagunera. Esta región se ubica entre las coordenadas 102° 22' y 104°47' longitud Oeste y 24°22"y 26°23"Latitud Norte (Lozano, 2012) y a 1100 msnm; el clima según la clasificación de Köpen modificada por Enriqueta García, corresponde a BWhw que se caracteriza por ser muy seco o desértico, semicálido con invierno fresco (Lozano, 2012). Con una

precipitación media anual de 240 mm y una temperatura media anual a la sombra de 25 °C, con rangos de -1 °C en invierno a 44 °C en verano (García, 1988).

Base de datos utilizada y manejo de los animales

La base de datos inicial incluyó 3397 lactancias con 13899 registros mensuales de producción de leche (PL), provenientes de 1749 cabras locales de primer a cuarto o más partos. Se desecharon registros individuales y/o lactancias con menos de 3 medidas, correspondientes al 13% del total de la base de datos inicial. Al final, la base de datos editada incluyó 2229 lactancias con 12097 observaciones de 1125 cabras. El manejo de los rebaños es el típico para el sistema extensivo, con pastoreo diurno, encierro nocturno sin suplementación alimenticia. La alimentación de las cabras fue con especies vegetales nativas de la región, con pastos (*Sporobolus spp.* y *Muhlenbergia spp.*), arbustivas como huizache (*Acacia spp.*) y mezquite (*Prosopis spp.*), ocasionalmente el ganado tuvo acceso a esquilmos agrícolas de cultivos de melón (*Cucumis melo*), sandía (*Citrillus lanatus*), avena forrajera (*Avena sativa*) y sorgo (*Sorghum halepense*).

Análisis estadístico de los datos

Para caracterizar la curva de lactancia se utilizó la función gamma incompleta (Wood, 1967), modelo que se ha utilizado para ajustar la curva de lactancia de cabras locales (Gaddour *et al.*, 2009), y que por otra parte se ha encontrado que estima la producción de leche con un buen nivel de aproximación (Portolano *et al.*, 1996). El modelo es: $y_n = a n^b e^{-cn}$, donde Y_n = producción de leche en el n-ésimo día de la lactancia, e = base del logaritmo natural, “a”, “b” y “c”= constantes, donde “a” representa un factor de escala, o producción de leche al inicio de la lactancia,

mientras que “b” y “c” constituyen la declinación límite de la curva antes y después del pico de lactancia. Por transformación logarítmica la ecuación de Wood se linearizó a la forma: $l y_n = l a + b \ln -cn$, y después de esta transformación, los parámetros “a”, “b”, y “c” se estimaron a través de regresión múltiple. Para la estimación de los parámetros de la curva se formaron dos grupos, el grupo 1 (G1) incluyó lactancias con 3 a 7 medidas (1888 lactancias), mientras que el grupo 2 (G2) incluyó lactancias de 8 a 11 medidas (339 lactancias). El criterio utilizado para determinar el número adecuado de medidas de PL durante la lactancia fue la magnitud del error estándar del estimador, jerarquizando las ecuaciones por frecuencia de medición (Ramírez-Valverde *et al.*, 2004). La práctica de permitir en cabras lecheras lactancias extendidas (LE: que van más allá de los periodos normales) se ha hecho popular en los últimos años y se han analizado sus implicaciones a nivel de rebaño (Rotz *et al.*, 2005; Butler *et al.*, 2010). En cabras se ha reportado que una LE se traduce en un incremento en PL (Salama *et al.*, 2005; Douhard *et al.*, 2013). De esta manera, la posibilidad de modificar la curva de lactancia significa la posibilidad de prolongar la lactancia y, por consecuencia, incrementar la persistencia de la lactancia, definida como la pendiente de la disminución en PL a partir del pico de lactancia (Sorensen *et al.*, 2008). En vacas lecheras, los beneficios esperados de contar con LE, definida como la ocurrencia de partos cada 18 meses o más, incluyen una reducción en el número de progenie en exceso, en los costos de inseminación artificial, y en el número de días secos en la vida productiva de la vaca (Grossman y Koops, 2003).

Finalmente, se analizaron los factores que afectan los parámetros de la curva en G1 y G2, utilizando el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS v 9.0. (SAS, 2002) bajo el siguiente modelo, además de que se estimaron las curvas de lactancia de ambos grupos:

$$Y_{ijklmno} = \mu + ID_i + C_j + H_{k(j)} + A_l + BS_m + NP_n + E_{ijklmno}$$

Donde: $Y_{ijklmno}$: parámetro de la curva (a, b, c), μ : constante que caracteriza a la población, ID_i : efecto aleatorio del i-ésimo animal ($i=1, 2, 3, \dots, 1125$), C_j : efecto fijo de la j-ésima comunidad ($j=1, 2, 3, 4, 5$), $H_{k(j)}$: efecto fijo del k-ésimo rebaño anidado en la j-ésima comunidad ($k=1, 2, 3, \dots, 14$), A_l : efecto fijo del l-ésimo año de producción ($l=1, 2, 3, 4$), BS_m : efecto fijo de la m-ésima estación de parto ($m=1, 2$), NP_n : efecto fijo del n-ésimo número de parto ($n=1, 2, 3, 4+$), $E_{ijklmno}$: error aleatorio. Todos los componentes aleatorios se supusieron normalmente distribuidos con media cero y varianza común.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estimación de parámetros de la curva de lactancia

El mejor ajuste en la estimación de los parámetros de la curva de lactancia se obtuvo al incrementar el número de medidas de la PL (Cuadro 1). Inclusive, se observa que en G1 el error estándar es mayor al valor del parámetro “b”. En G2, por otra parte, al incrementar el número de medidas de la PL el valor del estimador aumenta, mientras que el valor del error estándar disminuye. Silvestre *et al.* (2006) encontraron que las diferencias entre modelos para estimar curvas de lactancia en vacas lecheras son más grandes cuando la cantidad de medidas disminuye. Gálmez *et al.* (1987)

indicaron que la PL es una característica altamente variable, lo que justifica el empleo de un mayor número de medidas. Sin embargo, en un estudio (Yépez *et al.*, 2010) se evaluó el efecto de las medidas mensual y quincenal sobre la PL y estimación de la curva de lactancia y no se encontraron diferencias significativas entre los métodos de recolección de datos, por lo que los autores concluyeron que la medida mensual puede sustituir la quincenal. En términos prácticos, esta recomendación significa disminuir el número de medidas, lo que se traduce en un considerable ahorro de la mano de obra y estrés en los animales.

Cuadro 6. Estimadores y errores estándar de los parámetros de la curva de lactancia de acuerdo al número de mediciones de la producción de leche, en cabras locales de la Comarca Lagunera.

Grupo	Parámetro	Estimador	Error Estándar
G1	a	6.8005	0.0118
	b	0.0293	0.0314
	c	-0.0426	0.0115
G2	a	7.0597	0.0193
	b	0.1567	0.0402
	c	-0.0828	0.0105

Factores que influyen en los parámetros de la curva de lactancia

En el Cuadro 2 se muestran los factores que influyeron en los parámetros de la curva de lactancia. Comunidad fue significativa en ambos grupos ($p < 0.0001$). Rebaño dentro de comunidad no fue significativo en G1 ($p > 0.05$) para el parámetro “a”, pero si fue significativo ($p < 0.0001$) en G2. Otros estudios (Ribeiro y Pimenta-Filho, 1999; Macciota *et al.*, 2005) señalaron que en cabras los factores ambientales afectan todos los parámetros de la curva. Ruiz *et al.* (2000) y Waheed y Sajjan-Khan (2013)

mencionaron que el rebaño tiene un efecto significativo sobre todos los parámetros de la curva y la producción total de leche en ovejas Latxa y en cabras Beetal. Akpa *et al.* (2001) indicaron que el efecto del rebaño en los estimadores de la curva de lactancia de cabras Red Sokoto puede tener implicaciones prácticas para tratar de encontrar el manejo óptimo de la alimentación con el propósito de maximizar el nivel de producción de leche. En cabras lecheras de Brasil (McManus *et al.*, 2003) el efecto de rebaño no tuvo influencia en ninguno de los parámetros de la curva de lactancia.

El año fue significativo ($p < 0.0001$) en ambos grupos en todos los parámetros de la curva de lactancia. Esto coincide con los resultados de Shaat (2014) en cabras Zaraibi en cuanto el parámetro “a”. La estación de parto tuvo efectos significativos en los parámetros “b” ($p < 0.0466$) y “c” ($p < 0.0275$) del grupo G2. Akpa *et al.* (2001) señalaron que la estación de parto afecta a todos parámetros de la curva de lactancia, mientras que Ruvuna *et al.* (1995) en cruza de cabras Galla y Enanas Africanas con Toggenburg y Anglo Nubia encontraron que la estación de parto tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) en todos los parámetros de la curva, excepto para el parámetro “a”. Asimismo, Sánchez de la Rosa *et al.* (2006) mencionaron que la estación de parto afecta principalmente la forma de la curva de lactancia de cabras locales.

El número de parto tuvo influencia en todos los parámetros de la curva. Ruiz *et al.* (2000) indicaron que los parámetros a, b y c fueron influidos significativamente por la mayoría de los factores considerados, incluido el número de parto. Akpa *et al.* (2001) señalaron que el número de parto sólo afectó el parámetro “a” en cabras Red Sokoto de Nigeria, y Marete *et al.* (2014) encontraron que el número de parto tuvo un efecto significativo ($p < 0.01$) en los parámetros “a” y “b”, pero no en el parámetro “c” en

cabras Alpinas lecheras en Kenya. Otros trabajos (Waheed y Sajjan-Khan, 2013) con cabras Beetal en Pakistán señalaron que el número de parto no afectó ninguno de los parámetros de la curva.

De la comparación de los resultados del presente estudio con los diferentes trabajos citados de la literatura, se puede observar una gran variabilidad en cuanto al efecto de los diversos factores de origen ambiental (no genéticos) sobre los parámetros de la curva de lactancia.

Cuadro 7. Significancia estadística de los factores que influyen en los parámetros de la curva de acuerdo al número de mediciones de la leche en cabras locales de la Comarca Lagunera.

Grupo	Fuente de variación	Valor de p Parámetro		
		A	b	c
G1	Comunidad	0.0019	0.0018	0.0019
	Rebaño(Comunidad)	0.0887	0.0254	0.0269
	Año	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Estación de parto	0.1307	0.2311	0.3694
	Número de parto	<0.0001	<0.0001	<0.0001
G2	Comunidad	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Rebaño(Comunidad)	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Año	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Estación de parto	0.1089	0.0466	0.0275
	Número de parto	<0.0001	<0.0001	<0.0001

El efecto de los factores ambientales varía según la raza o genotipo de la cabra, sistema de producción, manejo del rebaño, y condiciones ambientales, entre otros. Sin embargo, el tamaño del error estándar en G1 limitó la detección de efectos propuestos en el modelo, los cuales si fueron detectados en G2.

Estimación de la curva de lactancia

Las curvas de lactancia de los grupos G1 y G2 (Figuras 1 y 2, respectivamente) se estimaron con base en los parámetros que aparecen en el Cuadro 1.

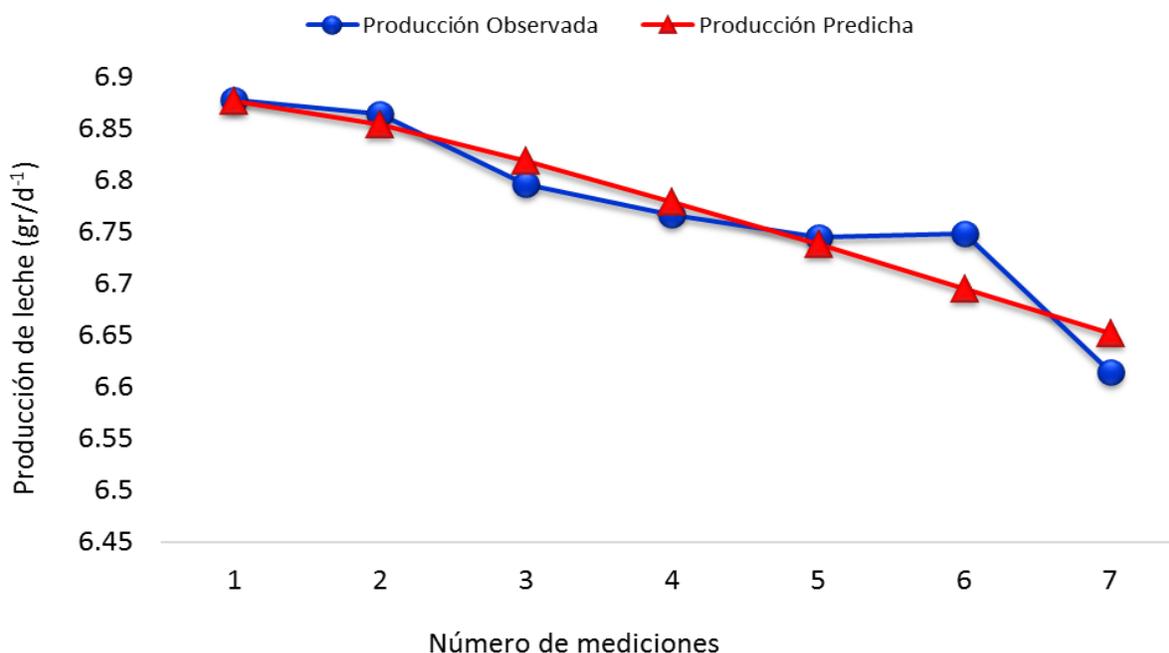


Figura 2. Curva de lactancia para G1 (3-7 observaciones) de cabras locales de la Comarca Lagunera. La información de producción de leche se colectó en gramos/día, los valores de producción de leche se presentan como el valor de logaritmo de y.

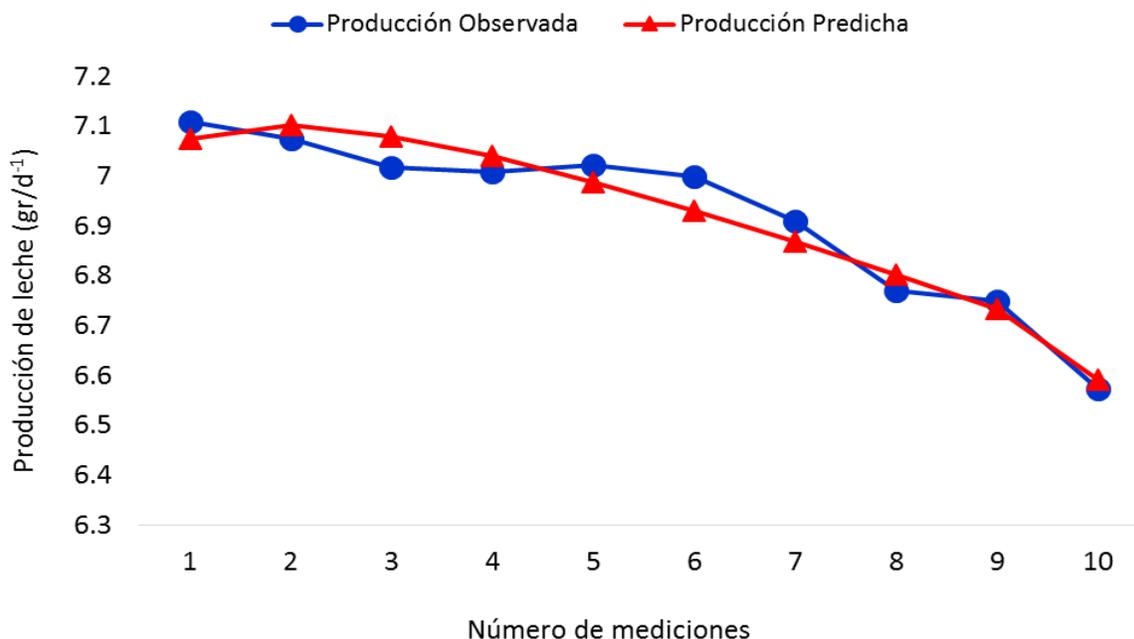


Figura 3. Curva de lactancia para G2 (8-11 observaciones) de cabras locales de la Comarca Lagunera. La información de producción de leche se colectó en gramos/día, los valores de producción de leche se presentan como el valor de logaritmo de y.

Las curvas observadas en los dos grupos siguen el mismo patrón, en donde el pico de producción se presenta al inicio de la lactancia y decrece de manera gradual. Debido a que en G2 el valor de los errores estándar es menor que en G1, la curva de lactancia estimada (G2) muestra la tendencia a ser la curva de lactancia típica de cabras lecheras (Rojo-Rubio *et al.*, 2015); es decir, inicia con un incremento ligero y gradual hasta llegar a un máximo, y posteriormente disminuye gradualmente hasta llegar al secado completo. Un patrón similar en cuanto a la forma de las curvas de lactancia encontraron León *et al.* (2012) en cabras Murciano-Granadina de España, Marete *et al.* (2014) en cabras locales de Kenya, y Takma *et al.* (2009) en cabras Bornova de Turquía.

El estudio de la curva de lactancia es muy importante ya que permite identificar posibles errores en el manejo del rebaño, alimentación deficiente y conocer la evolución de la producción lechera así como sus variaciones a lo largo de una lactación (León *et al.* 2007). Por otra parte, la información productiva en las cabras lecheras del norte de México es limitada, por ello, aspectos como la curva de lactancia no han sido ampliamente estudiados, de hecho la mayoría de los estudios actuales están enfocados a aspectos reproductivos (Escareño *et al.*, 2012), de ahí, la importancia de generar esta información para este grupo genético ya que la gran mayoría de los productores desconoce esta información y en consecuencia, las decisiones que se toman a nivel de rebaño se realizan de forma empírica, sin conocer certeramente el rumbo que tomara la producción del rebaño.

CONCLUSIONES

El número de mediciones de la producción de leche durante la lactancia se relaciona con la estimación y el valor del error estándar de la estimación de los parámetros de la curva de lactancia, estimada por medio de la función gamma incompleta de Wood. La curva de lactancia estimada se asemeja más a la curva de lactancia típica de cabras lecheras. Comunidad, año, y número de parto influyeron ($p < 0.001$) todos los parámetros estimados del modelo de Wood, tanto en G1 como en G2.

RECOMENDACIONES E IMPLICACIONES

Los anteriores resultados permiten sugerir la utilización de un mayor número de medidas de la producción de leche, con el propósito de lograr una estimación eficiente de la curva de lactancia, y contar con un criterio importante de selección genética.

Es indispensable la toma de registros como inicio de la fecha de parto, fecha del secado, tamaño y peso de la camada, sexo de las crías, y peso de la cabra al parto, con el fin de poder identificar y evaluar con mayor precisión qué factores influyen tanto en la producción de leche, como en los estimadores de los parámetros de la curva de lactancia.

Este conocimiento es de gran importancia para que se pueda contar con los elementos necesarios y efectuar una selección exitosa de sus cabras durante la vida productiva y con ello contribuir a que la Comarca Lagunera continúe a la vanguardia en cuanto a producción de leche de cabras en México.

V. CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

Los resultados anteriores enfatizan la importancia de continuar investigando sobre los factores que influyen en el sistema de producción extensivo con cabras locales, ya que este grupo genético es el que se ha adaptado a las duras condiciones desérticas de la Comarca Lagunera y mantiene a esta región posicionada como la principal productora de leche caprina en México.

Un resultado relevante en este estudio es el nivel productivo promedio que presentaron las cabras a lo largo de la lactancia, ya que en comparación con los

últimos estudios que existen de este mismo grupo genético, la producción de leche se incrementó casi 50% en los últimos 30 años; sin embargo atribuirlo directamente a los animales es arriesgado, ya que no se tiene la información suficiente para asegurar que este incremento se debe al encaste generado a través del tiempo.

Por otra parte los resultados permiten concluir sobre varios aspectos relevantes, en primer lugar, los factores que influyen en la producción de leche de las cabras dentro de los sistemas de producción extensivos en el norte del país son muy variados, por esta misma razón caracterizar cada uno de estos es sumamente complicado, ya que las condiciones bajo las que se realiza la producción carecen de control experimental. Sin embargo, obtener información directamente del sistema productivo es sumamente valioso, ya que los animales muestran su nivel productivo en las condiciones que normalmente se desempeñan sin cambios y/o alteraciones en su entorno y esto permite realizar inferencias más precisas sobre el comportamiento productivo de los animales.

Asimismo, existen factores sumamente cambiantes a lo largo del año y que influyen directamente en el nivel de producción y controlarlo es muy difícil o prácticamente imposible, dentro de estos se encuentran la disponibilidad de forrajes en el agostadero, la calidad de estos a través del año y condiciones climáticas como la precipitación. Sin embargo conocerlos nos ayuda a planear y tomar decisiones sobre algunas estrategias para mejorar el desempeño productivo de los animales bajo condiciones extensivas que inclusive pudieran ser implementadas en explotaciones intensivas.

Por otra parte, es interesante saber que exista tan poca información disponible sobre los niveles productivos y la caracterización del sistema de producción en general, aun cuando la región lagunera es la principal productora de leche caprina en México. Por esta razón, la información que se genera es muy valiosa, ya que las estrategias de manejo derivadas de esta misma información, están dirigidas a mejorar las condiciones de producción propias de la región lagunera, a pesar de esto, la gran mayoría de los productores del sistema extensivo aún desconocen el tipo de información que deben recolectar para evaluar la productividad de sus rebaños. Es por ello que una de las actividades que se deberán realizar en el futuro es concientizar a los productores sobre los niveles productivos que tienen con el propósito de mejorarlos y dar a conocer a la población los beneficios de la leche de cabra con la finalidad de buscar nuevos mercados a través del consumo directo, o agregar valor a los productos caprinos y con esto incrementar los ingresos de los productores para que la dependencia del monopolio comercial que existe en la región sea menor.

Finalmente, un aspecto relevante y que requiere atención inmediata es la utilización de los recursos forrajeros por parte de la actividad caprina, ya que por sus características, la caprinocultura en la región lagunera es la única actividad que se puede realizar de manera extensiva y por ello es indispensable realizar actividades de conservación de agua y suelo, así como trabajos de investigación dirigidos a disminuir el impacto de la ganadería sobre este recurso, ya que como en cualquier sistema de producción extensivo, un punto crítico es el agostadero y este a su vez depende enormemente de la precipitación y la cobertura vegetal para que su producción no se

vea mermada, por otro lado, actualmente las condiciones climáticas se presentan más erráticas año con año, por lo que es necesario realizar actividades de conservación de agua y forraje que permitan en el futuro que la producción de cabras se siga realizando de manera extensiva.

VI. LITERATURA CITADA

- Ahamefule, F.O., Ibeawuchi, J.A., Nwachinere, G.C. (2007). Comparative of milk yield and compositions of West African Dwarf raised in the village and university environment. *Journal of Animal and veterinary Advances*. 6(6):802-806.
- Akpa. G.N., Asiribo, E.O., Oni, O.O., Alawa, J.P. (2001). The Influence of non-genetic factors on the shape of lactation curves in Red Sokoto goats. *Animal Science*. 72: 233-239.
- Allegretti, L., Sartor, C., Paez Lama, S., Egea, V., Fucili, M., Passera, C. (2012). Effect of the physiological state of Criollo goats on the botanical composition of their diet in NE Mendoza, Argentina. *Small Ruminant Research*. 103: 152-157.
- Ángel-Marín, P.A., Agudelo-Gómez, D.A., Restrepo, L.F., Cañas-Álvarez, J.J., Cerón-Muñoz, M.F. (2009). Curvas de lactancia de cabras mestizas utilizando modelos matemáticos no lineales. *Revista Lasallista de Investigación*. 6(1):43-49.
- Arbiza, A.S.I. y De Lucas, T.J. (2001). La leche caprina y su producción. Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán (UNAM). Editores Mexicanos Unidos. 211 Pp.
- Assan, N. (2015). Significance of parity, year-season and prolificacy in influencing goat milk production traits. *Agricultural Advances*, 4(1), 1-6.
- Bai, Y., Wu, J., Xing, Q., Pan, Q., Huang, J., Yang, D., & Han, X. (2008). Primary production and rain use efficiency across a precipitation gradient on the Mongolia plateau. *Ecology*, 89(8), 2140-2153.
- Baraza, E., Ángeles, S., García, A. y Valiente, B.A. (2008). Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el Valle de Tehuacán, México. *Interciencia*, 33(12):891-896
- Bedotti, D. (2008). El rol social del ganado caprino. Conferencia plenaria. 31º Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal, Potrero de Los Funes, San Luis, Argentina. 15-17 Octubre 2008. Recuperado el 8 de febrero de 2016 de:
- Bet R.C., Kosgey, I.S., Kahi, A.K., Peters, K.J. (2009). Analysis of production objectives and breeding practices of dairy goats in Kenia. *Tropical Animal Health Production*. 41:307-320.
- Bonano, A., Di Grigoli A., Stringi, L., Di Miceli, G., Giambalvo, D., Tornambe, G., Vargetto, D., Alicata, M.L. (2007). Intake and milk production of goats grazing Sulla forage under different stocking rates. *Italian Journal of Animal Science*. 6(1):605-605.
- Browning, R. Leite-Browning, M.L., Sahlu, T. (1995). Factors affecting standardized milk and fat yields in Alpine goats. *Small Ruminant Research*. 18:173-178.
- Bughio, S., Baloch, M.H., Oad, F.C., Moryani, A.A., Mirani, A.H., & Brohi, M.A. (2001). Productive performance of Kamori Goat flocks under semi-intensive management. *Journal of Applied Sciences*, 1(3), 347-348.
- Butler, S.T., Shalloo, L., Murphy, J.J. (2010). Extended lactations in a seasonal-calving pastoral system of production to modulate the effects of reproductive failure. *J. Dairy Sci*. 93:1283-1295.

- Cantú, B.J.E. (2008). *Zootecnia de Ganado Caprino*. México: Editorial Trillas, S.A. de C.V.
- 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 Ruminant Research* 18:75-79.
- Carnicella, D., Dario, M., Caribe-Ayres, M.C., Laudadio, V., & Dario, C. (2008). The effect of diet, parity, year, and number of kids on milk yield and milk composition in Maltese goat. *Small Ruminant Research*, 77, 71-74.
- Castañeda, B.V.J. (2008). Curvas de producción y composición láctea de cabras del altiplano potosino. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Chang, Y.M. Rekaya, R., Gianola, D., Thomas, D.L. (2001). Genetic variation of lactation curves in dairy sheep: A Bayesian analysis of Wood's function. *Livestock Production Science*. 71:241-251.
- Ciappesoni, G., Pribiyl, J., Milerski, M., Mares, V. (2004). Factors affecting milk yield and its composition. *Czech Journal of Animal Science*. 49(11):465-473.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2015). Sistema de información Hidrológica. Recuperado el 12 de febrero de 2016 de: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=112.
- Couto-Gomes, L., Alcalde, C.R., de Souza, R., de Labio-Molina, B.S., de Lino-Lourenco, D.A., Nunes-Martins, E. (2014). The impact of dietary dry years on lactation curves of primiparous and multiparous Saanen goats. *Acta Scientiarum*. 36(4):405-411.
- Crepaldi, P., Corti, M., Cicogna, M. (1999). Factors affecting milk production and prolificacy of Alpine goats in Lombardy (Italy). *Small Ruminant Research*. 32:83-88.
- Dag, B., Keskin, I., Mikailsoy, F. (2005). Application of different models to the lactation curves of unimproved Awassi ewes in Turkey. *South African Journal of Animal Sciences*. 35(4):238-243
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Hernández, H., Poindron, P., Keller, M., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Vielma, J., Fernández, I.G., & Chemineau, P. (2015). Sexually active males prevent the display of seasonal anestrus in female goats. *Hormones and Behavior*, 69, 8-15.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., & Malpoux, B. (2003). Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Veterinaria México*, 34(1), 69-79.
- Devendra, C. (1991). Breed differences in productivity in goats. cap. 28, 431-440. En *Genetic resources of pig, sheep and goat*. World Animal Science B8. Ed. K. Majjala. Elsevier. Amsterdam.
- Díaz, G.M., Torres, H.G., Ochoa, C.M.A., Urrutia, M.J. (2007). Número de parto, tipo de parto y periodo de lactancia como factores que modifican la producción de leche en cabras Nubia. Vº congreso de especialistas en pequeños rumiantes y camélidos Sudamericanos. Mendoza, Argentina. Pp: 26-29.

- Dohare, A.K., Singh, B., Verma, M.R., Perme, B., Sharma, V.B., Gupta, N., Kshandakar, S. (2014). Comparison of standard lactation curve models using fortnightly milk records in Frieswal cattle. *Veterinary World*. 7(10): 831-834.
- Douhard, F., Friggens, N.C., Tessier, J., Martin, O., Tichit, M., Sauvant, D. (2013). Characterization of a changing relationship between milk production and liveweight for dairy goats undergoing extended lactation. *J. Dairy Sci.* 96:5698-5711.
- Ducoing W.A.E. (2011). Producción de leche de cabra: situación y perspectivas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
- Escareño, L., Salinas-González, H., Wurzinger, M., Íñiguez, L., Sölkner, J., & Meza-Herrera, C. (2012). Dairy goat production systems: Status quo, perspectives and challenges. *Tropical Animal Health and Production*, 45(1), 17-34.
- Escareño, S.L.M. (2010). Design and implementation of community-based goat breeding program for smallholders in the north of Mexico. Philosophy Doctor Disertation. University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Department of Sustainable Agricultural Systems. Viena, Austria.
- FAOSTAT. (2011). Estadísticas de producción de leche de cabra a nivel mundial y nacional. Recuperado el 4 de Julio del 2014 de <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID0569#ancor>
- FAOSTAT. (2012). Estadísticas de producción de leche de cabra a nivel mundial y nacional. Recuperado el 4 de Julio del 2014 de <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID0569#ancor>
- FAOSTAT. (2013). Estadísticas de producción de leche de cabra a nivel mundial y nacional. Recuperado el 17 de marzo de 2016 de: <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID0569#ancor>.
- FAOSTAT. (2014). Existencias de ganado caprino en el mundo. Recuperado el 22 de marzo de 2016 de: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/S>.
- Fatti-Nasri, M.H., France, J., Odongo, N.E., Lopez, S., Bannink, A., Kebreab, E. (2008). Modelling the lactation curve of dairy cows using differentials of growth functions. *Journal of Agricultural Science*. 146:633-641.
- Fernández, G. (2000). Parámetros productivos de cabras pardo alpina y sus cruzas bajo un régimen de pastoreo. *Producción latina*. 25(6):541-544.
- Gaddour, A., Najari, S., Ferchichi, A. (2009). Lactation curve of local goat, pure breeds and crosses in Southern Tunisia. *Journal of Applied Animal Research*. 36(1):153-157.
- Galina, H.M.A., & Pineda, L.J. (2010). *Zotecnia de Ovinos y Caprinos*. México: Agrosystems Editing.
- Gálmez, J., Pérez, M.P., Pittet, J., Guzmán, V., Figueroa, B.E., Briones, M.A. (1987). Producción de leche de cabra criolla según el número ordinal de parto. *Avances en Ciencias Veterinarias*. 2(2):121-125.
- García, E. (1988). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. México: Universidad Nacional Autónoma de México. pp:217.
- García, O., García, B., Bravo, J., Bradford, E. (1996). Análisis de un experimento de cruzamientos usando caprinos criollos e importados. VII. Producción de leche y evaluación de grupos raciales. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*. 13:611-625.

- Gipson, T.A., Fernando, R.L., Grossman, M. (1990). Effects of smoothing data on estimation of parameters for multiphasic lactation curves of dairy goats. *Livestock Production Science*. 24:205-221.
- Goetsch, A.L., Zeng, S.S., & Gipson, T.A. (2011). Factors affecting milk production and quality. *Small Ruminant Research*, 101, 55-63.
- Gómez y González, A., Pinos, R.J.M., Aguirre, R., J. (2009). Manual de producción caprina. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- González-Peña, D., Acosta, J., Guerra, D., González, N., Acosta, M., Sosa, D., Torres-Hernández, G. (2012). Modeling of individual lactation curve for milk production in a population of Alpine goats in Cuba. *Livestock Science*. 150:42-50.
- Greyling, J.P.C., Mmbengwa, V.M., Schwalbach, L.M.J., Muller, T. (2004). Comparative milk production potential of Indigenous and Boer goats under two feeding systems in South Africa. *Small Ruminant Research*. 55:97-105.
- Grossman, M., Koops, W.J. (2003). Modeling extended lactation curves of dairy cattle: A biological basis for the multiphasic approach. *J. Dairy. Sci*. 86:988-998.
- Hernández, H., Mejía, A., Ramírez, S., Elizundia, J.M., Poindron, P., Flores, J.A., Delgadillo, J.A. (2007). La producción de leche y modifican su calidad en cabras del subtropico Mexicano que paren en otoño. V° Congreso de especialistas en pequeños rumiantes y camélidos Sudamericanos. Mendoza, Argentina. Pp. 15-18.
- Hurtado-Lugo, N., Cerón-Muñoz, M., Tonhati, H., Gutiérrez-Valencia, A., & Henao, A. (2005). Producción de leche en búfalas de la Costa Atlántica Colombiana. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 17, Article #139. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd17/12/hurt17139.htm>.
- Iancu, R. David, E., Oancea, S., Tufeanu, R. (2011). The influence of extensive system on goat milk. *Animal Science and Biotechnologies*. 44(2):417-420.
- Iñiguez, L. (2004). Goats in resource-poor systems in the dry environments of West Asia, Central Asia and Inter-Andean valleys. 51:137-144.
- Kawas, J.R., Andrade-Montemayor, H., Lu, C.D. (2011). Strategic nutrient supplementation of free-ranging goats. *Small Ruminant Research*. 89:234-243.
- Lauenroth, W.K., & Sala, O.E. (1992). Long-term forage production of North American Shortgrass Steppe. *Ecological Applications*, 2(4), 397-403.
- Leon, J.M., Macciota, N.P.P., Gama, L.T., Barba, C., Delgado, J.V. (2012). Characterization of the lactation curve in Murciano-Granadina dairy goats. *Small Ruminant Research*. 107:76-84.
- León, J.M., Quiroz, J., Pleguezuelos, J., Martínez, E. y Delgado, J.V. (2007). Curva de lactación para el número de lactación en cabras murciando-granadinas. *Archivos de zootecnia*. 56(1):641-646.
- Lozano, L.J. (2012). Análisis multiobjetivo de la distribución de agua en el sector agrícola de la Comarca Lagunera, México. Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados. Postgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática Economía. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

- Macciota, N.P., Fresi, P., Usai, G., Cappio-Borlino, A. (2005). Lactation curves of Sarda breed goats estimated with test day models. *Journal of Dairy Research*, 72:470-475.
- Makun, H.J., Ajanusi, J.O., Ehoche, O.W., Lakpini, C.A.M., & Otaru, S.M. (2008). Growth and milk production potential of Sahelian and Red Sokoto breeds of goats in Northern Guinea Savannah. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(4), 601-606.
- Maldonado-Jáquez, J.A., Salinas-González, H., Torres-Hernández, G.; Valle-Moysen, E.D., Isidro-Requejo, L.M., & Triana-Gutiérrez, M. (2015). Perfil productivo del sistema de producción caprino extensivo en el suroeste del Estado de Coahuila. III Congreso Internacional y XVII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. CD-Rom.
- Maldonado-Jáquez, J.A., Salinas-González, H., Valle-Moysen, E.D., Triana-Gutiérrez, M., & Espinoza-Arellano, J.J. (2014). Perfil socioeconómico de los caprinocultores del suroeste del Estado de Coahuila, México. XXVII Congreso Internacional de Administración de Empresas Agropecuarias. San José del Cabo, B.C.S. CD-Rom.
- Marete, A.G., Mosi, R, O., Amimo, J.O., Jung, J.O. (2014). Characteristics of lactation curves of the Kenya Alpine dairy goats in smallholder farms. *Open Journal of Animal Sciences*. 4:92-102.
- Martínez-Rojero, R.D., Torres-Hernández, G., & Martínez-Hernández, S. (2013). Caracterización fenotípica, productiva y reproductiva de la cabra Blanca criolla del “filo mayor” de la sierra madre del sur en el Estado de Guerrero. *Nova Scientia*, 6(1), 25-44.
- Mburu, M., Mugendi, B., Makhoka, A., & Muhoho, S. (2014). Factors affecting Kenya Alpine dairy goat milk production in Nyeri region. *Journal of Food Research*, 3(6), 160-167.
- McManus, C., Soares-Filho, G., da Silva-Mariante, A., Louvandini, H. (2003). Factor which influence parameters of goat lactation curves in the Federal District. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36(6):1614-1623.
- Mellado, M. (1997). La cabra criolla en América Latina. *Veterinaria México*, 28, 333-343.
- Mellado, M., Estrada, R., Olivares, L., Pastor, F., & Mellado, J. (2006). Diet selection among goats of different milk production potential on rangeland. *Journal of Arid Environments*, 66, 127-134.
- Mellado, M., Foote, R.H., & Borrego, E. (1991). Lactational performance, prolificacy and relationship to parity and body weight in crossbred native goats in northern Mexico. *Small Ruminant Research*, 6, 167-174.
- Mellado, M., Olivares, L., López, R., & Mellado, J. (2005). Influence of lactation, liveweight and lipid reserves at mating on reproductive performance of grazing goats. *Journal of Animal and Veterinary advances*, 4(4), 420-423.
- Mellado, M., Rodríguez, A., Villarreal, J.A., & Olvera, A. (2005). The effect of pregnancy and lactation on diet composition and dietary preference of goats in desert rangeland. *Small Ruminant Research*, 58, 79-85.

- Merlos-Brito M., Martínez-Rojero R., Torres-Hernández G., Mastache-Lagunes A.A., Gallegos-Sánchez J. (2008). Evaluación de características productivas en cabritos Boer x Local, Nubia x Local y locales en el trópico seco de Guerrero, México. *Veterinaria México*. 39(3):323-333.
- Mestawet, T.A., Girma, A., Adnoy, T., Devold, T.G., Narvhus, J.A., Vegarud, G.E. (2012). Milk production, composition and variation at different lactation stages of four goat's breeds in Ethiopia. *Small Ruminant Research*, 105:176-181
- Mioc, B., Prpic, Z., Vnucec, I., Barac, Z., Susic, V., Samarzija, D., Pvic, V. (2008). Factors affecting goat milk yield and composition. *Lacteo*. 58(4):305-313.
- Mitat, A., Menéndez-Buxadera, A., González-Peña, D., & Ramos, F. (2008). Producción de leche en el día de control en hembras Buffalypso y mestizas con Cabarao. I. Descripción. *Ciencia y Tecnología Ganadera*, 2(1), 25-30.
- Mohammed, S.A., Sulieman, A.H., Mohammed, M.E. and Sidig, F. (2007). A study on the milk yield and compositional characteristics in the Sudanese Nubian goat under farm conditions. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 6(3):328-334.
- Montaldo, H.H., & Manfredi, E. (2002). Organization of selection programmes for dairy goats. Proceedings of the seventh World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 2002, Session 1. Montpellier, France.
- Montaldo, H.H., Torres-Hernández, G., & Valencia-Posadas, M. (2010). Goat breeding research in Mexico. *Small Ruminant Research*, 89, 155-163.
- Morand-Fehr, P., Jaouen, J.C. (1991). The production of goat milk and kids in dairy goat farming in developed countries. Proceedings of the 23rd International Dairy Congress (Montreal, Canada), 1:352
- Mourad, M. (1992). Effects of month of kidding, parity and litter size on milk yield al Alpine goats in Egypt. *Small Ruminant Research*. 8:41-46.
- National Research Council (NRC) (1981). *Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy, and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries*. Washington, D.C.: Ed. National Academy Press.
- Noguera-Barros, N., Riverio Da Silva, F.L., Pinheiro-Rogeiro, M.C. (2005). Effect of genotype on milk yield and composition of crossbred goats. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34(4):1366-1370.
- Palocci, G and Tripaldi, C. (2011). Influence of different concentrates on milk yield and quality from Italian indigenous goat. *Research opinions in animal & veterinary sciences*. 1(6):385-389.
- Pattnayak, S. (2013). Regular lactation in non-estrus and non-pregnant goat for years. A case report. *Exploratory Animal and Medical Research*, 1(2), 190-192.
- Paz, R.G., Togo, J.A., & López, C. (2007). Evaluación de parámetros de producción de leche en caprinos (Santiago del Estero, Argentina). *Revista Científica FCV-LUZ*, XVII(2), 161-165.
- Peacock, C., & Sherman, D.M. (2010). Sustainable goat production-some global perspectives. *Small Ruminant Research*, 89, 70-80.
- Peña-Blanco, F., Vega-Vilca, J., Sánchez-Rodríguez, M., Martos-Peinado, J., García-Martínez, A., & Domenech-García, V. (1999). Producción láctea y ajuste de la curva de lactación en caprinos de raza Florida. *Archivos de Zootecnia*, 48, 415-424.

- Pereira-Guimaraes, V., Teixeira-Rodrigues, M., Rocha-Sarmiento, J.L., Teixeira da Rocha, D. (2006). Use of mathematical functions in the study of lactation curves in goats. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35(2):535-543.
- Pesantes, M., Hernández, A., Fraga, L.M. (2014). Persistencia de la producción de leche en cabras Anglo Nubia x Criolla. *Revista cubana de Ciencia Agrícola*. 48(4):337-342
- Portolano, B., Spatafora, F., Bono, G., Margiotta, S., Todaro, M., Ortoleva, V., Leto, G. (1996). Application of the Wood model to lactation curves of Comisana sheep. *Small Ruminant Research*. 24:7-13.
- Quintero, J.C, Serna, J.I., Hurtado, N.A., Rosero-Noguera, R., Cerón-Muñoz, M. (2007). Mathematical models for lactation curves in dairy cattle. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 20:149-156.
- Ramírez-Valverde, R., García-Muñiz, J.G., Núñez-Domínguez, R., Ruiz-Flores, A. Meraz-Alvarado, M. (2004). Comparación de ecuaciones para estimar curvas de lactancia con diferentes estrategias de muestreo en bovinos Angus, suizo y sus cruza. *Veterinaria México*. 35(3):187-201
- Ribeiro, M.N., Pimenta-Filho, E.C. (1999). Study of the environmental effects that affect the shape of lactation curves of Crossbred goats in Paraíba State. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 28(4):868-874.
- Rodríguez-Martínez, R., Carrillo, E., Leyva, C., Luna-Orozco, J.R., Elizunda-Álvarez, J.M., Robles-Trillo, P.A., Arellano-rodríquez, G. Velíz, F.G. (2011). Artificial long days induce an increase of milk yield in alpine goats. *Tropical and subtropical Agro ecosystems*. 14:357-361.
- Rojo-Rubio, R., Kholif, A.E., Salem, A.Z., Mendoza, G.D., Elghandour, M.; Vázquez-Armijo, J.F., Lee-Rangel, H. (2015). 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*. Doi: 10.1080/09712119.2015.1031790
- Rotz, C.A., Zartman, D.L., Crandall, K.L. (2005). Economic and environmental feasibility of a perennial cow dairy farm. *J. Dairy Sci*. 88:3009-3019.
- Rufino, M., Azevedo-Alves, A., Martins-Rodrigues, M., Lustosa de Moura, R., Rodrigues-Calvacante, A.C., Pinheiro-Rogeiro, M.C. (2012). Goat milk production and quality on Tanzania grass pastures, with supplementation. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 34(4):417-423.
- Ruiz, R., Oregui, L.M., 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.
- Russo, V.M., Cameron, A.W.N., Dunshea, F.R., Tilbrook, A.J., Leury, B.J. (2013). Artificially extending photoperiod improves milk yield in dairy goats and in most effective in late lactation. *Small Ruminant Research*. 113:179-186.
- Ruvuna, F., Kogi, J.K., Taylor, J.F., Mkuu, S.M. (1995). Lactation curves among crosses of Galla and East African with Toggenburg and Anglo Nubian goats. *Small Ruminant Research*. 16:1-6.
- Salama, A.A.K., Caja, G., Such, X., Casals, R., Albanell, E. (2005). Effect of pregnancy and extended lactation on milk production in dairy goats milked once daily. *J. Dairy Sci*. 88:3894–3904.

- Salama, A.A.K., Caja, G., Such, X., Peris, S., Sorensen A., & Knight, C.H. (2004). Changes in cisternal udder compartment induced by milking interval in dairy goats milked once or twice daily. *Journal of Dairy Science*, 87, 1181-1187.
- Salinas, H., & Martínez, R. (1988). Dairy goat milk production responses to feeding level. *Indian Journal of Dairy Science*, 41(2), 167-170.
- Salinas, H., Echavarría, F., Flores-Nájera, M., Flores-Ortiz, M., Gutiérrez, R., Rumayor, A., Meza-Herrera, C., & Pastor, F. (2011). Evaluación participativa de tecnologías en caprinos del norte centro de México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17, 225-234.
- Salinas, H., Hoyos, G., Sáenz, P., Martínez, M., Sánchez, I., & Mascorro, R. (1988). Proyecto sistemas de producción caprinos en la Comarca Lagunera, México. Guatemala: Informe de la VIII Reunión general de la Red de investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica, Programa II: generación y transferencia de tecnología.
- Salinas, H., Quiroga, M., Sáenz, P., Martínez, M., Guerrero, A., Espinoza, J., Cano, F., & Ávila, J.L. (1990). Sistemas de producción caprina en México. Informe IX Reunión General de Sistemas de Producción. Zacatecas, México.
- Salinas, H; Pastor López, F; Escareño Sánchez, L M; Iñiguez, L; Wurzinger, M; Sölkner, J. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17:235-246.
- Salinas-González, H., Meza-Herrera, C.A., Escareño-Sánchez, L.M., Echavarría-Chávez, F.G., Maldonado-Jáquez, J.A., Pastor-López, F.J. Sistemas de producción caprinos carne-leche. Tendencias productivas en México y el mundo. En: Díaz-Aparicio, E., Tortora-Pérez, J.L., Palomares-Reséndiz, E.G., Gutiérrez-Hernández, J.L. (2015). Enfermedades de las cabras. Centro de Investigación disciplinaria en Microbiología Animal. ISBN: 978-607-37-0411-3. México, D.F. Pp: 3-22.
- Salvador, A., & Martínez, G. (2007). Factores que afectan la producción y composición de le leche de cabra: Revisión bibliográfica. *Revista Facultad de Ciencias Veterinarias*, 48(2), 61-76.
- Sánchez de la Rosa, I., Martínez-Rojero, R.D., Torres-Hernández, G., Becerril-Pérez, C.M., Mastache-Lagunas, A.A., Suárez-Espinosa, J., & Rubio-Rubio, M. (2006). Producción de leche y curvas de lactancia en tres razas de cabras en el trópico seco de México. *Veterinaria México*, 37(4), 493-502.
- Sanogo, S., Momani-Shaker, M., Nantoume, H., Salem, A.Z. (2013). Milk yield and composition of crossbred Sahelian x Anglo-Nubian goats in the semi-intensive system in Mali during the preweaning period. *Tropical Animal Health Production*. 45:305-310.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2015). Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Región de la Comarca Lagunera 2010-2015. Recuperado el 18 de febrero de 2016 de: http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Documents/Calidad%20del%20aire/Proaires/ProAires_Vigentes/9_ProAire%20Comarca%20Lagunera%202010-2015.pdf.

- Selvaggi, M., & Dario, C. (2015). Genetic analysis of milk production traits in Jonica goats. *Small Ruminant Research*, 126, 9-12.
- Serradilla, J.M. (2001). Use of high yielding goat breeds for milk production. *Livestock Production Science*. 71:59-73.
- Shaat, I. (2014). Application of the wood lactation curve in analyzing the variation of daily milk yield in Zaraibi goats in Egypt. *Small Ruminant Research*. 117: 25-33.
- Silvestre, A.M., Petim-Batista, F., Colaco, J. (2006). The accuracy of seven mathematical functions in modeling dairy cattle lactation curves based on test-day records from varying sample schemes. *Journal of Dairy Science*. 89(5):1813-1821.
- Sistema de Información agroalimentaria y pesquera (SIAP)-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2011). Anuario estadístico de la producción agropecuaria.
- Sistema de Información agroalimentaria y pesquera (SIAP)-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2013). Anuario estadístico de la producción agropecuaria.
- Sistema de Información agroalimentaria y pesquera (SIAP)-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2014). Anuario estadístico de la producción agropecuaria.
- Soma, P., Kotze, A., Grobler, J.P., & Van Wyk J.B. (2012). South African sheep breeds: Population genetic structure and conservation implications. *Small Ruminant Research*, 103, 112-119.
- Sorensen, A., Muir, D.D., Knight, C.H. (2008). Extended lactation in dairy cows: Effects of milking frequency, calving season and nutrition on lactation persistency and milk quality. *J. Dairy Res.* 75:90–97.
- Stan, R., Iancu, R., Enache, A., Lazar, S., & Padurariu, A. (2011). The management in a dairy goat farm based on feeding Systems. *Animal Science and Biotechnologies*, 44(1), 113-117.
- Statistical Analysis System (SAS). (2002). *SAS/STAT User's Guide, Software version 9.0*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Takma, C., Akbas, Y., Taskin, T. (2009). Modeling lactation curves of Turkish Saanen and Bornova goats. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 4(3):122-129.
- Tarazona, A.M., Ceballos, M.C., Naranjo, J.F., & Cuartas, C.A. (2012). Factors affecting forage intake and selectivity in ruminants. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25, 473-487.
- Vargas, L.S., Bustamante, G.A., Casiano, V.M.A. Caprinos. En: Torres-Hernández, G. (2015). Los recursos zootécnicos criollos en México. Un recurso necesario. Editorial BBA-Colegio de Postgraduados. ISBN: 978-607-715-297-2. Jalisco, México. Pp: 129-154.
- Vélez, M.L.I., Rosales, N.C.A., Flores, N.M.J., Chávez, S.A.U., & Salinas, G.H. (2015). Producción de leche de cabra en la Comarca Lagunera (intensivo y extensivo) durante la época de estiaje. Memoria de la XXVII Semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Valencia, Dgo.

- Waheed, A., Sajjad-Khan, M. (2013). Lactation curve of Beetal goats in Pakistan. *Archiv Tierzucht-Germany*. 56(89):892-898.
- Wood, P.D.P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*. 216:164-165.
- Yépez, R.H., Rúa-Bustamante, C.V., Idárraga-Idárraga, Y., Arboleda-Zapata, E., Calvo-Cardona, S., Montoya-Atehortúa, A., Cardona-Cadavid, H., Cerón-Muñoz, M. (2010). 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*. 5(2):30-35.
- Zavala, A.M.P. (1993). Caracterización de los sistemas ejidales de producción ovina y caprina en el estado de Aguascalientes. *Universidad y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 10, 67-72.