

Producción de leche y curvas de lactancia en tres razas de cabras en el trópico seco de México

Milk production and lactation curves in three goat breeds in the dry tropic of Mexico

Irene Sánchez de la Rosa* Rubén D. Martínez Rojero** Glafiro Torres Hernández*
Carlos M. Becerril Pérez* Ángel A. Mastache Lagunas** Javier Suárez Espinosa***
Moisés Rubio Rubio**

Abstract

An experiment was carried out with 20 Creole goats (C), 19 Nubian (N) and 14 White Celtiberic (B), all of them with their offspring and undergoing their second parturition, in order to a) evaluate milk production per day (MP), b) evaluate the effect of environmental factors influencing MP, c) characterize their lactation curves, and d) evaluate factors influencing the lactation curve parameters. The GLM procedure of SAS was utilized to accomplish objectives a, b and d, whereas a linearized Wood model was utilized for objective c. There were significant differences in MP due to breed, stage of lactation, type of birth and breed x stage of lactation interaction. Nubian goats produced 1066.9 ± 31.8 g/d, followed by Creole goats (856.1 ± 28.1 g/d) and finally by B goats (745.0 ± 35.9 g/d). An irregular pattern was found in the stage of lactation; maximum productions were observed in weeks 1 and 9. Does raising twins produced more milk (1036.2 ± 37.9 g/d) than does raising singles (742.5 ± 17.4 g/d). The milk production curve of N does was above the corresponding curves of Creole and B does during most of the lactation period; only in weeks 9 and 10 the milk production curve of C does was above that of N does. The shape of the lactation curve differed among breeds, a factor that is explained by the size and sign of the lactation curve parameters. The peak of MP and the day when this value was observed were 0.848 kg on day 16 for the C goats, 1.175 kg on day 3 for the N goats, and 0.806 on day 25 for the B goats. The lactation curve parameters "a" and "b" were affected by breed and type of birth. It is concluded that there are important differences in milk production and the shape of the lactation curves of these breeds, a factor that must be considered in genetic improvement programs and general management in these regions.

Key words: MILK PRODUCTION, LACTATION CURVES, GOATS, DRY TROPIC.

Resumen

Se llevó a cabo un experimento con 20 cabras Criollas (C), 19 Nubias (N) y 14 Blancas Celtibéricas (B), todas con sus crías y en su segundo parto, para a) evaluar la producción de leche por día (PL), b) evaluar qué factores ambientales influyen en la PL, c) caracterizar sus curvas de lactancia, y d) evaluar qué efectos influyen en los parámetros de la curva. Para cumplir con los objetivos a), b) y d) se utilizó el procedimiento GLM del SAS, mientras que para el c) se utilizó el modelo de Wood en su forma lineal. Hubo diferencias significativas en PL debidas a raza, etapa de lactancia, tipo de nacimiento y la interacción raza x etapa de lactancia. Las cabras N produjeron 1066.9 ± 31.8 g/d, seguidas de las C (856.1 ± 28.1 g/d) y finalmente por las B (745.0 ± 35.9 g/d). Se encontró un patrón irregular en la etapa de lactancia; las producciones máximas se observaron en las semanas 1 y 9. Las cabras de parto gemelar produjeron más leche (1036.2 ± 37.9 g/d) que las de parto sencillo (742.5 ± 17.4 g/d). La curva de producción de leche de las cabras N superó las curvas de las cabras C y B durante la mayor parte del periodo de lactancia; solamente en las semanas nueve y diez la curva de lactancia de las cabras C estuvo arriba de la de las cabras N. La forma de la curva de lactancia fue diferente entre razas, este factor se explica por la magnitud y signo de los parámetros de la curva de lactancia. El pico de PL y el día en que se observó este valor fueron 0.848 kg el día 16 para las cabras C, 1.175 kg el día 3 para las cabras N, y 0.806 kg el día 25 para las cabras B. Los parámetros "a" y "b" de la curva de lactancia fueron afectados por raza y tipo de nacimiento. Se concluye que existen diferencias importantes en producción de leche y forma de las curvas de lactancia de estas razas, dicho factor debe considerarse en programas de mejoramiento genético y de manejo en general en estas regiones.

Palabras clave: PRODUCCIÓN DE LECHE, CURVAS DE LACTANCIA, CABRAS, TROPICO SECO.

Recibido el 15 de noviembre de 2005 y aceptado el 13 de junio de 2006.

*Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados, 56230, Montecillo, Estado de México, México, correo electrónico: glatohe@colpos.mx

**Centro de Estudios Profesionales, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Guerrero 81, Primer Piso, Col. Centro, 40000, Iguala, Guerrero, México, correo electrónico: rubendariomr@prodigy.net.mx

***Programa de Estadística, Colegio de Postgraduados, 56230 Montecillo, Estado de México, México.

Introduction

Among the small ruminants, the importance of goats and their great contribution has relevant importance for small producers and peasants with land limitation in developing countries, as for the value of milk production in developed countries.^{1,2}

The goat is worldwide distributed, but mainly in tropical and sub-tropical countries, where the total population includes 78% of the universal population. This production of goats reflects the importance of the species for the people from this region, which represents 16% of the total population in the domestic ruminant world.³ Mexico is cited as the first goat's producer in the American continent,⁴ followed by Brazil who was the leader for many years.

Goats have found their main habitat in the extensive Mexican arid and semi-arid territory, where they mainly feed themselves from shrub and semi-shrub flora from these zones, although in dry tropic there is abundant natural forage and with perfectly adaptable and bearable climate for the goats.⁵ The most important region of caprine production in extensive systems is conformed by the states of Puebla, Oaxaca and Guerrero, whose main function is the meat production with genotypes of undefined genetic origin denominated "Criollos" born in Mexico, it is believed that they come from the original Spanish breeds and crossbreeding with pure breed studs, like Nubian and Alpine.⁶ The Agricultural Superior College of the State of Guerrero (CSAEGRO), an educational institution located in the northern dry tropic of Guerrero, has done some studies to improve caprine's production among the producers of that region, including diagnostic studies,⁷ characterization of the Criolla goats,⁸ as well as socioeconomical and marketing aspects;⁹ nevertheless, the majority of up to date studies have been focused on reproductive aspects.¹⁰

With the aim of improving productive and reproductive indexes, some producers of that region have begun to introduce in the last years, specialized pure breeds as: Nubian, White Celtiberic and Boer in order to perform crossbreeding with Criollo does, thus producing the so called crossbred herds,¹¹ trying to improve other characteristics like: the dairy ability of the F₁ crossbred does, since the gain weight of the kids during lactation depends on the milk production of the doe.¹² Nevertheless, up until now, there are no performance results of the pure breeds in this region. In relation to the aforementioned, the objective of this study was: a) estimate milk production in three goat breeds of Guerrero's north region, b) evaluate environmental factors that influence its variation, c) characterize the lactation curves of the goats, and d)

Introducción

Entre los pequeños rumiantes, la importancia de las cabras y su amplia contribución tiene relevancia principalmente para pequeños productores y campesinos con limitaciones de tierra en los países en desarrollo, así como por su valor en la producción de leche en países industrializados.^{1,2}

La cabra se encuentra ampliamente distribuida en el mundo, pero principalmente en los países tropicales y subtropicales, donde la población total abarca 78% de la población mundial. Esta producción de cabras refleja la importancia de la especie para la gente de estas áreas, que representa 16% de la población total en el mundo de rumiantes domésticos.³ México se ubica como el primer productor de cabras en el continente americano,⁴ seguido de Brasil que por varios años fue el líder.

Las cabras han encontrado su principal hábitat en el extenso árido y semiárido mexicano, donde se mantienen principalmente de la flora arbustiva y semiarbustiva de esas zonas, aunque en el trópico seco se encuentra abundante alimentación natural y con clima perfectamente adaptable y soportable por las cabras.⁵ La región más importante de producción caprina en sistemas extensivos la conforman los estados de Puebla, Oaxaca y Guerrero, cuya función principal es la producción de carne con genotipos de origen genético no bien definido denominados "Criollos" nacidos en México, se cree que éstos provienen de las razas españolas originales y de su cruce con sementales de razas puras, como Nubia y Alpina.⁶ El Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero (CSAEGRO), institución educativa ubicada en el trópico seco del norte de Guerrero, ha efectuado algunas investigaciones tendientes a mejorar la producción de caprinos entre los productores de esa región, incluyendo estudios de diagnóstico,⁷ caracterización de las cabras Criollas,⁸ así como aspectos socioeconómicos y de comercialización;⁹ sin embargo, la mayoría de los estudios generados a la fecha se han enfocado a aspectos reproductivos.¹⁰

Con el propósito de mejorar los índices productivos y reproductivos, algunos productores en esa región han empezado a introducir en los últimos años, razas puras especializadas como la Nubia, Blanca Celtibérica y Boer, para efectuar cruzamientos con las Criollas, que constituyen los llamados rebaños mestizos,¹¹ buscando mejorar, entre otras características, la aptitud lechera de las madres cruzadas F₁, ya que la ganancia de peso de los cabritos durante la lactancia depende de la producción de leche de la madre.¹² Sin embargo, a la fecha no hay resultados del comportamiento de las razas puras en esta región. Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue a)

determine which factors influence the lactation curve parameters.

The present study took place in the livestock facilities of The Center of Professional Studies of the CSAEGRO, located at 15 kilometers from Iguala, Guerrero, at coordinates 18°15' N latitude and 99°39'W longitude, with an average rainfall during June to October, of 797 mm, a mean annual precipitation of 767 mm and annual average temperature of 25.7°C at 640 masl. The climate belongs to the type AWO (w) (i')g, which is the driest of the classified semi humid climates.¹³

Twenty Criollo, 19 Nubian and 14 White Celtiberic does, all with their kids and on their second kidding were utilized. The first ones were bought by the CSAEGRO in that region, the Nubian from Zacatecas and the White Celtiberic from Puebla. On the totality of the Nubia's deliveries there was only one kid, while on the Criollo and Celtiberic there were single and twin births. Does were managed in a semi-confined system; during the morning they grazed on African Star pastures (*Cynodonn niemfuensis*) and native Gramma-grasses, by the evening and night they were kept in roofed pens, separated by breed; in the pen they received water *ad libitum*, besides a commercial concentrate with 12% of crude protein and 3500 kcal/kg. In the three breeds of goats a complete diallel mating scheme was performed; therefore, nine genetic groups among the offspring were generated, and this report was used for a later investigation.

The mating was performed during autumn of 2002, three bucks of each breed per control of natural mating was used, which provided two services per female, previous estrous detection with a teaser male. The kiddings occurred during spring (end of March and beginning of April) of 2003. The milk production was measured every seven days from birth to a 100 days, when the kids were weaned. To measure the production of milk, the method of weight-sucking-weight of the kids was used;¹² with this purpose the kids were separated from the does one day before the sampling; the first weighing of the kids was done at 07:00 h of the following day; this procedure was repeated at 15:00 h of the same day, then the goats were milked; therefore, this production of milk was added to the one consumed by the kids, and this was the production of milk registered per goat in 24 hours. The field work was done from January to June of 2003.

To evaluate the effect of factors that influence the variation of the goats' milk production the following model of nested effects was used, analyzed by means of GLM procedure of the SAS statistical package:¹⁴

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + EL_j + TN_k + (R \times EL)_{ij} + E_{ijkl} \text{ (Model 1)}$$

estimar la producción de leche en tres razas de cabras en la región norte de Guerrero, b) evaluar los factores de origen ambiental que influyen en su variación, c) caracterizar la curva de lactancia de las cabras, y d) determinar qué factores influyen en los parámetros de la curva de lactancia.

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones pecuarias del Centro de Estudios Profesionales del CSAEGRO, ubicado a 15 kilómetros de Iguala, Guerrero, en las coordenadas 18° 15' latitud N y 99°39' longitud O, con una precipitación pluvial promedio, durante junio a octubre, de 797 mm, precipitación media anual de 767 mm y temperatura promedio anual de 25.7°C y a 640 msnm. El clima es del tipo AWO (w) (i')g, que es el más seco de los climas calificados como semihúmedos.¹³

Se utilizaron 20 cabras Criollas, 19 Nubias y 14 Blancas Celtibéricas, todas con sus crías y en su segundo parto. Las primeras las adquirió el CSAEGRO en esa región, las Nubias procedían de Zacatecas y las Blancas Celtibéricas de Puebla. En la totalidad de los partos de las Nubias sólo hubo una cría, mientras que en las Criollas y Celtibéricas hubo tanto nacimientos de sencillos como de gemelares. Las cabras se manejaron en un sistema semiestabulado; durante la mañana pastoreaban en praderas de Estrella Africana (*Cynodonn nlemfuensis*) y gramas nativas, en la tarde y noche se encerraban en corrales techados, separadas por raza; en el corral recibían agua *ad libitum*, además de un concentrado comercial con 12% de proteína cruda y 3 500 kcal/kg. En las tres razas de cabras se llevó a cabo un apareamiento mediante el esquema de cruce dialélica completa; se generaron así nueve grupos genéticos entre las crías, y esa información se utilizó para otra investigación posterior.

El apareamiento se llevó a cabo durante el otoño de 2002, se utilizaron tres sementales de cada raza por monta natural controlada, que proporcionaron dos servicios por hembra, previa detección de estro con un macho celador. Los partos ocurrieron durante la primavera (finales de marzo y principios de abril) de 2003. La producción de leche se midió cada siete días a partir del parto y hasta los 100 días, cuando los cabritos se destetaron. Para medir la producción de leche se utilizó el método de peso-amamantamiento-peso de las crías;¹² con ese propósito los cabritos fueron separados de sus madres un día antes del muestreo; el primer pesaje de los cabritos se efectuó a las 07:00 h del día siguiente; este procedimiento se repetía a las 15:00 h del mismo día, luego se ordeñaba a las cabras, por lo que esta producción de leche de las cabras se sumó a la leche consumida por los cabritos, ésta fue la producción de leche registrada por cabra en 24 horas. El trabajo de campo se llevó a cabo de enero a junio de 2003.

where

Y_{ijkl} = milk production observation;

μ = mean population

R_i = effect of the i -th breed ($i = 1, 2, 3$);

EL_j = effect of the j -th lactation stage ($j = 1, 2, \dots, 15$);

TN_k = effect of the k -th type of birth ($k = \text{single, twin}$);

$R \times EL_{ij}$ = effect of the interaction breed x lactation stage;

$E_{ijkl} = :$ random error $\Rightarrow$ NID ($0, \sigma^2_e$).

For the comparison between means the Tukey test was utilized.

To characterize the curve of lactation on does, the Wood's¹⁵ incomplete gamma function was used:

$$Y_n = a n^b e^{-cn}$$

where Y_n = production of milk on the n -th day of lactation;

e = base of natural logarithm;

a , b and c = constants, where " a " represents a scale factor, or milk production at the start of lactation, while " b " and " c " represent the declination limit of the curve before and after the lactation peak.

For natural logarithm transformation, the Wood's equation was linearized as: $\ln Y_n = \ln a + b \ln n - cn$. After this transformation, the parameters that define the incomplete gamma function (a , b and c) were estimated through multiple regression. By having estimated the previous parameters, the maximum production was evaluated during each breed's lactation as: $Y_{max} = a(b/c)^b e^{-b}$, while on the day of maximum production it was estimated based on of the relation b/c . Finally, the factors which affect the curve's parameters were analyzed, utilizing the procedure GLM of SAS, under the following model:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + TN_j + E_{ijk} \quad (\text{Model 2})$$

where:

Y_{ijkl} = curve parameter observation;

μ = mean population;

R_i = effect of the i -th breed ($i = 1, 2, 3$);

$TN_j = :$ effect of the j -th type of birth ($k = \text{single, twin}$);

E_{ijk} = random error $\Rightarrow$ NID ($0, \sigma^2_e$).

Differences among breeds

A significant breed effect was found (Table 1). The general average of milk production on 100 days of lactation was 889.4 ± 325 g/d. The Nubian goats produced the highest quantity of milk ($1\,066.9 \pm 31.8$ g/d), followed by the Criollo (856.1 ± 28.1 g/d) and the Celtiberic (745.0 ± 35.9 g/d). The average of the Nubian goats, on this study, is lower than the one obtained by other authors in Mexico,¹⁶ which was of 1 250 g/d on 244 days of lactation, but higher than the study done in

Para evaluar el efecto de factores que influyen en la variación de la producción de leche de las cabras se utilizó el siguiente modelo de efectos fijos, analizado mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS:¹⁴

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + EL_j + TN_k + (R \times EL)_{ij} + E_{ijkl} \quad (\text{Modelo 1})$$

donde:

Y_{ijkl} = observación de la producción de leche;

μ = media poblacional;

R_i = efecto de la i -ésima raza ($i = 1, 2, 3$);

EL_j = efecto de la j -ésima etapa de lactancia ($j = 1, 2, \dots, 15$);

TN_k = efecto del k -ésimo tipo de nacimiento ($k = \text{sencillo, gemelar}$);

$R \times EL_{ij}$ = efecto de la interacción raza x etapa de lactancia;

$E_{ijkl} = :$ error aleatorio NID ($0, \sigma^2_e$).

Para la comparación entre medias se utilizó la prueba de Tukey.

Para caracterizar la curva de lactancia en las cabras se utilizó la función gama incompleta de Wood,¹⁵

$$Y_n = a n^b e^{-cn}$$

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 la lactancia.

Por transformación logarítmica natural, la ecuación de Wood se linearizó a la forma: $\ln Y_n = \ln a + b \ln n - cn$. Después de esta transformación, los parámetros que definen la función gama incompleta (a , b y c) se estimaron a través de regresión múltiple. Al tener estimados los anteriores parámetros, se estimó la producción máxima durante la lactancia de cada raza como $Y_{max} = a(b/c)^b e^{-b}$, mientras que el día de esa producción máxima se estimó con base en la relación b/c . Finalmente, se analizaron los factores que afectan los parámetros de la curva, utilizando el procedimiento GLM de SAS, bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + TN_j + E_{ijk} \quad (\text{Modelo 2})$$

donde:

Y_{ijkl} = observación del parámetro de la curva;

μ = media poblacional;

$R_i = :$ efecto de la i -ésima raza ($i = 1, 2, 3$);

$TN_j = :$ efecto del j -ésimo tipo de nacimiento ($k = \text{sencillo, gemelar}$);

E_{ijk} = error aleatorio NID $\Rightarrow (0, \sigma^2_e)$.

Diferencias entre razas

Se encontró un efecto significativo de raza (Cuadro 1). El promedio general de producción de leche en

Venezuela,¹⁷ which resulted in 653 g/d on 210 days of lactation. The average of the Criollo goats was higher than the one obtained by other authors on Criollo goats in Mexico and other countries,¹⁸⁻²¹ which averages are in the range of 196 to 792 g/d. There is little information on the production of milk of Celtiberic goats in Mexico, because this is a specialized breed on meat production; nevertheless, results from a study performed in the dry tropic of Guerrero²² showed that its milk production fluctuated between 590 and 850 g/d, although in Spain, under excellent management and feeding conditions, individual productions of up to 400-450 L of milk in 200 days of lactation are mentioned.²³

Lactation stage

An irregular pattern was observed on the effect of the lactation stage, since the maximum productions were observed on weeks 1 and 9 (Table 2). A typical milk production is initiated with a mild increment until it reaches a peak of production, which generally is obtained between the second and fourth weeks of lactation, in function of diverse factors and later on there is a gradual diminishment.^{24,25} This effect is well known and it has been found in other studies.^{26,29}

Type of birth

Does with twin kiddings produced more milk ($1\,036.2 \pm 37.9$ g/d) than the ones with single birth (742.5 ± 17.4 g/d). This higher production of milk on the first ones, in comparison to the second ones, is due to the stimuli that two kids exert compared to only one, that suckle more maternal milk, as reported by various authors.^{30,33} The effect of the kids sex proven on a preliminary analysis, only on does with single birth, did

100 días de lactancia fue 889.4 ± 325 g/d. Las cabras Nubia produjeron la mayor cantidad de leche ($1\,066.9 \pm 31.8$ g/d), seguidas de las Criollas (856.1 ± 28.1 g/d) y de las Celtibéricas (745.0 ± 35.9 g/d). El promedio de las cabras Nubia en este trabajo es inferior al que obtuvieron otros autores en México,¹⁶ que fue de 1 250 g/d en 244 días de lactancia, pero superior al trabajo que se realizó en Venezuela,¹⁷ y resultó de 653 g/d en 210 días de lactancia. El promedio de las cabras Criollas fue superior al que han obtenido otros autores con cabras Criollas tanto en México como en otros países,¹⁸⁻²¹ cuyos promedios están en el rango de 196 a 792 g/d. La información sobre producción de leche de cabras Celtibéricas en México es limitada, debido a que se trata de una raza especializada en producción de carne; sin embargo, los resultados de un estudio efectuado en el trópico seco de Guerrero²² indicaron que su producción de leche fluctuó entre 590 y 850 g/d, aunque en España, bajo condiciones excelentes de manejo y alimentación, se mencionan producciones individuales de hasta 400-450 L de leche en 200 días de lactancia.²³

Etapas de lactancia

Se observó un patrón irregular en el efecto de la etapa de lactancia, ya que las máximas producciones se presentaron en las semanas 1 y 9 (Cuadro 2). Una curva típica de producción de leche se inicia con un incremento leve hasta alcanzar un pico de producción, que generalmente se logra entre la segunda y cuarta semanas de lactancia, en función de varios factores, y posteriormente ocurre una disminución gradual.^{24,25} Este efecto es bastante conocido y se ha encontrado en trabajos de otros investigadores.²⁶⁻²⁹

Cuadro 1

CUADRADOS MEDIOS Y SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE TRES RAZAS CAPRINAS EN EL TRÓPICO SECO DE MÉXICO
MEAN SQUARE AND STATISTICAL SIGNIFICANCE OF FACTORS THAT INFLUENCE MILK PRODUCTION OF THREE GOAT BREEDS IN THE DRY TROPIC OF MEXICO

Variation source	Degrees of freedom	Mean square
Breed (B)	2	3878504**
Lactation stage (LS)	14	340022**
Type of birth	1	6614313**
B x LS	28	212942*
Error	671	122325

* P < 0.05

** P < 0.01

Cuadro 2

MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE (g/d) EN CABRAS DEL TRÓPICO SECO DE MÉXICO SEGÚN RAZA, ETAPA DE LACTANCIA Y TIPO DE NACIMIENTO
 LEAST SQUARE MEANS FOR MILK PRODUCTION (g/d) IN GOTAS OF THE DRY TROPIC OF MEXICO ACCORDING TO BREED, LACTATION STAGE AND TYPE OF BIRTH

	<i>Number of observations</i>	<i>Mean</i>	<i>Standard error</i>
Breed			
Criolla	20	856.1 ^b	28.1
Nubian*	19	1066.9 ^a	31.8
Celtiberic	14	745.0 ^c	35.9
Lactation stage			
1	33	1106.8 ^a	69.8
2	53	955.9 ^b	51.2
3	54	878.2 ^c	50.5
4	54	919.2 ^b	50.5
5	54	893.0 ^c	50.5
6	53	891.1 ^c	50.8
7	53	898.3 ^b	50.8
8	53	868.0 ^b	50.8
9	53	1014.6 ^a	50.8
10	53	911.3 ^b	50.8
11	51	936.5 ^b	51.1
12	50	998.3 ^b	51.4
13	49	779.5 ^d	52.2
14	49	775.0 ^d	52.6
15	6	514.5 ^e	158.4
Type of Birth			
Single	43	742.5 ^b	17.4
Twin	10	1036.2 ^a	37.9

Nubian goats had only single kiddings. Means with different letters per column indicate statistical differences ($P < 0.05$).

not have a significant effect; it seems that this effect is not important on milk production.^{34,35}

Interaction of breed × stage of lactation

As Figure 1 shows, the curve of milk production in Nubian does always exceeded the Criollo and Celtiberic during most part of the lactation. Only on weeks 9 and 10, the Criollo produced more milk than the Nubians. Also, the Criollo were always superior to the Celtiberics, except on the seventh week. On revised literature no studies were found where this type of interaction had been considered; it is possible that

Tipo de nacimiento

Las cabras con partos gemelares produjeron más leche ($1\,036.2 \pm 37.9$ g/d) que las de parto sencillo (742.5 ± 17.4 g/d). Esta mayor producción de leche, las primeras en comparación con las segundas, se debe al estímulo que ejercen dos crías en comparación con solamente una, que succionan más la leche materna, como lo han informado también varios autores.³⁰⁻³³ El efecto del sexo de la cría, probado en un análisis preliminar solamente con cabras de parto sencillo no tuvo un efecto significativo; tal parece que este efecto no es importante en la producción de leche.^{34,35}

the reason is due to the unbalanced designs (unequal numbers within a subclass), the majority of the interactions have no great importance, since in a model with no interactions, the effects of the main factors are better estimated.³²

Lactation curves

Based on the parameters that appear on Table 3, the lactation curves were estimated for each breed. The curve's shape was different for the three breeds (Figure 2), this is explained by the magnitude and sign of the mentioned parameters.

Breed is a factor that influences the lactation curve parameters.^{24,36} Therefore, the magnitude of the parameters in this research differ both, from the ones registered in non-dairy goats, like the Guadalupe Criollo goats,²⁰ especially of dairy caprine breeds.^{25,27,37,38}

The peak of production and the day of occurrence of such value were 0.848 kg on day 16, 1.175 kg on day 3 and 0.806 kg on day 25 for Criollo, Nubian and Celtiberics, respectively. In dairy goats higher productions have been found (in the range of 2.0 to 4.5 kg) and later days (40 to 60 days).^{24,25,27} The results of a

Interacción raza × etapa de lactancia

Como se observa en la Figura 1, la curva de producción de leche de las cabras Nubia superó siempre a la de las Criollas y Celtibéricas durante la mayor parte de la lactancia. Sólo en las semanas nueve y diez, las Criollas produjeron más leche que las Nubias. Asimismo, las Criollas siempre fueron superiores a las Celtibéricas, excepto en la séptima semana. En la literatura revisada no se encontraron trabajos en que se haya considerado este tipo de interacción; es posible que el motivo se deba a que en diseños desbalanceados (números desiguales dentro de subclase), la mayoría de las interacciones no tienen gran importancia, pues en un modelo sin interacciones se estiman mejor los efectos de los factores principales.³²

Curvas de lactancia

Con base en los parámetros que aparecen en el Cuadro 3, se estimaron las curvas de lactancia para cada raza. La forma de las curvas fue diferente para las tres razas (Figura 2), ello se explica por la magnitud y signo de dichos parámetros.

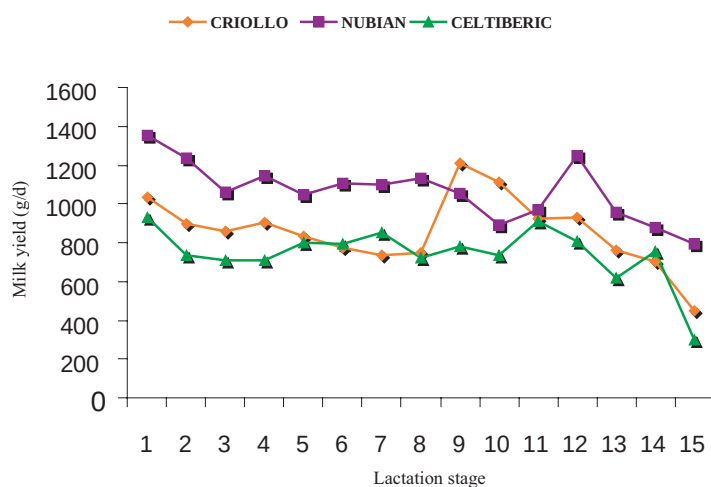


Figura 1: Efecto de la interacción raza × etapa de lactancia en la producción de leche de tres razas caprinas en el trópico seco de Guerrero.

Figure 1: Effect of the breed × lactation stage interaction on the milk production of three goat breeds in the dry tropic of Mexico.

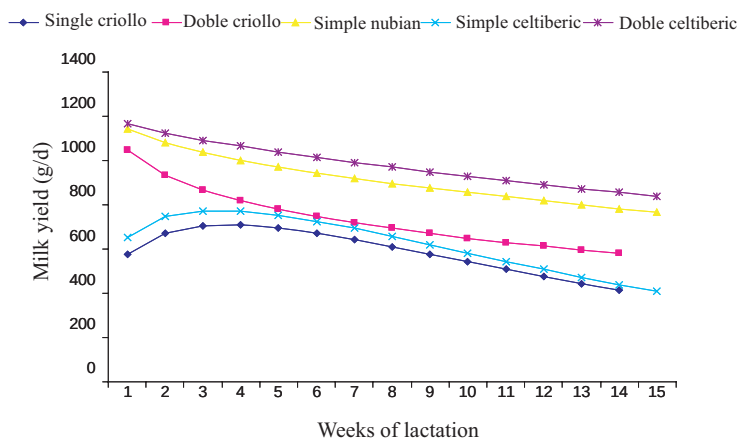


Figura 2: Curvas de lactancia de cabras Criollas, Nubias y Celtibéricas según tipo de nacimiento.

Figure 2: Lactation curves of Criollo, Nubian and Celtiberic goats according to type of birth.

Cuadro 3

MEDIAS ESTIMADAS DE LOS PARÁMETROS DE LAS CURVAS DE LACTANCIA DE TRES RAZAS
CAPRINAS DEL TRÓPICO SECO DE MÉXICO, DE ACUERDO CON EL MODELO DE WOOD
ESTIMATED MEANS OF THE LACTATION CURVE PARAMETERS OF THREE GOAT BREEDS IN
THE DRY TROPIC OF MEXICO, ACCORDING TO THE WOOD MODEL

<i>Breed</i>	<i>Parameter</i>	<i>Mean</i>	<i>Standard error</i>
Criollas	lna **	7.081	0.161
	a ***	0.848	0.092
	b †	0.271	0.056
	c ‡	-0.017	0.002
Nubian*	ln a	7.058	0.162
	a	1.162	0.097
	b	-0.057	0.004
	c	-0.017	0.002
Celtiberic	ln a	6.595	0.218
	a	0.806	0.138
	b	0.372	0.233
	c	0.015	0.009

*Goats with only one single birth.

** Natural logarithm of "a".

*** Parameter which represents a factor of scale at the beginning of lactation.

† Parameter which represents the limit declination of the curve before the peak of lactation.

‡ Parameter which represents the limit declination of the curve after the peak of lactation.

research with Criollo goats in Yucatan indicated that the does from three to five kiddings reached the peak of production on the third week, the ones with two births at the fifth week and with one birth at the sixth week.³⁹

Factors that influence the parameters of the lactation curve

The results on model 1 indicated significant influences ($P < 0.05$) of breed and type of birth for parameter "a" and of breed for parameter "b".

Gipson and Grossman²⁴ mentioned that breed affected the scale of the curve, kidding affects as much the scale as the form, the birth season mainly affects the shape, while the level of production affects the scale as much as the shape. The results of a research with several genetic groups of goats in Mexico²⁵ showed that the genetic group, the season of the birth and the age of the doe mainly affected the shape of the lactation curve. In this context, a research in Spain²⁷ showed that the effect of kidding in Verata goats influenced the counting of somatic cells of milk. In crossbred of Galla and east African with Toggenburg and Nubians,³⁷ it was found that the three parameters

La raza es un factor que influye en los parámetros de la curva de lactancia.^{24,36} Así, la magnitud de los parámetros en este trabajo difiere tanto de los que se han registrado en cabras no lecheras, como en los que se ha trabajado con cabras Criollas de Guadalupe,²⁰ y sobre todo de razas caprinas lecheras.^{25,27,37,38}

El pico de producción y el día de ocurrencia de dicho valor fueron 0.848 kg el día 16, 1.175 kg el día 3 y 0.806 kg el día 25 para las cabras Criollas, Nubias y Celtibéricas, respectivamente. En cabras lecheras se han encontrado producciones mayores (en el rango de 2.0 a 4.5 kg) y días más tardíos (40 a 60 días).^{24,25,27} Los resultados de un trabajo con cabras Criollas en Yucatán indicaron que las cabras de tres a cinco partos alcanzaron el pico de producción en la tercera semana, las de dos partos a la quinta semana y las de un solo parto a la sexta semana.³⁹

Factores que influyen en los parámetros de la curva de lactancia

Los resultados del modelo 1 indicaron influencias significativas ($P < 0.05$) de raza y tipo de nacimiento para el parámetro "a" y de raza para el parámetro "b".

Gipson y Grossman²⁴ mencionaron que la raza

of the curve were affected by breed, season of kidding and the age of the doe. In Dwarf African goat⁴⁰ the vegetation and the year of kidding affected the parameters of the curve. On the other hand, Williams,⁴¹ with White British goats, found that the farm affected the three parameters of the curve; kidding affected parameter "a" and the season of the birth affected parameter "c".

It is concluded that the breed, stage of lactation, type of birth and breed interaction $\times$ lactation stage were significant sources of variation on the milk production of the evaluated genetic groups under the conditions of the research. Likewise, differences exist in the shape of the lactation curve between the three breeds of studied goats, in virtue of the magnitude and sign of the curve parameters. The effects of breed and type of birth had significant influence in parameters "a" and "b" of the curve. The previous should be considered when designing genetic improvement programs for goats and handling in general in these regions. Besides, it is advisable to perform a research on the quality of the milk components in these same breeds.

Referencias

1. Devendra C. The role of goats in food production systems in industrialized and developing countries. Proceedings of the IV International Conference on Goats; 1987 July 14-19; Brasilia (Brazil), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, 1987: 3-40.
2. Devendra C. Small ruminants: imperatives for productivity enhancement, improved likelihoods and rural growth- A review. Asian-Aust J Anim Sci 2001; 14: 1483-1496.
3. Devendra C, Burns M. Goat Production in the Tropics. CAB. Slough, UK. 1983.
4. Pittroff W. Perspectives for goat production. Memoria de la XIX Reunión Nacional sobre Caprinocultura; 2004 octubre 13-15; Acapulco (Guerrero) México. Iguala (Guerrero) México: Asociación Mexicana de Producción Caprina, A C, 2004: 28-43.
5. Arbiza A S I. Situación actual de los recursos genéticos caprinos en México. Memoria del Tercer Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: Ganadería Ovina, Caprina, Porcina, Avícola, Apícola. Equina y de Lidia; 1998 agosto 27-28; México (D.F.). México (DF): SAGAR, 1998: 108-119.
6. Herrera H J G. La cabra Criolla en México: generalidades y propuesta de un programa de selección. Memoria de la XIV Reunión Nacional sobre Caprinocultura; 1999 septiembre 6-8; Montecillo (Edo. de México) México. Texcoco (Edo. de México) México: Asociación Mexicana de Producción Caprina, A C, 1999: 1-15.
7. Martínez R R D, Gutiérrez V R. Manejo reproductivo de los rebaños caprinos en el trópico seco del norte de Guerrero. Memoria de la XIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura; 1998 octubre 21-23; San Luis Potosí

afecta la escala de la curva, la paridad afecta tanto la escala como la forma, la estación de parto afecta principalmente la forma, mientras que el nivel de producción afecta tanto la escala como la forma. Los resultados de un trabajo con varios grupos genéticos de cabras en México²⁵ mostraron que el grupo genético, la estación de parto y la edad de la cabra afectaron principalmente la forma de la curva de lactancia. En este contexto, un estudio en España²⁷ mostró que el efecto de la paridad en cabras Verata influyó en los conteos de células somáticas de la leche. En cruza de cabras Galla y East African con Toggenburg y Nubias,³⁷ se encontró que los tres parámetros de la curva fueron afectados por raza, año, estación de parto y edad de la madre. En cabras Enanas Africanas⁴⁰ la vegetación y el año de parto afectaron los tres parámetros de la curva. Por otro lado, Williams,⁴¹ con cabras blancas Británicas, encontró que el efecto de granja afectó los tres parámetros de la curva; la paridad afectó el parámetro "a" y la estación de parto afectó el parámetro "c".

Se concluye que la raza, etapa de lactancia, tipo de nacimiento e interacción raza $\times$ etapa de lactancia fueron fuentes significativas de variación en la producción de leche a los grupos genéticos evaluados bajo las condiciones de estudio. Asimismo, existen diferencias en la forma de la curva de lactancia entre las tres razas de cabras estudiadas, en virtud de la magnitud y signo de los parámetros de las curvas. Los efectos de raza y tipo de nacimiento tuvieron influencia significativa en los parámetros "a" y "b" de la curva. Lo anterior debe considerarse al diseñar programas de mejoramiento genético de cabras y de manejo en general en estas regiones. Además, es recomendable hacer estudios sobre calidad de los componentes de la leche en estas mismas razas.

(San Luis Potosí) México: Asociación Mexicana de Producción Caprina, A C, 1998: 193-194.

8. Martínez R R D. La cabra Criolla de los Valles Centrales del norte de Guerrero, México. Características fenotípicas. Memoria del V Congreso Iberoamericano de Razas Autóctonas y Criollas; 2000 noviembre 28 - diciembre 1; La Habana (Cuba): Asociación Cubana de Producción Animal, A C; 2000: 1-4.
9. Valladares E J A, Guevara G J, Carrillo P S, Brito G J L, Martínez R R D, Soto C R. La ganadería caprina en el Municipio de Cocula, Gro. Aspectos socioeconómicos y de comercialización. Cienc Agropecu FAUANL 1993; 6: 19-26.
10. Martínez R R D, Mastache L A A, Reyna S L, Valencia M J. Comportamiento reproductivo de tres razas caprinas bajo condiciones de trópico seco en Guerrero, México. Vet Méx 2005; 36: 147-157.
11. Sánchez G F, Montaldo H V. Recursos genéticos y sistemas de producción de caprinos en México. Memorias del Tercer Foro de Análisis de los Recursos Genéticos:

- Ganadería Ovina, Caprina, Porcina, Avícola, Apícola, Equina y de Lidia; 1998 agosto 27-28; México (DF). México (DF): SAGAR; 1998: 120-128.
12. Hadjipanayiotou M. The effect of type of suckling on the pre- and post-weaning lactation performance of Damascus goats and the growth rate of the kids. *J Agric Sci Camb* 1986; 107: 377-384.
 13. García E. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. (Para adaptarlo a la condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, México DF: UNAM, 1988.
 14. SAS. SAS/STAT User's Guide. Version 8.20. Cary (NC): SAS Institute Inc, 2001.
 15. Wood P D. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature Lond* 1967; 216:164.
 16. Montaldo H, Tapia G, Juárez A. Algunos factores genéticos y ambientales que influyen sobre la producción de leche y el intervalo entre partos en cabras. *Téc Pec Méx* 1981; 41: 32-44.
 17. Dickson U L, Torres H G, Becerril P C M, García B O. Producción de leche y duración de la lactancia en cabras (*Capra hircus*) Alpinas y Nubias importadas a Venezuela. *Vet Méx* 2000; 31: 21-31.
 18. Cruz P E, Martínez S P, Ríos J G. Producción de leche en cabras Nubio × Criollo, Alpino × Criollo y Criollo en estabulación. *Prod Anim en Zonas Áridas y Semiáridas* 1985; 4: 19-26.
 19. García B O, García B E, Bravo J, Bradford E. Análisis de un experimento de cruzamiento usando caprinos criollos e importados. VII. Producción de leche y evaluación de grupos raciales. *Rev Fac Agron (LUZ)* 1996; 13: 611-625.
 20. Alexandre G, Aumont G. Milk production traits of Creole goats, the meat breed of Guadeloupe (FWI). Proceedings of the VI International Conference on Goats; 1996 May 6-11; Beijing (China), Beijing (China): International Academic Publishers, 1996: 346-349.
 21. Manterola B H. Situación actual y perspectivas de la producción de leche y quesos con rumiantes menores en Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Animal. Universidad de Chile, Santiago de Chile: Folleto Técnico Ganadero, 1999(25).
 22. Martínez R R D, Torres H G, Mastache L A A, Rubio R M, Sánchez de la R I, González A H *et al.* Caracterización de un rebaño caprino criollo Celtibérico en el trópico seco del estado de Guerrero. Memorias de la XIX Reunión Nacional sobre Caprinocultura; 2004 octubre 13-15; Acapulco (Guerrero) México. Iguala (Guerrero) México: Asociación Mexicana de Producción Caprina, A C, 2004: 232-236.
 23. Alonso M A. Raza Blanca Celtibérica. En: Esteban M C, Tejón T D, editores. Catálogo de Razas Autóctonas Españolas. I. Especies Ovina y Caprina. Ministerio de Agricultura. Madrid, España: Dirección General de la Producción Agraria; 1980: 145-149.
 24. Gipson T A, Grossman M. Lactation curves in dairy goats: a review. *Small Rum Res* 1990; 3: 383-396.
 25. Montaldo H, Almanza A, Juárez A. Genetic group, age and season effects on lactation curve shape in goats. *Small Rum Res* 1997; 24: 195-202.
 26. Kala S N, Prakash B. Genetic and phenotypic parameters of milk yield and milk composition in two Indian goat breeds. *Small Rum Res* 1990; 3: 475-484.
 27. Rota A M, Gonzalo C, Rodríguez P L, Rojas A I, Martin L, Tovar J J. Effects of stage of lactation and parity on somatic cell counts in milk of Verata goats and algebraic models of their lactation curves. *Small Rum Res* 1993; 12: 211-219.
 28. Zygoyiannis D. A study of genetic and phenotypic parameters for milk yield and milk characteristics in indigenous and crossbred goats in Greece. *World Rev Anim Prod* 1994; 29: 19-28.
 29. Kala S N, Singh B, Prakash B. On the variation in milk yield at different stages of lactation in Jamnapari goats. *Int J Anim Sci* 1996; 11: 345-347.
 30. Mourad M. Effects of month of kidding, parity and litter size on milk yield of Alpine goats in Egypt. *Small Rum Res* 1992; 8: 41-46.
 31. Rabasco A, Serradilla J M, Padilla J A, Serrano A. Genetic and non-genetic sources of variation in yield and composition of milk in Verata goats. *Small Rum Res* 1993; 11: 151-161.
 32. Crepaldi P, Corti M, Cicogna M. Factors affecting milk production and prolificacy of Alpine goats in Lombardy (Italy). *Small Rum Res* 1999; 32: 83-88.
 33. Kominakis A, Rogdakis E, Vasiloudis Ch, Liaskos O. Genetic and environmental sources of variation of milk yield of Skopelos dairy goats. *Small Rumin Res* 2000; 36: 1-5.
 34. Zygoyiannis D, Katsaounis N. Milk yield and milk composition of indigenous goats (*Capra prisca*) in Greece. *Anim Prod* 1986; 42: 365-374.
 35. Gokhale S B, Rathor B G, Wadher M H, Sharma M S, Rangnekar D V. Effect of non-genetic factors on milk production of rural goats. *Indian J Anim Sci* 1997; 67: 698-702.
 36. Torres H G, Díaz R P, Ortega J E. Aspectos genéticos y ambientales en modelos que caracterizan la curva de lactancia en cabras. Memoria de la XVIII Reunión Nacional sobre Caprinocultura; 2003 octubre 8-10; Puebla (Puebla) México: Asociación Mexicana de Producción Caprina, A C; 2003: 249-265.
 37. Ruvuna F, Kogi J K, Taylor J F, Mkuu S M. Lactation curves among crosses of Galla and East African with Toggenburg and Anglo Nubian goats. *Small Rum Res* 1995; 16: 1-6.
 38. Fernandez C, Sanchez A, Garces C. Modeling the lactation curve for test-day milk yield in Murciano-Granadina goats. *Small Rum Res* 2002; 46: 29-41.
 39. Torres A J F, Magaña C J, Aguilar C A. Lactation curve of Criollo goats browsing native vegetation in Yucatan, Mexico. Proceedings of the VI International Conference on Goats; 1996 may 6-11; Beijing (China), International Academic Publishers, 1996: 401-402.
 40. Wahome R G, Carles A B, Schwartz. An analysis of the variation of the lactation curve of Small East African goats. *Small Rum Res* 1994; 15: 1-7.
 41. Williams J C. Influence of farm, parity, season and litter size on the lactation curve parameters of white British dairy goats. *Anim Prod* 1993; 57: 99-104.