

Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas de doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados*

Milk yield and reproductive performance of supplemented dual-purpose cows grazing tropical forages

Claudio Vite-Cristóbal** Rufino López-Ordaz** José Guadalupe García-Muñiz**
Rodolfo Ramírez-Valverde** Agustín Ruiz-Flores** Reyes López-Ordaz***

Abstract

The objective was to evaluate the genetic and environmental factors on milk yield (MY) and reproductive traits of 1/2 Holstein × 1/2 Zebu (HZ), 1/2 Brown Swiss(S) × 1/2 Z (SZ), and 3/4 S × 1/4 Z (3S1Z) crossbred cows. Lactation records (n = 90) of 30 crossbred cows, 10 of each racial group in three commercial dual-purpose farms of Veracruz, Mexico, were used. Total milk yield per cow per day (TMY), daily MY (DMY), calving interval MY (CIMY), peak milk yield (PMY), days to peak milk yield (DPMY), and lactation length (DL), were analyzed. The obtained results showed that the racial group did not influenced (P > 0.05) on any studied productive characteristics. Reproductive characteristics including age at first calving (AFC), days open (DO), calving interval (CI), were analyzed using survival analysis procedures. Results of the survival analyses showed F1 cows had better (P < 0.01) reproductive performance than 3S1C cows, with earlier AFC, both shorter DO and CI and earlier JCD. In conclusion, crossbred cows HZ, SZ, and 3S1Z grazing tropical forages supplemented with 18% CP concentrates had similar performance in DMY, MYL, PMY, DPMY, and DL. Holstein × Zebu crossbred cows showed higher reproductive ability than cows with Swiss genes. Results from this study suggest HZ crossbred cows as the most appropriate to produce milk in the tropical conditions of northern Veracruz.

Key words: MILK YIELD, DUAL-PURPOSE CATTLE, REPRODUCTION, SUPPLEMENTATION, TROPICAL FORAGES.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar los factores genéticos y ambientales que influyen en la producción de leche (PL) y el comportamiento reproductivo de grupos raciales cruzados 1/2 Holstein (H) × 1/2 Cebú (C), HC; 1/2 Suizo (S) × 1/2 C, SC; y 3/4 S × 1/4 C, 3S1C. La información analizada se obtuvo de 90 lactancias de 30 vacas, diez de cada uno de los grupos raciales en tres hatos de doble propósito en Veracruz, México. Las variables estudiadas incluyeron la PL por vaca por día (PLD), por lactancia (PTL), por día de intervalo entre partos (PLIEP), al pico de lactancia (PLMáx), días al pico de lactancia (TPLMáx) y duración de la lactancia (DL). Los resultados obtenidos indicaron que el grupo racial no influyó (P > 0.05) en ninguna de las características productivas estudiadas. Las variables reproductivas, incluyendo la edad al primer parto (EPP), los días abiertos (DA) y el intervalo entre partos (IEP), se evaluaron por análisis de sobrevivencia. Los resultados del análisis de sobrevivencia indicaron que las vacas F1 presentaron comportamientos reproductivos mejores que las 3S1C, con menores EPP, DA e IEP. En conclusión, las vacas HC, SC, y 3S1C que consumieron en praderas tropicales, complementadas con concentrados con 18% de PC, mostraron comportamientos similares en la PLD, PLT, PLMáx, TPLMáx, y DL. Las vacas HC mostraron mayor habilidad reproductiva que las vacas con genes de Suizo. Los resultados observados sugieren la posibilidad de usar los grupos raciales HC como los más apropiados para producción de leche en el norte de Veracruz.

Palabras clave: PRODUCCIÓN DE LECHE, REPRODUCCIÓN, BOVINOS DE DOBLE PROPÓSITO, COMPLEMENTACIÓN, PRADERAS TROPICALES.

Recibido el 20 de marzo de 2006 y aceptado el 19 de septiembre de 2006.

*Este estudio forma parte de la tesis profesional del primer autor.

**Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5, Carretera México-Texcoco, Chapingo, México, 56230, Tel.: 01-595-95-216-21, Fax: 01-595-95-216-21.

***Departamento de Genética y Estadística de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D. F., correo electrónico: rlopez@correo.chapingo.mx

Introduction

The deficiency in the internal supply of milk and the growing demand of the product by the Mexican population suggest the search for alternatives to increase the volume of milk yield. An alternative might be crossbreeding of *Bos indicus* (Brahman, Gyr and Nelore) with dairy breeds *Bos taurus* (Holstein, Swiss and Jersey) in the nation's tropics. The advantage of these breeds have been confirmed in several previous studies in Mexico¹⁻³ and in the world.⁴⁻⁷ For example, Acharya⁸ indicated that cows from crossbreeding between *Bos indicus* with American Swiss, Holstein and Jersey breeds produced 265% more milk, calved three months earlier, reduced the interval between calving by 30%, increased the feed intake of dry matter (DM) by 8% and decreased the dry period by 234%, compared to the local breeds.

In addition to the aforementioned, Mexican livestock use approximately 110 million ha, of which 28.3% correspond to tropical areas with forages for producing meat and milk in dual-purpose systems (DPS).^{9,10} Nevertheless, forage production depends on its management and climatic conditions. The climate effect is expressed as a reduction in the quality of forages, mainly, during the dry season; as a consequence, the animals reduce feed intake, which negatively influences the obtained products. The drop off in production has a direct impact on productive performance and the sustainability of the DPS.

The optimization and sustainability of the commercial DPS depend on the effectiveness of breeds used and the ability to harvest the required nutrients to efficiently produce meat and milk. Nevertheless, the information on the evaluation of crossbred cattle (*Bos taurus* × *Bos indicus*) that consume tropical forages supplemented with concentrates is still scarce. Based on this, the aim of the present study was to evaluate the genetic and environmental factors that determine milk yield (MY), and the reproductive performance of the dairy cattle crossbred ½ Holstein (H) × ½ Zebu (Z), HZ; ½ Swiss (S) × ½ Z, SZ; and ¾ S × ¼ Z, 3S1Z which consume tropical forages complemented with concentrates.

Material and methods

Animals and management

The present study was based on data obtained from January 2000 to December of 2002 from 90 complete lactations of 270 days, from HZ, SZ, and 3S1Z cows with 30 lactations per breed crosses of three cattle farms in north Veracruz. Two of these ranches belong to the municipality of Ozuluama and one to Ixcatepec.

Introducción

Debido a la insuficiencia en el abasto interno de leche y a la creciente demanda del producto por la población mexicana es necesario buscar alternativas para incrementar el volumen de leche producido. Una alternativa puede ser la producción de leche utilizando animales *Bos indicus* (Brahman, Gyr, Nelore) en cruzamiento con razas lecheras *Bos taurus* (Holstein, Suizo, Jersey) en los trópicos nacionales. La ventaja de esos grupos raciales ha sido confirmada en varios estudios previos en México¹⁻³ y en el mundo.⁴⁻⁷ Por ejemplo, Acharya⁸ indicó que las vacas obtenidas del cruzamiento entre razas *Bos indicus* con Suizo Americano, Holstein y Jersey produjeron 265% más leche, parieron tres meses más temprano, redujeron el intervalo entre partos en 30%, incrementaron el consumo de materia seca (MS) en 8% y acortaron el periodo seco en 234%, comparadas con las razas locales.

En adición a lo anterior, la ganadería mexicana aprovecha aproximadamente 110 millones de ha, de las cuales 28.3% corresponde a las áreas tropicales, que en su mayoría están cubiertas de forrajes para producir carne y leche en los sistemas de doble propósito (SDP).^{9,10} Sin embargo, la producción de forrajes depende de su manejo y de las condiciones climáticas. El efecto del clima se manifiesta en una reducción en la calidad de los forrajes, principalmente durante la estación seca; como consecuencia, los animales reducen el consumo de nutrientes, lo que influye negativamente en los productos obtenidos. La reducción en la producción tiene un impacto directo en la eficiencia productiva y la sostenibilidad de los SDP.

La optimización y la sostenibilidad de los SDP comerciales dependen de la efectividad de los grupos raciales utilizados y de su habilidad para cosechar los nutrientes requeridos para producir carne y leche eficientemente. Sin embargo, la información sobre la evaluación de grupos raciales cruzados (*Bos taurus* × *Bos indicus*), que consumen forrajes tropicales complementados con concentrados, es todavía escasa. Con base en lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron: evaluar los factores genéticos y ambientales que determinan la producción de leche (PL), y el comportamiento reproductivo de los bovinos lecheros cruzados ½ Holstein (H) × ½ Cebú (C), HC; ½ Suizo (S) × ½ C, SC; y ¾ S × ¼ C, 3S1C que consumen gramíneas tropicales complementadas con concentrados.

Material y métodos

Animales y manejo

El presente estudio se realizó con datos obtenidos de

Ozuluama has 21°40" North latitude and 97°51" West longitude coordinates and is a warm sub-humid climate with summer rains. Ixcatepec is located on coordinates 21°14" North latitude and 98°00" West longitude; and has semi-warm and sub-humid climate with summer rains.¹¹

The information was obtained from three herds of 68, 64 and 74 adult cows in production, respectively, with the addition of balanced feed while milking, artificial insemination and two milkings per day, belonging to the breed crosses HZ, SZ and 3S1C. The herds were selected from 13 farms and each group had more than six generations of selection and breeding *inter se* of ½ Holstein × ½ Zebu and ½ Swiss × ½ Zebu. The distribution of females ½ Holstein × ½ Zebu, ½ Swiss × ½ Zebu and ¾ Swiss × ¼ Zebu was similar in each farm, with the special feature that one of the researched breed crosses predominated in some herds. The productive records with more than 270 days of lactation or less and cows of other breeds were not considered in the final analysis.

The cows were milked twice a day (6:00 to 8:00 and 17:00 to 19:00 hours). The nutritional management of the lactating cows consisted of rotational grazing of tropical forages. The rotation of animals in the paddocks and the supply of concentrates were performed daily. The commercial concentrate offered consisted of 18% crude protein and 1.65 Mcal/kg of net energy for lactation (NE_L). The concentrate assignment was corrected weekly based on cow production, assigning one kilogram of feed for each 3.0 kg of produced milk on the moment of registration. In the three farms, the feeding base was Pangola (*Digitaria decumbens*), Señal (*Brachiaria decumbens* cv. Señal), Bermuda (*Cynodon dactylon*), Taiwan (*Penisetum purpureum* Schum var. Taiwan), African Star (*Cynodon nlemfuensis*), Guinea (*P. maximum*), and native Gramas (*Paspalum* spp and *Axonopus* spp). The reproductive management of the herds consisted of continuous mating with the use of artificial insemination (AI). The reproductive activities and the (MY) were recorded daily.

The producers have started in 1994, with the acquisition of Z heifers and cows (mainly Brahman) and S. The founder herds were formed by buying sires and heifers from local breeders. Starting in 1994, mating was done between animals of the same breed and among breeds. Mating of the animals was performed by AI of Holstein, Swiss and Zebu bulls semen with registered pedigrees. In the past years (1999 to 2003) AI was intensely used utilizing semen from bulls with registered pedigree from the National Commission for the Genetic Improvement and the Animal Reproduction, C. A. Such fact has enabled the existence of breed crosses with different proportions of each of the three breeds studied.

enero del 2000 a diciembre del 2002 de 90 lactancias completas de 270 días de vacas HC, SC, y 3S1C con 30 lactancias por grupo racial de tres ranchos ganaderos en el norte de Veracruz. De estos ranchos, dos se encuentran en el municipio de Ozuluama y uno en Ixcatepec. Ozuluama tiene las coordenadas 21°40" de latitud Norte y 97°51" de longitud Oeste, y cuenta con un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Ixcatepec se localiza en las coordenadas 21°14" de latitud Norte y 98°00" de longitud Oeste, y tiene un clima semicálido y subhúmedo con lluvias en verano.¹¹

La información estudiada se obtuvo de tres hatos con 68, 64 y 74 vacas adultas en producción, respectivamente, con la adición de alimento balanceado durante el ordeño, inseminación artificial y dos ordeños por día, perteneciente a los grupos raciales HC, SC y 3S1C. Los hatos fueron seleccionados de 13 ranchos y cada grupo tiene más de seis generaciones de selección y apareamiento *inter se* de ½ Holstein × ½ Cebú y ½ Suizo × ½ Cebú. La distribución de hembras ½ Holstein × ½ Cebú, ½ Suizo × ½ Cebú y ¾ Suizo × ¼ Cebú fue similar para cada rancho, con la particularidad que alguno de los grupos raciales estudiados predominó en alguno de los hatos. Los registros productivos con más de 270 días de lactancia o menores y las vacas de otros grupos raciales no fueron considerados en el análisis final.

Las vacas se ordeñaban dos veces por día (6:00 a 8:00 y de 17:00 a 19:00 horas). El manejo nutricional de las vacas lactantes consistió en el pastoreo rotacional de gramíneas tropicales. La rotación de los animales en los potreros y el suministro de concentrados fueron realizados diariamente. El alimento concentrado comercial ofrecido fue de 18% de proteína y 1.65 Mcal/kg de energía neta de lactancia (EN_L). La asignación de concentrado fue corregida semanalmente con base en la producción por vaca, asignando un kilogramo de alimento por cada 3.0 kg de leche producida en el momento del registro. En los tres ranchos, la base de la alimentación fue el pastoreo de Pangola (*Digitaria decumbens*), Señal (*Brachiaria decumbens* cv. Señal), Bermuda (*Cynodon dactylon*), Taiwán (*Pennisetum purpureum* Schum var. Taiwán), Estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*), Guinea común (*P. maximum*) y Gramas nativas (*Paspalum* spp. y *Axonopus* spp). El manejo reproductivo de los hatos consistió en empadre continuo, con el uso de inseminación artificial (IA). Las actividades reproductivas y la PL se registraron en forma individual diariamente.

Los productores iniciaron sus explotaciones en 1994, con la adquisición de vaquillas y vacas C (principalmente Brahman) y S. Los hatos fundadores se originaron comprando sementales y vaquillas a los criadores de registro de la región. A principios de 1994 se realizaron apareamientos entre animales de la

Statistical analysis

For the prediction of the lactation curves of individual cows the incomplete gamma function of Wood¹² was adjusted, utilizing the NLIN procedures of SAS.¹³

$$Y_t = at^b e^{-ct} \quad \text{Equation 1}$$

Where:

Y_t = The MY in the day t of lactation,

e = Base of natural logarithms,

a , b and c = Parameters of the equation to estimate.

The variables MY at the peak of milk yield (PMY) and days to peak milk yield (DPMY) for each cow were obtained from the parameters of Wood's equation¹² with the following expressions:

Milk production at peak of lactation

$$(PMY, \text{ kg}) = a \left(\frac{b}{c}\right)^b e^{-b} \quad \text{Equation 2}$$

Days to peak milk yield

$$(DPMY, \text{ days}) = \left(\frac{b}{c}\right) \quad \text{Equation 3}$$

Database contained the MY variables; per cow per day (DMY), per lactation (PLT), MY at peak of lactation (PMY), days to peak milk yield (DPMY), per day of calving interval (CI), lactation length (LL), age of first calving (AFC), and calving interval (CI). The individual PLT was adjusted to 270 days, removing from the model those inferior and superior lactations at 270 days of milking and was estimated using the interpolation method proposed by ICAR.¹⁴

Equation 4

$$PTL = I_0 * M_1 + I_1 * \left(\frac{M_1 + M_2}{2}\right) + I_2 * \left(\frac{M_2 + M_3}{2}\right) + I_{n-1} * \left(\frac{M_{n-1} + M_n}{2}\right) + I_n * M_n$$

Where:

M_1, M_2, \dots, M_n = MY (kg) in the day of record.

I_1, I_2, I_{n-1} = The intervals, in days, between the dates of record of MY.

I_0 = Interval, in days, between date of calving and the first date of MY record.

I_n = Interval, in days, between the last date of MY record and the date of dry.

The CI was estimated as the difference in days between the dates of consecutive calving. The DO were estimated as the difference in days between the dates of effective service and the past calving. The age at first calving (AFC) was estimated as the difference between the date of the first calving and the birth

misma raza y entre razas. El apareamiento de los animales se llevó a cabo mediante inseminación artificial con semen de toros Holstein (H), Suizo (S), y Cebú (C) de registro. En los últimos años (1999 a 2003), la IA se usó más intensamente utilizando semen de toros de registro de la Comisión Nacional para el Mejoramiento Genético y la Reproducción Animal, A. C. Esto favorece la existencia de grupos raciales con diferentes proporciones de cada una de las tres razas estudiadas.

Análisis estadístico

Para la predicción de las curvas de lactancia de vacas individuales se ajustó la función gamma incompleta de Word,¹² utilizando el procedimiento NLIN de SAS.¹³

$$Y_t = at^b e^{-ct} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Y_t = La PL en el día t de la lactancia,

e = Base de los logaritmos naturales,

a , b y c = Parámetros de la ecuación a estimarse.

Las variables PL al pico de lactancia (PLMáx) y días al pico de lactancia (TPLMáx) para cada vaca se obtuvieron a partir de los parámetros de la ecuación de Wood¹² con las siguientes expresiones:

Producción de leche al pico de lactancia

$$(PLMáx, \text{ kg}) = a \left(\frac{b}{c}\right)^b e^{-b} \quad \text{Ecuación 2}$$

Días al pico de producción

$$(TPLMáx, \text{ días}) = \left(\frac{b}{c}\right) \quad \text{Ecuación 3}$$

Con la base de datos se generaron las variables PL por vaca por día (PLD), por lactancia (PLT), PL al pico de lactancia (PLMáx), días al pico de lactancia (PLTMáx), por día de intervalo entre partos (PLIEP), duración de la lactancia (DL), la edad al primer parto (EPP), y el intervalo entre partos (IEP). La PLT individual se ajustó a 270 días, removiendo del modelo aquellas lactancias inferiores o superiores a los 270 días de ordeño, y se estimó utilizando el método de interpolación propuesto por el ICAR.¹⁴

Ecuación 4

$$PTL = I_0 * M_1 + I_1 * \left(\frac{M_1 + M_2}{2}\right) + I_2 * \left(\frac{M_2 + M_3}{2}\right) + I_{n-1} * \left(\frac{M_{n-1} + M_n}{2}\right) + I_n * M_n$$

Donde:

M_1, M_2, \dots, M_n = La PL (kg) en el día de registro.

date. The MY per day of interval between calving (CIMY) was estimated dividing LMY by CI. The LL corresponds to the days of milking and was generated as the interval between calving and the dry-off period dates.

Milk yield

The LMY, DMY, CIMY, PMY, DPMY, and LL were analyzed using the MIXED procedure of SAS.¹³ The model included the fixed effects of breed crosses, lactation number, calving year and the random effects of the farm and nested cow in breed crosses. The least square means for the principal effects and the interactions were obtained with the option LSMEANS. The option /DDFM=SATTERTH was used to calculate the approximate degrees of freedom for the factors that did not have exact proof. The Tukey test was used for the comparison of least square means. The non-significant interactions ($P > 0.05$) were removed from the model:

Equation 5

$$Y_{ijklmno} = \mu + R_i + G_j + L_k + AP_l + EP_m + V(RG)_n + e_{ijklmno}$$

Where:

μ = Common mean for all observations,

R_i = Fixed effect of the i -th farm ($i = 1, 2, 3$) ~ N ($0, \sigma^2_p$),

G_j = Fixed effect of the j -th breed cross of the cow ($j = 1, 2, 3$),

L_k = Fixed effect of the k -th lactation number ($k = 1, 2, 3$),

AP_l = Fixed effect of the l -th year of calving ($l = 2000, 2001, 2002$),

EP_m = Fixed effect of the m -th calving season ($m =$ spring, summer, autumn, winter),

$V(RG)_n$ = Random effect of the n -th cow ($n = 1, \dots, 30$) nested in the i -th farm and the j -th breed cross ~ NID ($0, \sigma^2_v$),

$e_{ijklmno}$ = Random error associated with each observation ~ NID ($0, \sigma^2_\rho$).

The AFC, DO, and CI were analyzed with LIFETEST procedures of SAS.¹³ The stratification variable was the breed of the cow. The LIFETEST procedure from SAS¹³ was adjusted using the Kaplan-Meier method (option METHOD = KM in the PROC statement) to obtain the mean of each of the modeled variables. Also, the option PLOTS (S) was used to obtain the distribution of the survival function (S) for the modeled reproductive variables. From the survival function the fault function was obtained from 1-S for the elaboration of the respective figures. The significant

I_1, I_2, I_{n-1} = Los intervalos, en días, entre las fechas de registro de PL.

I_0 = Intervalo, en días, entre la fecha de parto y la fecha primera del registro de PL.

I_n = Intervalo, en días, entre la última fecha de registro de PL y la fecha de secado.

El IEP se estimó como la diferencia en días entre las fechas de partos consecutivos. Los días abiertos (DA) fueron estimados como la diferencia en días entre las fechas de servicio efectivo y la del parto anterior. La edad al primer parto (EPP) se estimó como la diferencia entre las fechas del primer parto y la de nacimiento. La PL por día de intervalo entre partos (PLIEP) se estimó dividiendo la PLT entre el IEP. La DL corresponde a los días en ordeño y se generó como el intervalo entre las fechas de parto y secado de cada lactancia.

Producción de leche

La PTL, PLD, PLIEP, PLMáx, TPLMáx, y DL se analizaron utilizando el procedimiento MIXED de SAS.¹³ El modelo incluyó los efectos fijos de grupo racial, el número de lactancia, el año de parto y los efectos aleatorios de rancho y vaca anidada en grupo racial y rancho. Las medias de cuadrados mínimos para los efectos principales y las interacciones se obtuvieron con la opción LSMEANS. La opción /DDFM=SATTERTH se usó para calcular los grados de libertad aproximados para los factores que no tuvieron prueba exacta. La prueba de Tukey se utilizó para la comparación de medias de cuadrados mínimos. Las interacciones no significativas ($P > 0.05$) fueron removidas del modelo:

Ecuación 5

$$Y_{ijklmno} = \mu + R_i + G_j + L_k + AP_l + EP_m + V(RG)_n + e_{ijklmno}$$

Donde:

μ = Media común para todas las observaciones,

R_i = Efecto fijo del i -ésimo rancho ($i = 1, 2, 3$) ~ N ($0, \sigma^2_p$),

G_j = Efecto fijo del j -ésimo grupo racial de la vaca ($j = 1, 2, 3$),

L_k = Efecto fijo del k -ésimo número de lactancia ($k = 1, 2, 3$),

AP_l = Efecto fijo del l -ésimo año de parto ($l = 2000, 2001, 2002$),

EP_m = Efecto fijo de la m -ésima estación de parto ($m =$ primavera, verano, otoño, invierno),

$V(RG)_n$ = efecto aleatorio de la n -ésima vaca ($n = 1, \dots, 30$) anidada en el i -ésimo rancho y el j -ésimo grupo racial ~ NID ($0, \sigma^2_v$),

$e_{ijklmno}$ = error aleatorio asociado con cada observación ~ NID ($0, \sigma^2_\rho$).

effect of the difference between the survival curves of breeds which generate the LIFETEST of SAS¹³ was evaluated with Wilcoxon and Log-Rank.¹³

Results

Milk yield

The least square means of LMY, DMY, PMY, DPMY, CIMY and MY are presented in Table 1. The breed crosses did not influence LMY ($P > 0.05$). On the contrary, the analysis of the results showed the influence ($P < 0.05$) of the lactation number on LMY; the highest values of LMY were observed on the third, the intermediate in the second and the lowest in the first (Table 1).

The lactations number influenced ($P < 0.05$) DMY; the highest value was for the third lactation, interme-

La EPP, DA, y IEP se analizaron con el procedimiento LIFETEST de SAS.¹³ La variable de estratificación fue el grupo racial de la vaca. El procedimiento LIFETEST de SAS¹³ se ajustó usando el método de Kaplan-Meier (opción METHOD = KM en el enunciado PROC) para obtener la mediana de cada una de las variables modeladas. Además, la opción PLOTS (S) se utilizó para obtener la distribución de la función de sobrevivencia (S) para las variables reproductivas modeladas. A partir de la función de sobrevivencia se obtuvo la función de falla como 1-S para la elaboración de las figuras respectivas. El efecto significativo de las diferencias entre las curvas de sobrevivencia de grupos raciales que genera el procedimiento LIFETEST de SAS¹³ se evaluó con las pruebas de Wilcoxon y Log-Rank.¹³

Cuadro 1

MEDIAS DE CUADRADOS MÍNIMOS (\pm ERROR ESTÁNDAR) PARA PRODUCCIÓN DE LECHE TOTAL POR LACTANCIA (PTL, kg), PL POR DÍA DE LACTANCIA (PLD, kg), PL POR DÍA INTERPARTO (PLIEP, kg), PL EN EL PICO DE PRODUCCIÓN (PLMÁX, kg) Y DÍAS AL PICO DE MÁXIMA PRODUCCIÓN (PLTMÁX, días), Y LARGO DE LACTANCIA (DL, días) DE VACAS DOBLE PROPÓSITO

LEAST SQUARE MEANS (\pm STANDARD ERROR) FOR TOTAL MILK YIELD PER LACTATION (LMY, kg), MY PER DAY OF LACTATION (DMY, kg), MY PER DAY OF CALVING INTERVAL (CIMY, kg), MY AT PEAK OF PRODUCTION (PMY, kg) DAYS AT PEAK OF MAXIMUM PRODUCTION (DPMY, days), AND LENGTH OF LACTATION (LL, days) OF DUAL-PURPOSE COWS.

Item	LMY	DMY	PMY	DPMY	CIMY	LL
<i>Breed crosses¹</i>						
HZ	3519.0 \pm 235 ^a	12.5 \pm 0.9 ^a	15.4 \pm 2.5 ^a	35.0 \pm 10.6 ^a	10.2 \pm 0.7 ^a	284.8 \pm 34.0 ^a
SZ	3569.0 \pm 237 ^a	13.0 \pm 0.9 ^a	19.7 \pm 2.6 ^a	49.0 \pm 11.7 ^a	9.8 \pm 0.7 ^a	334.8 \pm 36.0 ^a
3S1Z	3396.0 \pm 259 ^a	11.3 \pm 0.9 ^a	17.0 \pm 2.3 ^a	44.5 \pm 11.0 ^a	9.4 \pm 0.8 ^a	355.8 \pm 32.2 ^a
<i>Number of lactation</i>						
First	2469.2 \pm 342 ^c	10.2 \pm 1.0 ^b	13.0 \pm 2.5 ^b	63.0 \pm 14.0 ^a	8.2 \pm 0.9 ^a	224.3 \pm 37.0 ^c
Second	3462.2 \pm 217 ^b	12.5 \pm 0.7 ^a	16.0 \pm 2.1 ^b	45.2 \pm 10.0 ^a	9.9 \pm 0.6 ^a	309.5 \pm 31.0 ^b
Third	4552.0 \pm 297 ^a	14.0 \pm 1.0 ^{ab}	23.3 \pm 2.4 ^a	20.3 \pm 9.0 ^a	11.2 \pm 0.8 ^a	441.6 \pm 35.2 ^a
<i>Calving year</i>						
2000	4125.2 \pm 285 ^a	13.0 \pm 0.9 ^a	20.3 \pm 2.3 ^a	29.2 \pm 12 ^a	10.3 \pm 0.8 ^a	423.0 \pm 34.0 ^a
2001	3604.3 \pm 206 ^a	12.5 \pm 0.7 ^a	18.3 \pm 2.0 ^a	39.6 \pm 9.8 ^a	10.0 \pm 0.6 ^a	325.0 \pm 30.8 ^b
2002	2754.0 \pm 387 ^a	11.2 \pm 1.2 ^a	13.5 \pm 2.7 ^a	59.5 \pm 16 ^a	9.0 \pm 0.7 ^a	221.0 \pm 39.4 ^c
<i>Calving season</i>						
Spring	3828.0 \pm 224 ^a	12.5 \pm 0.8 ^a	18.4 \pm 2.1 ^a	39.5 \pm 9.5 ^a	10.0 \pm 0.6 ^a	321.0 \pm 31.0 ^{ab}
Summer	3094.0 \pm 253 ^a	12.2 \pm 0.8 ^a	17.8 \pm 2.2 ^a	36.9 \pm 10.7 ^a	9.8 \pm 0.7 ^a	337.5 \pm 32.0 ^{ab}
Fall	3636.4 \pm 231 ^a	11.6 \pm 0.9 ^a	14.7 \pm 2.1 ^a	52.2 \pm 10.5 ^a	9.0 \pm 0.7 ^a	283.7 \pm 32.0 ^b
Winter	3419.2 \pm 245 ^a	12.7 \pm 0.8 ^a	18.5 \pm 2.1 ^a	42.4 \pm 9.6 ^a	10.3 \pm 0.6 ^a	358.2 \pm 30.7 ^a

¹ HZ = ½ Holstein ½ Zebu; SZ = ½ Suizo ½ Zebu; 3S1Z = ¾ Suizo ¼ Zebu.

^{a,b,c} Within column and effect, means with different letter are different ($P < 0.05$, Tukey).

diate for the second and the lowest for the first. The lactation number influenced ($P < 0.05$) DPMY; the highest values were observed in the third lactation, the intermediate in the second and the lowest in the first. The lactation number, the year and the calving season influenced ($P < 0.05$) LL. The LL was higher in the cows of the third lactation, intermediate in the second and the lowest in the first lactation cows. The most marked LL was in 2000, intermediate in 2001 and the shortest in 2002.

Reproductive performance

The survival analysis results for AFC are shown in Table 2. The AFC was different ($P < 0.05$) for the breed crosses studied. The breed cross 3S1Z showed the highest values, intermediate for SZ and the lowest values corresponded to HZ (Figure 1).

The medians for DO are shown in Table 2. The breed cross effect was significant ($P > 0.05$) for DO. The breed 3S1Z showed higher values, while the SZ and HZ breed crosses showed lower values (Figure 2).

The results for the CI are shown in Table 2. The CI was different ($P < 0.05$) for the breed cross studied. The breed cross 3S1Z showed higher values, while the SZ and HZ showed the lowest values (Figure 3).

Resultados

Producción de leche

Las medias de cuadrados mínimos de PTL, PLD, PLMáx, PLTMáx, PLIEP y DL se presentan en el Cuadro 1. El grupo racial no influyó en la PLT ($P > 0.05$). Por el contrario, el análisis de los resultados mostró la influencia ($P < 0.05$) del número de lactancia en la PLT; los valores más altos de PLT se observaron en la tercera lactancia, los intermedios en la segunda y los más bajos en la primera (Cuadro 1).

El número de lactancia influyó ($P < 0.05$) la PLD; el valor más alto fue para la tercera lactancia, intermedio para la segunda y el más bajo para la primera. El número de lactancia influyó ($P < 0.05$) en la PLMáx; los valores más altos se observaron en la tercera lactancia, los intermedios en la segunda y los más bajos en la primera. El número de lactancia, el año y la estación de parto influyeron ($P < 0.05$) la DL. La DL fue mayor en las vacas de tercera lactancia, intermedia en las de segunda y menor en las vacas de primera lactancia. La DL más pronunciada se presentó en 2000, fue intermedia en 2001 y más corta en 2002.

Cuadro 2

EFFECTO DEL GRUPO RACIAL EN LA EDAD AL PRIMER PARTO (meses), DÍAS ABIERTOS (días), E INTERVALO ENTRE PARTOS (días) DE VACAS CRUZADAS DE DOBLE PROPÓSITO

EFFECT OF BREED ON THE AGE OF FIRST CALVING (months), OPEN DAYS (days), AND CALVING INTERVAL (days) OF CROSSBRED DUAL -PURPOSE COWS

Breed crosses ¹	Median (days)	Confidence interval-95%	P > χ^2	
			Wilcoxon	Log Rank
<i>Age at first calving (months)</i>				
HZ	31.0	[27, 34]		
SZ	35.3	[32, 42]	0.0084	0.0022
3S1Z	39.2	[34, 46]		
<i>Open days (days)</i>				
HZ	71.0	[53, 130]		
SZ	83.0	[69, 123]	0.0001	< .0001
3S1Z	163.5	[117, 223]		
<i>Calving interval (days)</i>				
HZ	351.5	[328, 426]		
SZ	360.5	[347, 389]	0.0052	0.0022
3S1Z	414.5	[386, 528]		

¹ HZ = ½ Holstein ½ Zebu; SZ = ½ Suizo ½ Zebu; 3S1Z = ¼ Suizo ¼ Zebu.

Discussion

One of the alternatives to increase the national volume of milk may be the genetic improvement of the animals adapted to the tropic by crossbreeding with dairy European breeds. The most common crossbreeding was based on different origin Zebu breeds with European breeds like H and S.^{3,15-18} The potential genetic merit for MY of HZ varies from 1 000 to 3 800 kg of milk per lactation, in a vast range of environmental conditions.⁶ To reach such a goal it is a challenge for dual-purpose producers, based on the knowledge that the *Bos indicus* has shorter lactation periods and reproductively mature at lower rates than the European breeds *Bos taurus*.^{19,21} To overcome such a challenge, the DPS in tropical environments must incorporate germoplasm for MY in crossbreeding systems.⁶ The justification for the use of *Bos taurus* is the heterosis coming from crossbreeding of European breeds with native breeds.²²⁻²⁴

Villegas-Carrasco 1986 and Roman-Ponce, Her-

Comportamiento reproductivo

Los resultados del análisis de sobrevivencia para EPP se presentan en el Cuadro 2. La EPP fue diferente ($P < 0.05$) para los grupos raciales estudiados. El grupo racial 3S1C mostró los valores mayores, intermedios para SC y los valores más bajos correspondieron a HC (Figura 1).

Las medianas para los DA se presentan en el Cuadro 2. El efecto del grupo racial fue significativo ($P < 0.05$) para DA. El grupo racial 3S1C presentó valores más altos, mientras que los grupos raciales SC y HC tuvieron valores más bajos (Figura 2).

Los resultados para el IEP se presentan en el Cuadro 2. El IEP fue diferente ($P < 0.05$) para los grupos raciales estudiados. El grupo racial 3S1C mostró los valores más altos, mientras que los grupos raciales SC y HC mostraron los valores más bajos (Figura 3).

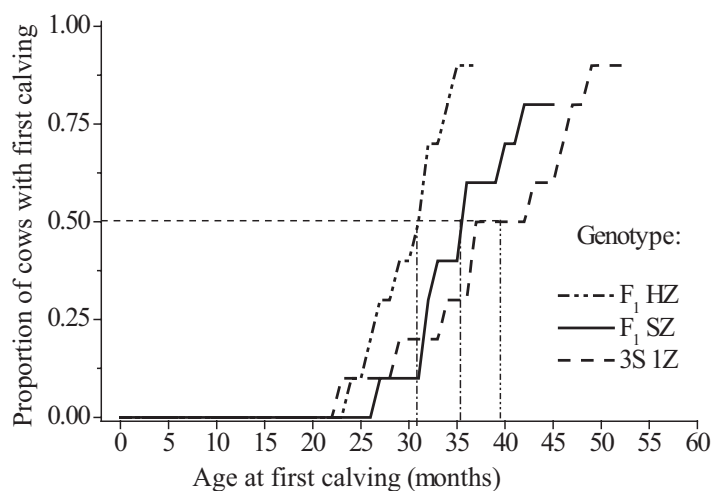


Figura 1: Curvas de falla para la edad al primer parto de vacas HC, SC y 3S1C.

Figure 1: Fault curves for age at first calving of HZ, SZ and 3S1Z cows.

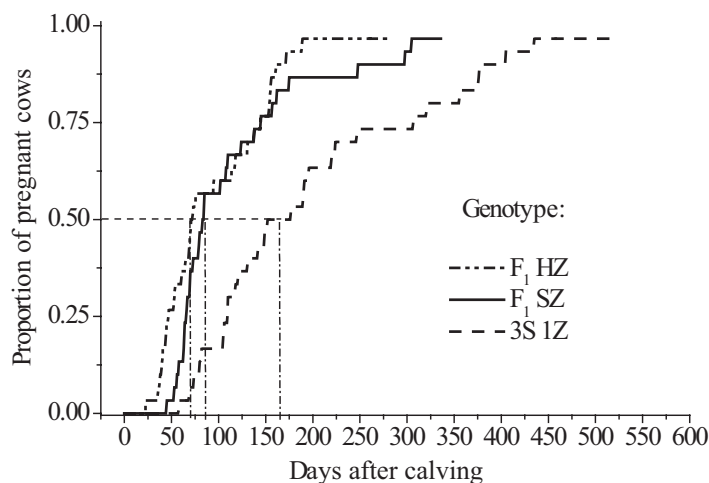


Figura 2: Curvas de falla de días abiertos de vacas HC, SC y 3S1C.

Figure 2: Fault curves of open days of HZ, SZ and 3S1Z.

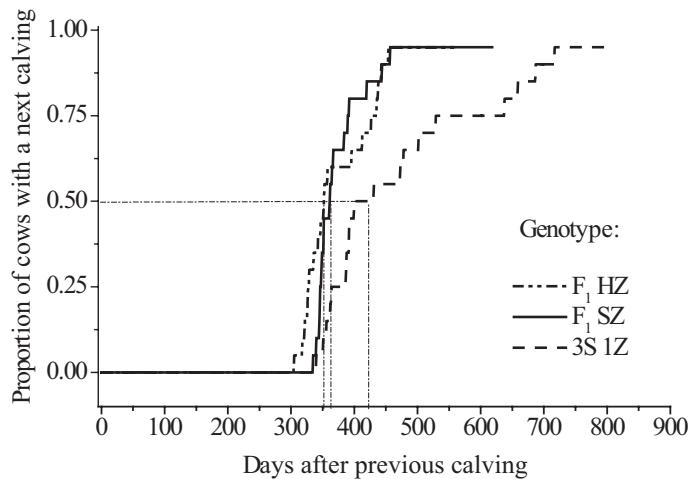


Figura 3: Curvas de falla para el intervalo entre partos de vacas HC, SC y 3S1C.

Figure 3: Fault curves for calving interval of HZ, SZ and 3S1Z cows.

nandez *et al.* and Madalena *et al.* suggest that the breed crosses of the cow positively influences the quantity of milk yield per day and by lactation. In the present study, no differences were observed in the LMY for HZ, SZ and 3S1Z (Table 1). This fact can be partially explained for two reasons. The first is related to the diversity of genes supplied by the Zebu sires with predominant Brahman influence and other unknown types of Zebu widely scattered in national tropics.^{4,10} The second, by the climatic conditions and the proper nutritional systems of each farmer. More specifically, the origin of the sires and their descendants do not guarantee the purity of the Zebu breeds used in the present study, even supposing the breeds were of similar weight and age, with concentrate consumption per lactation (1 150.6, 1 411.2 and 1 400.5 ± 175 kg per cow for breed crosses HZ, SZ and 3S1C, respectively) and similar management, the consumption of forages in the breed crosses studied was not quantified. Treviño *et al.*²⁷ evaluated the MY of Swiss, Holstein and HZ. The MY was of 8.63, 8.66 and 8.44 kg/day for the three breeds studied, respectively; the aforementioned explains that this was due to the management of the environmental conditions including intensive grazing forage, fertilization and irrigation.

Contrary to what was expected, the SZ animals showed MY similar to the 3S1Z. Such a response may be due to the animal management and concentrate use. Nevertheless, there is not a clear explanation of the difference. Cunningham and Syrstad²⁸ showed important increase in MY and CI when the bovine European gene fraction increased to 50%; after this level, the increases in CI were very light, without a clear trend in MY. The same results were observed in other tropical regions in similar conditions.⁵

As a unique case, the MY per lactation (3 495 ± 243 kg) was superior by three or four times to the

Discusión

Una de las alternativas para incrementar el volumen nacional de leche puede ser el mejoramiento genético de los animales adaptados al trópico en cruzamientos con razas lecheras europeas. Los cruzamientos más comunes se basaron en las razas cebuinas de orígenes diferentes con razas europeas como H y S.^{3,15-18} El mérito genético potencial para PL de HC varía de 1 000 a 3 800 kg de leche por lactancia, en una gama amplia de condiciones ambientales.⁶ El alcanzar dicho objetivo es un reto para los productores de doble propósito, basado en el conocimiento de que los animales *Bos indicus* tienen lactancias más cortas y maduran reproductivamente a tasas más bajas que las razas europeas *Bos taurus*.¹⁹⁻²¹ Para superar dicho reto, los SDP en ambientes tropicales deben incorporar germoplasma para PL en sistemas de cruzamientos.⁶ La justificación del uso de animales *Bos taurus* es la ventaja de la heterosis proveniente del cruzamiento de razas europeas con razas nativas.²²⁻²⁴

Villegas-Carrasco y Román-Ponce, Hernández *et al.* y Madalena *et al.* sugieren que el grupo racial de la vaca influye positivamente en la cantidad de leche cosechada por día y por lactancia. En el presente estudio no se observaron diferencias en la PLT con HC, SC y 3S1C (Cuadro 1). Este hecho puede explicarse parcialmente por dos razones. La primera está relacionada con la diversidad de genes proporcionados por los sementales cebuinos con influencia predominante de Brahman y otros tipos de Cebú desconocidos diseminados ampliamente en los trópicos nacionales.^{4,10} y la segunda, por las condiciones climáticas y los sistemas nutricionales propios de cada explotación. Más específicamente, el origen de los sementales y su progenie no garantizan la pureza de las razas cebui-

values of 1 110 and 1 131 liters of milk in dual-purpose herds.^{2,3,18,26} This fact explains itself because the DPS that is used in these three cattle farms is not the typical of the tropical zones studied. In the present study, only lactations of 270 days are included, the MY is the product of two milkings per day, without calf intervention and the addition of a commercial supplement, while the differences with the consulted literature are due to the fact that the DPS traditionally used in tropical zones has a wider lactation range, milking twice a day and the supply of concentrates are not a common practice.

From the consulted literature it can be concluded that HZ cows produce more milk compared to the breeds SZ and 3S1Z in the diverse tropical conditions studied.^{3,17,18,25,29} The explanation is based on the presence of genes from the specialized breeds such as Holstein joined with genes of adaptation to the environment transmitted by *Bos indicus*. On the contrary, in the present study, such superiority was not perceived. The explanation of non-superiority consists of the environmental improvement by the inclusion of concentrated supplements and the milking management without the calves which were components of the animal management in the present study and not in previous studies.

Milk yield is the result of the conjunction of cow's factors, the environment and management. Of the cow related factors, the age or physiological maturity greatly influence the quantity of collected milk. In the present study, the number of lactations influenced positively MY (Table 1). The third lactation cows were superior in 36% and 74%, compared to the second and first, respectively. The difference in the volume of milk is explained by the growth and major body development, jointly with the size of the gastrointestinal tract, bowel and larger mammary gland in older cows in comparison to younger cows. As it was indicated by Tucker,³⁰ the body growth in Holstein animals starts in fetal life and continues after the fourth calving, when the environment conditions and management allow it. Later, the animals use more nutrients for maintenance and other vital functions than growing. More clearly, as the animals reach the physiological maturity, most of vital organs keep growing in size and develop their vital functions until they reach an equivalent maturity threshold. The results obtained in the present experiment are similar to the previously observed by other researchers.^{16,25,31}

The climatic conditions influence the quantity of obtained milk in different ways. The direct way is by changing the animal metabolism by the high temperatures and indirectly determining the season of forage production.³²⁻³⁴ In the present experiment, the year of calving did not influence the quantity of milk

nas usadas en el presente estudio, y aun cuando los grupos raciales fueron de edad y peso similares, con consumos de concentrados por lactancia (1 150.6, 1 411.2 y 1 400.5 ± 175 kg por vaca para los grupos raciales HC, SC y 3S1C, respectivamente) y manejo similares, no se cuantificó el consumo de forrajes de los grupos raciales estudiados. Treviño *et al.*²⁷ evaluaron la PL de bovinos Suizos, Holstein y HC. La PL fue de 8.63, 8.66 y 8.44 kg/día para los tres grupos raciales estudiados, respectivamente; este resultado se debió al manejo de las condiciones ambientales: pastoreo intensivo, fertilización y riego.

Contrario a lo esperado, los animales SC presentaron PL similares a los 3S1C. Dicha respuesta puede deberse al manejo de los animales y a la inclusión de concentrados; sin embargo, no hay una explicación clara de la diferencia. Cunningham y Syrstad²⁸ mostraron incrementos importantes en PL e IEP cuando la fracción de genes europeos incrementó hasta 50%; después de este nivel, los incrementos en IEP fueron muy ligeros, sin una tendencia clara en PL. Los mismos resultados se han observado en otras regiones tropicales con condiciones similares.⁵

Como un caso único, la PL por lactancia (3 495 ± 243 kg) fue superior en tres o cuatro veces a los valores de 1110 y 1131 litros de leche en hatos de doble propósito.^{2,3,18,26} El hecho anterior se explica porque el SDP que se utiliza en los tres ranchos ganaderos no es el típico de las zonas tropicales estudiadas. En el presente estudio, se incluyen exclusivamente lactancias de 270 días, la PL es el producto de dos ordeños al día, sin apoyo del ternero y la adición de un complemento comercial, mientras que las diferencias con respecto a la literatura consultada se deben a que el SDP que tradicionalmente se maneja en las zonas tropicales tiene un rango más amplio de duración de la lactancia, no se ordeña dos veces al día y el suministro de concentrados no es una práctica común.

De la literatura consultada puede concluirse que las vacas HC producen más leche que los grupos raciales SC y 3S1C en las diversas condiciones tropicales estudiadas.^{3,17,18,25,29} La explicación se basa en la presencia de genes provenientes de razas especializadas como Holstein, asociados con genes de adaptación al ambiente proporcionados por *Bos indicus*. Contrariamente, en el presente estudio no se percibió dicha superioridad. La explicación de la no superioridad estriba en el mejoramiento del ambiente por la inclusión de complementos concentrados y el manejo del ordeño sin apoyo de los terneros; que fueron parte del manejo de los animales en el presente estudio y no en los estudios anteriores.

El volumen de la leche producida es el resultado de la conjunción de factores de la vaca, el ambiente y el manejo por el hombre. De los factores prove-

obtained. This fact is explained, at least partially, by the addition of concentrates that supplied sufficient additional nutrients which prevented the nutritional deficiencies produced by the environmental variations. As in other geographical areas, in the tropics, the calving season represents the conjunction of climate, management and animal factors. The season of the year represent the sum of meteorological events that are expressed in defined time lapses during a year.³⁵ The conjunction of elements that define the physical environment of a season from another might have a special connotation, depending on the dominance of one or another variable. For example, in tropical conditions, winter is associated with temperatures near 18°C, with rain and moderate winds which allow a metabolic well-being, appropriate for body growth and MY.^{32,33} In the present research, the season of the year did not influence LMY. The aforementioned is due to the addition of concentrates during the year, which eliminated the nutritional deficiencies and kept similar metabolic activities that allowed obtaining similar milk productions.

The breed crosses effect, and the season and year of the calving did not influence DMY. The lack of effect can be explained by the environmental variations ruling in the studied sites, as previously interpreted for the LMY. Also, the lack of effect of calving season and the year of calving, can be explained by the supply of concentrates, which eliminates some differences due to the insufficiency of feed which was provided to animals. The obtained results in the present study are contradicted to the ones observed in the literature for DPS in other tropical conditions where the HZ^{16,29,36} cows superiority has been showed in comparison to the SZ and 3S1Z.³⁷

The lactation number greatly influenced DMY. This effect is partially explained by the age differences, by growth and development of the organs associated with dry matter intake, the metabolism and the partition of nutrients for the milk production. The results obtained in the present study are supported by the previous studies of Galavis and Vasquez-Pelaez,³⁶ Hernandez-Reyes *et al.*¹⁶ and Osorio-Arce and Segura-Correa.³

The association of MY with the reproductive events and the economic indexes may be represented as the CIMY, DPMY and PMY (Table 1). In the present study no differences in breeds were observed in the lactation number, calving season and year of calving CIMY, DPMY, PMY. Only the PMY was affected by the lactation number.

In several studies, the influence of management on MY has been documented.^{6,38,39} The LL is a management practice where several factors are involved like: cow productivity, reproductive efficiency, health,

nientes de las vacas, la edad y la madurez fisiológica influyen grandemente en la cantidad de leche cosechada. En el presente estudio, el número de lactancias influyó positivamente en la PL (Cuadro 1). Las vacas de tercera lactancia fueron superiores en 36% y 74%, comparadas con las vacas de segunda y primera, respectivamente. La diferencia en el volumen de leche se explica por el crecimiento y desarrollo corporal mayor, conjuntamente con el tamaño del tracto gastrointestinal, las vísceras y la glándula mamaria mayores con respecto a las vacas más jóvenes. Como fue expresado por Tucker,³⁰ el crecimiento corporal de animales Holstein inicia durante la vida fetal y continúa hasta después del cuarto parto, cuando las condiciones ambientales y el manejo lo permiten. Posteriormente, los animales destinan más nutrimentos para mantenimiento y otras funciones vitales. Más claramente, conforme los animales van alcanzando la madurez fisiológica, la mayoría de sus órganos van también creciendo en tamaño y desarrollando sus funciones vitales hasta que alcanzan un umbral equivalente de madurez. Los resultados obtenidos en el presente experimento son similares a los observados previamente por otros investigadores.^{16,25,31}

Las condiciones climáticas influyen en la cantidad de leche obtenida de diferentes formas. Una forma directa es alterando el metabolismo del animal por las temperaturas altas, e indirectamente determinando la estacionalidad de la producción forrajera.³²⁻³⁴ En el presente experimento, el año de parto no influyó en la cantidad de leche obtenida. El hecho anterior se explica parcialmente por la adición de concentrados que suministraron nutrimentos adicionales y suficientes que evitaron las deficiencias nutrimentales por efecto de las variaciones ambientales. Como en otras áreas geográficas, en las tropicales la estación de partos representa la conjunción de factores climáticos y las condiciones de manejo de los animales. Las estaciones del año representan la suma de eventos meteorológicos que se expresan en tiempos definidos durante el año.³⁵ La conjunción de elementos que definen el ambiente físico de una temporada a otra puede tener una connotación especial, dependiendo de la dominancia de una u otra variable. Por ejemplo, en las condiciones tropicales, el invierno se asocia con temperaturas cercanas a 18°C, con precipitaciones y vientos moderados que permiten un bienestar metabólico apropiado para el crecimiento corporal y la PL.^{32,33} En el presente estudio, la estación del año no influyó en la PLT. Lo anterior se explica por la adición de concentrados durante el año, lo que eliminó las deficiencias de nutrimentos y mantuvo actividades metabólicas similares que permitieron obtener producciones de leche semejantes.

El efecto del grupo racial, la estación de parto y el

food availability, and space and quantity of replacements. The LL is also related with uncontrolled events like abortion, anticipated calving, flaws in drying and flaws in dates of calving.⁴⁰ Consequently, the LL is explained by open days, the length of gestation and the dry period. In the present study, the HZ, SZ, and 3S1Z showed similar LL. Such similitude can be explained by animal management practices in the studied herds. For example: the means of open days were of 71, 83 and 163 days for the HZ, SZ and 3S1Z animals, respectively. The highest value for the breed cross 3S1Z depends, mainly, on the mating or IA of exploitation. Another involved factor was the pregnancy duration, that although not analyzed, it was considered as a constant.⁴¹ The dry period also did not change among the studied breed crosses. Furthermore, in spite of the lack of forage consumption information, the concentrate use per day of lactation and during the complete lactation was similar in the studied breed crosses. The integration of the three components possibly influenced in the LL similitude.

The lactation number influenced LL. The LL was 30 and 50% superior for the cows of the third lactation compared to the second and first, respectively (Table 1). The superiority in favor of the older cows, can be explained by the difference in body size, consumption of concentrate per day and per lactation, and the greater ability of the older cows to produce milk.⁴¹ The cows of the third lactation consumed between 500 to 1 200 g more concentrate per day than the cows of second and first, respectively. Thus, in a similar way, the consumption per lactation was superior in 740 to 1 663 kg in the third lactation cows compared to the cows in the second and first, respectively.

The year of calving had important effects in the LL (Table 1). The longest lactations were observed in 2000, the intermediates in 2001 and the shortest in 2002. In a similar way, the year's season showed decisive effects in the LL. The effect of the year's season and the year of calving can be explained by the environmental variables from one year to another.³ For example, the dry matter availability and quality of forages vary from one year to another due to the effect of environmental temperature, light supply, fertilizer, availability of water and grazing management.⁴² In this case in particular, even though there was no precise information obtained, it is possible to suppose that environmental variation influenced LL.

The evaluation of dairy breeds has the aim to optimize the animal and natural resources to achieve the profitability and sustainability of the DPS in the tropical zones.^{6,28} Within the components of the system, the efficient management of the animal reproduction allows to optimize its profitability. The efficiency may be estimated by means of evaluating indicators

año de parto no influyeron en la PLD. La pérdida del efecto puede explicarse por las variaciones ambientales imperantes en los sitios estudiados, como fueron interpretados para la PLT anteriormente. Además, la pérdida del efecto de la estación de parto y del año de parto puede explicarse por el suministro de concentrados, que elimina algunas diferencias por la insuficiencia del alimento. Los resultados obtenidos en el presente estudio son diferentes a los observados en la literatura para SDP en otras condiciones tropicales, donde se ha demostrado la superioridad de las vacas HC,^{16,29,36} en comparación con las SC y 3S1C.³⁷

El número de la lactancia influyó grandemente en la PLD. Este efecto se explica parcialmente por las diferencias en edad, por el crecimiento y desarrollo de los órganos asociados con el consumo de alimento, el metabolismo y la partición de nutrimentos para la formación de leche. Los resultados obtenidos en el presente estudio son apoyados por los estudios previos de Galavis y Vásquez-Peláez,³⁶ Hernández-Reyes *et al.*¹⁶ y Osorio-Arce y Segura-Correa.³

La asociación de la PL con los eventos reproductivos y los indicadores económicos puede representarse como la PLIEP, la TPLMáx y la PLMáx (Cuadro 1). En el presente estudio no se observaron diferencias de los grupos raciales, en el número de lactancia, estación de parto y año de parto, PLIEP, PTLMáx y PLMáx. Únicamente la PLMáx fue afectada por el número de lactancia.

En varios estudios se ha documentado la influencia de las decisiones de manejo sobre la PL.^{6,38,39} La DL es una práctica de manejo donde se involucran varios factores, como la productividad de la vaca, la eficiencia reproductiva, la salud, la disponibilidad de alimentos, de espacios físicos, y la cantidad de reemplazos disponibles. Además, la DL se relaciona con eventos no controlados, como abortos, partos anticipados, fallas al secado y fallas en las fechas de pariciones.⁴⁰ Consecuentemente, la DL se explica por los días abiertos, la duración de la gestación y el periodo seco. En el presente estudio, los grupos raciales HC, SC y 3S1C mostraron DL similares. Dicha similitud puede explicarse por las prácticas de manejo de los animales en los hatos estudiados. Por ejemplo: las medianas de días abiertos fueron de 71, 83 y 163 días para los animales HC, SC y 3S1C, respectivamente. El valor más alto para el grupo racial 3S1C depende, principalmente, de los tiempos de empadre o IA de la explotación. Otro factor involucrado fue la duración de la gestación, que aunque no se analizó, se consideró como constante.⁴¹ El periodo seco tampoco varió entre los grupos raciales estudiados. Además, a pesar de la falta de información del consumo de forrajes, el consumo de concentrados por día de lactancia y durante la lactancia completa fue similar en los grupos raciales estudiados. La integra-

as AFC, the rate of conception, DO, and CI.⁴³⁻⁴⁸ The age of calving is the result of several associated factors with the speed of growth, puberty, mating or AI and the gene's nature.⁴⁷ In the DPS, where the start of the MY and meat production are equally important, the aim could be to obtain heifers which calved at 24 months. To obtain this, the heifers must reach puberty at 15 months of age. The aforementioned may constitute a challenge for the systems of production that use *Bos indicus* animals in climates with high temperatures. Commonly, the Zebu animals reach puberty later and may have physiological differences in growth and productive in relation to breeds with European ancestry.^{48,49}

In the present study, the survival analysis showed the influence of the breed crosses on AFC. The HZ cows had their first calving four and eight months before SZ and 3S1Z cows, respectively (Table 2). The difference can be attributed to the ability of fast growth given by Holstein breed genes and the adaptation strength given by the Zebu breed in tropical environment.^{19,20,31,50}

The DO is a management decision that greatly impacts the magnitude of the CI and the reproductive efficiency of tropical herds.^{50,51} The increase in the reproductive efficiency is related to the profitability and sustainability of the herds. In former studies it has been highlighted the importance of the right timing for the return of the cows to the ovaric activity after calving.^{38,51,52} Nevertheless, the DO can be affected by dystocia and placental retention, which has of greater incidence in dairy breeds.⁵¹ In the present study, the survival analysis showed that the breed crosses influenced in the number of DO. The HZ cows showed shorter calving intervals to conception by between 13 and 92 days compared to SZ and 3S1Z, respectively (Table 2). This result can be explained by two reasons: the first is related to the reproductive ability of Holstein cows, and the second by the effects of the concentrate complementation. The high availability of forages during spring and summer promoted a disorder in the energy balance of the cow for the day or night periods, or to the environmental temperature over the ovarian-hypophysis-hypothalamus effect.⁵² Supporting the aforementioned, in this study, calving was mainly distributed in spring and summer.

From the standpoint of productivity, the CI is an indicator of cost and the marginal gain of a cow per day of life in the herd. Basically, the CI depend on three components: the number of open days, the duration of gestation and dry period. Based on the fact that the duration of the gestation tends to be constant and the dry period is the function resulting from the management of the herd, the most influential element is the number of DO. De Alba *et al.*⁵³ and Duarte-Ortuño

ción de los tres componentes posiblemente influyó en la similitud de la DL.

El número de lactancia influyó en la DL. La DL fue 30% y 50% superior en vacas de segunda y primera lactancia, respectivamente, comparada con la de vacas de tercera lactancia (Cuadro 1). La superioridad en favor de las vacas con mayor edad puede explicarse por las diferencias en tamaño corporal, el consumo de concentrado por día y por lactancia, y la mayor habilidad de las vacas más viejas para producir leche.⁴¹ Las vacas de tercera lactancia consumieron 500 y 1200 g más de concentrados por día que las vacas de segunda y primera, respectivamente. De manera similar, el consumo por lactancia fue superior en 740 y 1 663 kg en las vacas de tercera lactancia, comparado con el de las vacas de segunda y primera, respectivamente.

El año de parto tuvo efectos importantes en la DL (Cuadro 1). Las lactancias más prolongadas se observaron en 2000, las intermedias en 2001 y las más cortas en 2002. Similarmente, la estación del año mostró efectos determinantes en la DL. El efecto de la estación y del año de parto se explica por los cambios en las variables ambientales de un año a otro.³ Por ejemplo, la disponibilidad y la calidad de la MS varían de un año a otro por efecto de la temperatura ambiental, el suministro de luz, la fertilización, la disponibilidad de agua y el manejo del pastoreo.⁴² En el caso particular del presente estudio, aun cuando no se dispone de información precisa, es posible suponer que la variabilidad ambiental influyó sobre la DL.

La evaluación de grupos raciales lecheros tiene como objetivo optimizar los recursos animales y naturales para alcanzar la rentabilidad y la sostenibilidad de los SDP en las áreas tropicales.^{6,28} Dentro de los componentes del sistema, el manejo eficiente de la reproducción animal permite optimizar su rentabilidad. La eficiencia puede estimarse mediante la evaluación de indicadores como EPP, la tasa de concepción, DA, y el IEP.⁴³⁻⁴⁶ La edad al parto es el resultado de varios factores asociados con la velocidad de crecimiento, la pubertad, el apareamiento o IA, y la naturaleza de los genes.⁴⁷ En los SDP, donde el inicio de la PL y la producción de carne son igualmente importantes, un objetivo puede ser el obtener vaquillas paridas a los 24 meses. Para lograrlo, las vaquillas deben alcanzar la pubertad a los 15 meses de edad. Lo anterior puede constituirse en un reto para los sistemas de producción que usan animales *Bos indicus* en climas con temperaturas altas. Comúnmente, los animales cebuinos alcanzan la pubertad más tarde y pueden tener diferencias fisiológicas en crecimiento, y productivas con respecto a las razas con ancestros europeos.^{48,49}

En el presente estudio, el análisis de sobrevivencia mostró la influencia de los grupos raciales en la EPP. Las vacas HC tuvieron su primer parto cuatro

*et al.*⁵⁴ indicated that the CI is not associated with hereditary factors, in virtue that the heritability for this variable is near zero, in dual purpose bovines as well as in beef and dairy animals. In the present study, the survival analysis showed differences between the breed crosses evaluated; 50% of the HZ cows calved around 350 days after the previous calving, while only 45 and 10% of SZ and 3S1Z, respectively, had calves in the same time interval (Table 2). The difference in favor of the HZ and SZ crossbreeds may be explained, partially, by the management conditions ruling in the DPS. In two of the herds of the present study, the AI was performed 90 days after calving, regardless of the signs of sexual activity showed by the cows.

The results of the present study suggest that duration of the CI and DMY have a close association. Clearly, the DMY determines the management of the DO and the dry period. Accordingly to the aforementioned, the CI of 365 days is not the best indicator of the MY per day in the herd. Therefore, the MY per day during lactation will prolong the CI, mainly in the cows with high production and longer lactations. The CI observed in the present study in HZ cows are inferior to the ones observed in previous studies.^{5,16,55} In short, the HZ animals had moderate MY and shorter AFC, DO and CI, which indicates that improvement in the environment favors a more efficient expression of productive behavior of the animals with a well-balanced proportion of European and exotic genes. Similarly, the SZ animals presented moderate productive and reproductive performance, with the advantage that the producer of the tropics prefers male HZ animals because of their physical conformation and fast growth, in comparison to the other two breed crosses.

The HZ, SZ and 3S1Z cows that consume tropical forages in extensive conditions and complemented with concentrates with 18% of CP and restricted nursing, showed similar performances in milk production per day, per lactation, in the peak of production, days to peak production and length of lactation. The highest production of milk was observed in the third lactation cows. The HZ showed greater reproductive ability than the cows crossbred with Swiss. The observed results suggest that the use of HZ breed cross may be most appropriate for the production of milk in northern Veracruz.

Acknowledgements

The authors are grateful for the support of the Cattlemen Group of Validation and Technology Transference of "Ixcatepec" of Santa Maria Ixcatepec, Veracruz, and "Aguada Primera" and "Ozuluama" of

y ocho meses antes que las vacas SC y 3S1C, respectivamente (Cuadro 2). La diferencia puede atribuirse a la habilidad de crecimiento rápido proporcionado por los genes de la raza Holstein, que se expresan por el vigor de adaptación de la raza Cebú al ambiente tropical.^{19,20,31,50}

Los DA es una decisión de manejo que impacta grandemente la magnitud del IEP y la eficiencia reproductiva de los hatos tropicales.^{50,51} El incremento de la eficiencia reproductiva se asocia con la rentabilidad y la sostenibilidad de los hatos. En estudios anteriores se ha destacado la importancia de los tiempos óptimos para el regreso de las vacas a la actividad ovárica después del parto.^{38,51,52} Sin embargo, los DA pueden modificarse por distocia y retenciones placentarias, cuya incidencia es mayor en las razas lecheras.⁵¹ En el presente estudio, el análisis de sobrevivencia mostró que el grupo racial influyó en el número de DA. Las vacas HC presentaron intervalos del parto a la concepción más cortos en 13 y 92 días que las vacas SC y 3S1C, respectivamente (Cuadro 2). Este resultado puede explicarse por dos razones: la primera se relaciona con la habilidad reproductiva de las vacas Holstein, y la segunda por los efectos de la complementación con concentrados. La disponibilidad alta de forrajes durante la primavera y el verano promovió un desequilibrio en el balance de energía de la vaca, debido a los efectos de la proporción días con luz a periodos oscuros, o al efecto de la temperatura ambiental sobre el eje hipotálamo-hipófisis-ovario.⁵² En apoyo a la indicación anterior, en este mismo estudio, los partos fueron distribuidos principalmente en la primavera e inicios del verano.

Desde el punto de vista de la productividad, el IEP es un indicador del costo y la ganancia marginal de una vaca por día de vida en el hato. Básicamente, el IEP depende de tres componentes: el número de días abiertos, la duración de la gestación y el periodo seco. Basado en que la duración de la gestación tiende a ser constante y el periodo seco es una función resultante del manejo del hato, el componente más influyente es el número de DA. De Alba *et al.*⁵³ y Duarte-Ortuño *et al.*⁵⁴ indicaron que el IEP no está asociado con factores hereditarios, en virtud de que el índice de herencia para dicha variable es cercano a cero, tanto en bovinos de doble propósito, como en animales productores de carne y leche. En el presente estudio, los resultados del análisis de sobrevivencia mostraron diferencias entre los grupos raciales evaluados; el 50% de las vacas HC parieron alrededor de los 350 días después del parto anterior, y únicamente 45% y 10% de las vacas SC y 3S1C, respectivamente, tuvieron partos en el mismo intervalo de tiempo (Cuadro 2). La diferencia en días a favor de las cruza HC y SC se explica, parcialmente,

Ozuluama, Veracruz, given to Claudio Vite Cristobal in order to obtain the information to perform the present study.

Referencias

1. Román-Ponce H. Situación actual y retos de la ganadería bovina en el trópico. Memorias del XX Simposium de Ganadería Tropical: Alternativas de alimentación del ganado bovino en el trópico; 1995 noviembre 8; Paso del Toro (Veracruz) México. México (D F): Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 1995:87-108.
2. Rivera VMD. Las experiencias del FIRA en cruzamientos de ganado bovino de doble propósito en el trópico a través de los centros de desarrollo tecnológico. Memorias del IV Foro de Análisis de los Recursos Genéticos. Ganadería Bovina de Doble Propósito; 1998 noviembre 9-11. Villahermosa (Tabasco) México. Mexico (DF). Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, 1998: 78-84.
3. Osorio-Arce M, Segura-Correa J. Reproductive performance of dual-purpose cows in Yucatan, México. *Livest Res Rural Develop* 2002; 14:1-9.
4. McDowell RE. Crossbreeding in tropical areas with emphasis on milk, health and fitness. *J Dairy Sci* 1985;68:2418-2429.
5. Madalena F, Teodoro RL, Lemos AM, Monteiro JBN, Barbosa RT. Evaluation of strategies for crossbreeding dairy cattle in Brazil. *J Dairy Sci* 1990;73:1887-1901.
6. McDowell RE, Wilk JC, Talbott CW. Economic viability of crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for dairying in warm climates. *J Dairy Sci* 1996;79:1292-1303.
7. Casas E, Tewolde A. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de grupos raciales criollos lecheros en el trópico húmedo. *Arch Latinoam Prod Anim* 2001;9:63-67.
8. Acharya RM. Experiences in crossbreeding in India. In: Gupta PR, editor. *Dairying in India*. Priyadarshini (Hivhar, Delhi) India: Priyadarshini Press, 1987: 27-43.
9. Gallardo NJL. El sector pecuario en el entorno del mercado nacional e internacional. Memorias de la XXX Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal; 2002 octubre 13-15; Guadalajara (Jalisco) México. Guadalajara (Jalisco) México: Asociación Mexicana de Producción Animal, 2002:587-611.
10. Román PH, Román PC. Producción de leche en sistemas extensivos tradicionales en clima tropical. *Téc Pecu Méx* 1981;40:7-15.
11. García E. Modificaciones a la Clasificación Climática de Köppen. México (DF): Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 1988.
12. Wood PDP. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 1967;216:164-165.
13. SAS®. User's Guide. Statistics 8th ed. Cary (NC): SAS Institute Inc., 2002.
14. ICAR. Recording guidelines: Appendices to the International Agreement of recording practices. Interna-

por las condiciones de manejo imperantes en los SDP. En dos de los hatos del presente estudio, la IA se realizó 90 días después del parto, independientemente de los signos de actividad sexual mostrados por las vacas.

Los resultados del presente estudio sugieren que la duración del IEP y la PLD tienen una asociación estrecha. Más claramente, la PLD determina el manejo de los DA y el periodo seco. De acuerdo con lo anterior, el IEP de 365 días no es el mejor indicador de la PL por día en el hato. Por lo tanto, la PL por día durante la lactancia prolongará el IEP, principalmente en las vacas con producciones altas y lactancias más prolongadas. Los IEP observados en el presente estudio en vacas HC son inferiores a los observados en estudios previos.^{5,16,55} En resumen, los animales HC tuvieron PL moderadas y EPP, DA e IEP más cortos, lo que indica que el mejoramiento en el ambiente propicia una expresión más eficiente del comportamiento productivo de los animales con proporción equilibrada de genes europeos y exóticos. Similarmente, los animales SC presentaron comportamientos productivo y reproductivo moderados, con la ventaja de que el productor del trópico prefiere animales HC machos por su conformación física y crecimiento rápido, en comparación con los otros dos grupos raciales.

Las vacas HC, SC, y 3S1C que consumen praderas tropicales en condiciones extensivas y complementadas con concentrados con 18% de PC y con amamantamiento restringido, mostraron comportamientos similares en la producción de leche por día, por lactancia, en el pico de producción, los días al pico de producción, y la duración de la lactancia. Las producciones de leche más altas se observaron en las vacas de tercera lactancia. Las vacas HC mostraron mayor habilidad reproductiva que las vacas cruzadas con Suizo. Los resultados observados sugieren la posibilidad de usar los grupos raciales HC como los más apropiados para producción de leche en el norte de Veracruz.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de los productores de los Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología "Ixcatepec" de Santa María Ixcatepec, Veracruz, y "Aguada Primera" y "Ozuluama" de Ozuluama, Veracruz, por el apoyo prestado a Claudio Vite Cristóbal para obtener la información pertinente para la realización del presente estudio.

-
5. International Committee for Animal Recording. Rome (Italy): International Committee for Animal Recording, 1995.
 15. Juárez LFI, Fox DG, Blake RW, Pell AN. Evaluation of

- tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. *J Dairy Sci* 1999;82:2136-2145.
16. Hernández-Reyes E, Segura-Correa VM, Segura-Correa JC, Osorio-Arce MM. Intervalo entre partos, duración de la lactancia y PL en un hato de doble propósito en Yucatán, México. *Agrociencia* 2001;35:699-705.
 17. Gómez CH, Tewolde MA, Nahed, TJ. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Arch Latinoam Prod Anim* 2002;10:175-183.
 18. Carvajal-Hernández M, Valencia-Heredia ER, Segura-Correa JC. Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. *Rev Biomed* 2002;13:25-31.
 19. Martin LC, Brinks JS, Bourdon RM, Cundiff LV. Genetics effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. *J Anim Sci* 1992;70:4006-4017.
 20. Vargas CA, Elzo MA, Chase CC Jr, Chenoweth PJ, Olson TA. Estimation of genetic parameters for scrotal circumference, age puberty in heifers, and hip height in Brahman cattle. *J Anim Sci* 1998;76:2536-2541.
 21. Thallman RM, Cundiff LV, Gregory KE, Koch RM. Germoplasm evaluation in beef cattle-Cycle IV: Post-weaning growth and puberty in heifers. *J Anim Sci* 1999;77:2651-2659.
 22. Frisch J, Vercoe J. Food intake, eating rate, weight gains, metabolic rate and efficiency of feed utilization in *Bos indicus* and *Bos Taurus* crossbreed cattle. *Anim Prod* 1977;25:343-358.
 23. Koger M. Effective crossbreeding systems utilizing Zebu cattle. *J Anim Sci* 1980;50:1215-1220.
 24. Hunter RA, Siebert DB. The effects of genotype, age, pregnancy, lactation, and rumen characteristics on voluntary intake of roughage diets by cattle. *Aust J Agric Res* 1986;37:549-560.
 25. Villegas-Carrasco M del C, Román-Ponce H. Producción de leche durante el proceso de formación de un rancho de doble propósito en el trópico. *Téc Pecu Méx* 1986;51:51-61.
 26. Hernández HVD, Ortiz OGA, Juárez LFJ, Román-Ponce H. Efecto de la ordeña dos veces al día sobre el comportamiento productivo de ganado cruzado de doble propósito en clima tropical húmedo (Am). *Memorias XXV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria; 1989 octubre 12-14; México (D.F.)*. México (DF): Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, INIFAP, 1989:191.
 27. Treviño TR, Garza TR, Monroy LJ, Robles BC. Producción de leche en pastoreo rotacional intensivo y semi-intensivo de Ferrer con vacas Suizo-Pardo, Holstein y cruza Holstein por Cebú. *Téc Pecu Méx*. 1980; 29:7-11.
 28. Cunningham EP, Syrstad O. Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics. *FAO Animal Production and Health Paper No. 68*. Italy (Rome): FAO Press Inc., 1989.
 29. Becerril PCM, Román-Ponce H, Castillo RH. Comportamiento productivo de vacas Holstein, Suizo Pardo y sus cruza con Cebú F1 en clima tropical. *Téc Pecu Méx* 1981;40:16-24.
 30. Tucker HA. Physiological control of mammary growth, lactogenesis, and lactation. East Lansing (Michigan): Michigan State University Press, 1982.
 31. Vaccaro R, D'Enjoy G, Sabaté C. Curvas de lactancia de vacas Carora y cruzadas Holstein Friesian x Brahman. *Rev Fac Cienc Vet* 1999;40:37-44.
 32. Collier RJ, Beede DK, Thatcher WW, Israel LA, Wilcox CJ. Influence of environment and its modification on dairy animals health and production. *J Dairy Sci* 1982;65:2213.
 33. Badinga L, Collier RJ, Thatcher WW, Wilcox CJ. Effect of climatic and management factors on conception rate of dairy cattle in a subtropical environment. *J Dairy Sci* 1985;68:78-89.
 34. Jonsson NN, Fulkerson WJ, Pepper PM, McGowan MR. Effect of genetic merit and concentrate feeding on reproduction of grazing dairy cows in a subtropical environment. *J Dairy Sci* 1999;82:2756-2765.
 35. Cooper JP, Tainton NM. Light and temperatures requirement for the growth of tropical and temperate grasses. *Herbage Abstr* 1968;38:167-176.
 36. Galavis J, Vasquez-Pelaez CG. Estimation of milk production curve in Brown Swiss cattle in the subtropical climate of Mexico. *Proceedings of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production; 1994 August 7-12; Guelph (Ontario) Canada*. Guelph Ontario: FARC Press, 1994;20:367-370.
 37. Pérez HP, Solaris FM, García-Winder M, Osorio-Arce M, Gallegos-Sánchez J. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en dos sistemas de amamantamiento en el trópico. *Arch Latinoam Prod Anim* 2001;9:79-85.
 38. Barkema WH, Schukken YH, Lam TJ, Beiboer ML, Benedictus G, Brand A. Management practices associated with low, medium and high somatic cells counts in bulk milk. *J Dairy Sci* 1998;81:1917-1927.
 39. Bachmann CK, Schairer ML. Invited review. Bovine studies on optimal length of dry periods. *J Dairy Sci* 2003;86:3027-3037.
 40. Coppock C E, Lallmhan JK, Horner JL. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal, and associated byproducts by dairy cattle. *Anim Feed Sci Technol* 1987;18:89-98.
 41. Nieuwhof GJ, Powell RL, Norman HD. Age at calving and calving interval for dairy cattle in the United States. *J Dairy Sci*. 1987;72:685-695.
 42. Denium B, Dirven JPG. A model for the description of the effect of different environmental factors on the nutritive value of forages. *Proceedings of the 12th International Grasslands Congress; 1974 June 11-20; Moscow (USSR)* USSR. Moscow, USSR: AFR Press, 1974;1:338-346.
 43. Kinder JE, Bergfeld EGM, Wehrman ME, Peters KE, Kojima FN. Endocrine basis for puberty in heifers and ewes. In: Scaramuzzi RJ, Nancarrow CD, Doberska C, editors. *Reproduction in Domestic Ruminants III*. Dorsett, UK: Dorset Press, 1995:393-403.
 44. Garcia MR, Amstalden M, Williams SW, Stanko RL, Morrison CD, Kiesler DH *et al*. Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development,

- the estrous cycle, and different seasons in cattle. *J Anim Sci* 2002;80:2158-2167.
45. Wilson JS, Marion RS, Spain JN, Spiers DE, Keisler DH, Lucy MC. Effect of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 1. Lactating cows. *J Dairy Sci* 1998;80:273-285.
 46. Patterson DJ, Perry RC, Kiracofe GH, Bellows RA, Staigmiller RB, Corah LR. Management considerations in heifer development in puberty. *J Anim Sci* 1992;70:4018-4035.
 47. Chenoweth PJ. Aspects in reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. *Aust Vet J* 1994;71:422-426.
 48. Simpson RB, Chase CC Jr, Spicer LJ, Vernon RK, Hammond AC, Rae DO. Effect of exogenous insulin on plasma and follicular insulin-like growth factor I, insulin-like growth factor binding protein activity, and metabolites in ovariectomized Angus and Brahman cows. *Domest Anim Endocrinol* 1994;14:367-380.
 49. Alvarez PJ, Spicer LJ, Chase CC Jr, Payton ME, Hamilton TD, Stewart RE *et al.* Ovarian and endocrine characteristics during an oestrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. *J Anim Sci* 2000;78:1291-1302.
 50. Gómez CH, Tewolde A. Parámetros genéticos para producción de leche, evaluación de sementales y caracterización de fincas lecheras en el trópico húmedo de Costa Rica. *Arch Latinoam Prod Anim* 1999;7:19-37.
 51. Darwash OA, Lamming GE, Woolliams JA. Estimation of genetic variation in the interval from calving to postpartum ovulation of dairy cows. *J Dairy Sci* 1997;80:1227-1234.
 52. Wilcox CJ. Genetics: Basic concepts. In: Van Horn HH, Wilcox CJ, editors. *Large Dairy Herd Management*. Champaign (Illinois) USA: American Dairy Science Association (ADSA) Press, 1992:1-7.
 53. De Alba J, Celis R, Kennedy BW. Reproducción de un hato de bovinos de doble propósito en la región de la Huasteca. *Rev Mex Prod Anim* 1978; 10:3-10.
 54. Duarte-Ortuño A, Thorpe W, Tewolde A. Reproductive performance of purebred and crossbred beef cattle in the tropics of Mexico. *Anim Prod* 1988;47:11-20.
 55. Lozano CA, Maza OLA. Evaluación de ganado F1 (Holstein-Sahiwal) en un sistema de doble propósito en el estado de Colima (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo. de México) México: Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, 2002.