

Productividad hasta el destete de vacas Criollo, Guzerat y sus cruzas recíprocas F1

Productivity through weaning of Criollo, Guzerat and F1 crossbred cows

Guillermo Martínez Velázquez^a, Moisés Montaña Bermúdez^b, José Antonio Palacios Fránquez^a

RESUMEN

Se utilizaron 464 registros de vacas Criollo (C), Guzerat (G), Guzerat x Criollo (GC) y Criollo x Guzerat (CG), para comparar los kilogramos de becerro parido (BN), los kilogramos de becerro destetado (BD), la longitud de gestación (LG), el peso al nacer (PN) y al destete (PA210) y estimar efectos de heterosis. La información se generó durante 2000, 2001, 2002 y 2003. Los datos se analizaron con modelos lineales. Los modelos para PN y PA210 incluyeron los efectos fijos de año y época de nacimiento, genotipo de la vaca (GEN), sexo de la cría (S) y número de parto (NP). Para LG el modelo incluyó GEN, NP y peso al nacer de la cría como covariable. Para BN y BD los modelos finales incluyeron los efectos fijos de año y época de empadre, GEN y NP. Las vacas C tuvieron una LG más larga ($P < 0.05$) que vacas CG. Las medias para PN de crías de vacas G y CG fueron mayores ($P < 0.05$) a las medias de crías de vacas C. Para PA210 las crías de las vacas G, GC y CG tuvieron promedios mayores en 24, 30 y 34 kg ($P < 0.05$) que las crías de las vacas C. No hubo diferencias para BN ($P > 0.05$). Las vacas GC produjeron 45 y 59 kg más BD ($P < 0.05$) que las vacas G o C. La heterosis influyó ($P < 0.05$) PA210 y BD pero no fue importante ($P > 0.05$) para LG, PN o BN. Utilizar vacas Guzerat x Criollo puede contribuir a mejorar la productividad hasta el destete en Nayarit.

PALABRAS CLAVE: Bovinos carne, Destete, Heterosis, Criollo.

ABSTRACT

Four hundred and sixty four (464) records from Guzerat (G), Criollo (C), Criollo x Guzerat (CG) and Guzerat x Criollo (GC) cows were used to estimate heterosis and to evaluate gestation length (LG), birth weight (PN) weaning weight (PA210), birth weight per cow exposed (BN) and weaning weight per cow exposed (BD). Data were collected in 2000, 2001, 2002 and 2003. Analyses were carried out using linear models. Models for PN and PA210 included the fixed effects of season and year of birth, genotype of the cow (GEN), sex of calf (S), and calving number (NP). Fixed effects for LG were GEN, NP, and birth weight of calf as a covariate. Fixed effects for BN and BD were season and year of breeding, GEN, and NP. LG was different ($P < 0.05$) between C and CG cows. PN was higher ($P < 0.05$) in calves from G and CG cows compared to calves from C cows. Progeny from G, GC and CG had higher PA210 ($P < 0.05$) than progeny from C cows in 24, 30, and 34 kg. Non significant differences ($P > 0.05$) were observed for BN. GC cows showed higher BD ($P < 0.07$) than G or C cows (45 and 59 kg, respectively). Heterosis was significant ($P < 0.05$) for PA210 and BD but non significant for LG, PN or BN. The use of GC cows could contribute to improve productivity through weaning in the tropical region of Nayarit, México.

KEY WORDS: Beef cattle, Weaning, Heterosis, Criollo.

INTRODUCCIÓN

En México el inventario bovino Criollo ha ido disminuyendo como consecuencia del cruzamiento

INTRODUCTION

In México the Criollo cattle inventory has been diminishing as a result of the crossbreeding occurred

Recibido el 9 de enero de 2007 y aceptado para su publicación el 3 de agosto de 2007.

a Sitio Experimental "El Verdineño", Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Edificio SAGARPA Av. Insurgentes # 1050 Ote. Col. Menchaca 63150 Tepic, Nayarit. Teléfono y fax (323) 23 47800. martinez.guillermo@inifap.gob.mx gmv1us@yahoo.com Correspondencia al primer autor.

b CENID-Fisiología, INIFAP.

que ha ocurrido entre este tipo de ganado y razas diversas⁽¹⁾. En parte, lo anterior ha sucedido por la escasa información que sobre el ganado Criollo se conoce en nuestro país^(1,2). Sin embargo, es importante mencionar que estudios realizados en Nayarit han señalado la posible contribución del ganado Criollo en esquemas de cruzamiento al mejorar la eficiencia del sistema vaca-cría, mejorando la eficiencia reproductiva de las vacas⁽³⁾ y el crecimiento hasta el destete de las crías⁽⁴⁾.

Los kilogramos de becerro destetado por vaca expuesta al empadre son indicadores directos de la eficiencia en la producción de becerros al destete, y han sido evaluados por diferentes autores⁽⁵⁻⁹⁾. Estos indicadores, sin embargo, son difíciles de estimar, ya que representan variables complejas que combinan características simples tanto de la vaca como del becerro, puesto que son el resultado de la fertilidad, la habilidad materna y la producción de leche de las vacas, así como de la sobrevivencia y el crecimiento hasta el destete de sus crías.

Para mejorar la eficiencia en la producción de becerros para la engorda es importante evaluar tanto las características simples como las complejas que determinan esta eficiencia. Así, estudiar variables como longitud de gestación de las vacas, el peso al nacer y al destete de sus crías y los kilogramos de becerro producidos al parto o al destete contribuye al diseño de estrategias de manejo que permitan incrementar la eficiencia productiva en los ranchos comerciales.

Considerando la posibilidad de que el ganado Criollo de Nayarit se utilice en esquemas de cruzamiento para producir becerros para la engorda^(3,4,10) y considerando también la escasez de información que existe en México sobre variables que evalúen la eficiencia del sistema vaca-cría en ranchos comerciales, se planteó el presente estudio con los siguientes objetivos: comparar los kilogramos de becerro parido, los kilogramos de becerro destetado y la longitud de gestación de vacas Criollo, Guzerat y sus cruza recíprocas F1; Comparar el peso al nacer y al destete de sus crías y estimar el efecto de la heterosis sobre el comportamiento de las variables mencionadas.

between this type of cattle and other breeds⁽¹⁾. This has happened, in part, as a result of the scarce information available for Criollo cattle in our country^(1,2). However, it is important to mention that studies carried out in Nayarit have pointed out that Criollo cattle could be part of crossbreeding strategies to improve the efficiency of cow-calf production through the improvement of the reproductive efficiency of dams⁽³⁾ and the growing through weaning of calves⁽⁴⁾. Weaning weight per cow exposed to breeding is a straight indicator of cow-calf efficiency and has been evaluated by different authors⁽⁵⁻⁹⁾. However, it is hard to estimate this trait because it represents complex variables combining single characteristics of cows and calves as fertility, maternal ability, milk production, survivability, and growing through weaning.

To improve the efficiency of the cow-calf system it is important to evaluate the single and complex characteristics which determine this efficiency. Thus, to study variables as gestation length in dams, birth and weaning weight in calves and birth and weaning weight per cow exposed to breeding contributes to design management strategies to increase the productive efficiency on commercial herds.

Considering the feasibility of producing feedlot calves in Nayarit using Criollo cattle in crossbreeding strategies^(3,4,10) and considering also the scarce information available in México on variables evaluating the efficiency of the cow-calf system on commercial herds, the objectives of the study were: To compare birth weight per cow exposed, weaning weight per cow exposed and gestation length of Criollo, Guzerat and F1 crossbred cows; to compare birth and weaning weights of their calves, and to estimate heterosis effects on the performance of these variables.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out at El Verdineño Experimental Station (INIFAP-SAGARPA) in the municipality of Santiago Ixcuintla, Nayarit, Mexico. The region has a subhumid tropical environment Aw2, with an average daily temperature of 24 °C, an average rainfall of 1,200 mm and a dry season of 7 to 8 mo⁽¹¹⁾.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Sitio Experimental “El Verdineño” (INIFAP-SAGARPA), ubicado en el municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit, en condiciones de trópico subhúmedo Aw2, con precipitación pluvial promedio de 1,200 mm, temperatura media anual de 24 °C y época de estiaje con una duración que fluctúa entre siete y ocho meses al año⁽¹¹⁾.

Las vacas de los cuatro genotipos utilizadas en el experimento nacieron en “El Verdineño” entre 1991 y 1994 a partir de un cruzamiento dialelo Criollo-Guzerat. Durante esta etapa el manejo reproductivo incluyó dos empadres al año (primavera y otoño) con duración de 60 días cada uno, y en los cuales se utilizaron mediante monta natural 14 toros Criollo y 12 toros Guzerat. Las hembras Criollo, Guzerat y las cruzas recíprocas F1 generadas en el dialelo, se han utilizado desde entonces para estimar efectos genéticos aditivos y no aditivos para diferentes características productivas^(2,3,4).

La información analizada en el presente estudio corresponde a una segunda etapa y se generó durante los años 2000 a 2003. Las variables estudiadas fueron kilogramos de becerro parido por vaca en empadre (BN), kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre (BD), longitud de gestación (LG), peso al nacer (PN) y peso al destete ajustado a 210 días de edad (PA210), el cual se calculó como $PA210 = ((\text{peso al destete} - \text{peso al nacer})/\text{edad al destete}) \times 210 + \text{peso al nacer}$ ⁽¹²⁾. Para evaluar BN y BD se utilizaron 464 registros productivos de los cuales 126 correspondieron a vacas Criollo (C), 202 a vacas Guzerat (G), 35 a vacas Guzerat x Criollo (GC) y 101 a vacas Criollo x Guzerat (CG). Cuando la vaca no parió o destetó una cría el valor asignado fue cero, en caso contrario, el valor asignado fue el peso al nacer o al destete correspondiente. Para LG se utilizaron 261 registros de los cuales 71 correspondieron a vacas C, 111 a vacas G, 23 a vacas GC y 56 a vacas CG. La información para PN y PA210 se generó a partir de las crías nacidas y destetadas por las vacas mencionadas. Las vacas y sus crías se mantuvieron en praderas de pasto llanero (*Andropogon gayanus*)

Dams of the four genotypes used in the experiment were born at El Verdineño from 1991 to 1994 as a result of a diallel mating which included Criollo and Guzerat cattle. During this phase the reproductive management included two breeding seasons per year (spring and fall) of 60 d each. Cows were bred to 14 Criollo and 12 Guzerat bulls throughout this phase of the study. The Criollo, Guzerat and reciprocal F1 females produced in the diallel mating have been used since then to estimate additive and nonadditive genetic effects for different productive traits^(2,3,4).

Data used in this study belongs to a second phase and was collected from 2000 to 2003. Traits analyzed were birth weight per cow exposed to breeding (BN), weaning weight per cow exposed to breeding (BD), gestation length (LG), birth weight (PN) and weaning weight adjusted to 210 d of age (PA210). PA210 was calculated as $PA210 = ((\text{weaning weight} - \text{birth weight})/\text{age at weaning}) \times 210 + \text{birth weight}$ ⁽¹²⁾. Four hundred and sixty four (464) records were used to evaluate BN and BD, 126 were from Criollo (C), 202 were from Guzerat (G), 35 were from Guzerat x Criollo (GC) and 101 were from Criollo x Guzerat (CG) cows. If a dam failed to calve or wean a calf, a birth weight or weaning weight of 0 kg was recorded, actual birth and weaning weights were recorded, otherwise. 261 records were used for LG with 71, 111, 23 and 56 records generated by C, G, GC, and CG cows, respectively. Data for PN and PA210 were records from progeny of the cows in the study. Cows and calves grazed mostly in llanero grass (*Andropogon gayanus*) and were supplemented with a 2.5 % molasses-urea mixing (1 kg/head/d) during the months of March, April and May. All animals had *ad libitum* access to minerals (40 % salt; 56 % calcium orthophosphate; 4 % trace minerals) all year round. Reproductive management included two breeding seasons of 45 d each, in spring and fall. Cows were bred by AI using semen of Angus bulls (A) as a third breed to estimate maternal heterosis. Breeding seasons begun on March 15th and September 15th and cows were pregnancy-checked 2 mo after each breeding season; consequently, calving seasons were from December to February and from June to August. Calves were weighed and

con suplementación a base de melaza-urea al 2.5 % (1 kg/cabeza/día) durante los meses de marzo, abril y mayo. Los animales dispusieron de una mezcla de minerales a libre acceso (sal común 40 %, ortofosfato de calcio 56 % y minerales traza 4 %) durante todo el año. El manejo reproductivo incluyó dos empadres al año, durante la primavera y el otoño, con duración de 45 días cada uno y en los cuales se utilizó inseminación artificial con semen de toros Angus (A), como tercera raza que permitiera la estimación de la heterosis materna. Los empadres se iniciaron alrededor del 15 de marzo y 15 de septiembre de cada año. El diagnóstico de gestación se hizo mediante palpación rectal dos meses después de finalizado el empadre. Los partos se presentaron en dos épocas definidas entre diciembre-febrero y entre junio-agosto de cada año. Las crías se pesaron e identificaron en las primeras 24 h de vida y permanecieron con las vacas hasta el destete, que se realizó en promedio a los siete meses de edad.

Para el análisis de la información se utilizó el procedimiento de modelos lineales generales del paquete estadístico SAS⁽¹³⁾. Los modelos finales para PN y PA210 incluyeron los efectos fijos de año de nacimiento, época de nacimiento, genotipo de la vaca (GEN), sexo de la cría (S) y número de parto (NP). Para LG el modelo incluyó GEN, NP y peso al nacer de la cría como covariable. Para BN y BD los modelos finales incluyeron los efectos fijos de año de empadre, época de empadre, GEN y NP. Para todas las variables los modelos finales incluyeron las interacciones de dos factores que resultaron significativas ($P < 0.25$) en los análisis preliminares.

El modelo estadístico lineal general de efectos fijos utilizado para BN y BD fue:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + E_j + GEN_k + NP_l + (A^*E)_{ij} + (A^*GEN)_{ik} + (A^*NP)_{il} + (E^*GEN)_{jk} + (E^*NP)_{jl} + (GEN^*NP)_{kl} + e_{ijklm}$$

Donde: μ =Media general; A_i =Efecto del i -ésimo año de empadre ($i=1,2,3$); E_j : Efecto de la j -ésima época de empadre ($j=1,2$); GEN_k =Efecto del k -ésimo genotipo de la vaca ($k=1,2,\dots, 4$); NP_l =Efecto del l -ésimo parto de la vaca ($j=1,2,\dots,$

identified within the first 24 h after birth and remained with their dams until weaning at 7 mo of age, on average.

Data were analyzed using the general linear models procedure of the SAS statistics package⁽¹³⁾ Models for PN and PA210 included the fixed effects of year of birth, season of birth, genotype of the cow (GEN), sex of calf (S) and number of calving (NP). For LG the model included GEN, NP and birth weight of the calf as a covariate. Models for BN and BD included the fixed effects of year of breeding, season of breeding, GEN and NP. For all variables final models included interactions of two factors that were significant ($P < 0.25$) in preliminary analyses.

The statistical general linear model of fixed effects utilized for BN and BD was as follows:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + E_j + GEN_k + NP_l + (A^*E)_{ij} + (A^*GEN)_{ik} + (A^*NP)_{il} + (E^*GEN)_{jk} + (E^*NP)_{jl} + (GEN^*NP)_{kl} + e_{ijklm}$$

Where: μ = Overall mean; A_i =The effect of the i th year of breeding ($i=1,2,3$); E_j =The effect of the j th season of breeding ($j = 1,2$); GEN_k =The effect of the k th genotype of the cow ($k=1,2,\dots, 4$); NP_l =The effect of the l th number of calving ($j=1,2,\dots, 5$); $(A^*E)_{ij}$ =The effect of the interaction between the i th year of breeding and the j th season of breeding; $(A^*GEN)_{ik}$ =The effect of the interaction between the i th year of breeding and the k th genotype of the cow; $(A^*NP)_{il}$ =The effect of the interaction between the i th year of breeding and the l th number of calving; $(E^*GEN)_{jk}$ =The effect of the interaction between the j th season of breeding and the k th genotype of the cow; $(E^*NP)_{jl}$ =The effect of the interaction between the j th season of breeding and the l th number of calving; $(GEN^*NP)_{kl}$ =The effect of the interaction between the k th genotype of the cow and the l th number of calving; e_{ijklm} =Random error NI ($0, \sigma^2_e$).

Contrasts were used to estimate individual (h^i) and maternal (h^m) heterosis based on models of Dickerson^(14,15). The contrast $[GC + CG - G - C] / 2$ was used to estimate h^i for LG, while $[A (GC) + A (CG) - AG - AC] / 2$ was used to calculate h^m for PN, PA210, BN and BD.

5); $(A * E)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el *i*-ésimo año de empadre y la *j*-ésima época de empadre; $(A * GEN)_{ik}$ = Efecto de la interacción entre el *i*-ésimo año de empadre y el *k*-ésimo genotipo de la vaca; $(A * NP)_{il}$ = Efecto de la interacción entre el *i*-ésimo año de empadre y el *l*-ésimo número de parto; $(E * GEN)_{jk}$ = Efecto de la interacción de la *j*-ésima época de empadre y el *k*-ésimo genotipo de la vaca; $(E * NP)_{jl}$ = Efecto de la interacción de la *j*-ésima época de empadre y el *l*-ésimo número de parto; $(GEN * NP)_{kl}$ = Efecto de la interacción del *k*-ésimo genotipo de la vaca y del *l*-ésimo número de parto; e_{ijklm} = Efecto residual distribuido NI (0, σ^2_e).

Para estimar la heterosis individual (h^i) y materna (h^m) se utilizaron contrastes con base en los modelos de Dickerson^(14,15). Para LG h^i se calculó mediante el contraste $[GC + CG - G - C] / 2$, mientras que con el contraste $[A(GC) + A(CG) - AG - AC] / 2$ se calculó h^m para PN, PA210, BN y BD.

Cuadro 1. Heterosis individual (h^i) y materna (h^m) Criollo-Guzerat y medias de cuadrados mínimos para características relacionadas con la productividad al parto y al destete de vacas Guzerat (G), Guzerat x Criollo (GC), Criollo x Guzerat (CG) y Criollo (C)

Table 1. Least squares means, individual (h^i) and maternal (h^m) Criollo-Guzerat heterosis and standard errors for productivity traits at birth and weaning of Guzerat (G), Guzerat x Criollo (GC), Criollo x Guzerat (CG), and Criollo (C) cows

Cow genotype	GL ± SE ^d	PN ± SE (kg)	PA210 ± SE (kg)	BN ± SE (kg)	BD ± SE (kg)
G	283.25±0.9 ^{ab}	31.72±0.3 ^a	177.42±2.8 ^a	17.69±1.2 ^a	98.44±8.4 ^{ac}
GC	283.87±1.6 ^{ab}	30.44±1.0 ^{ab}	187.45±7.7 ^a	19.73±2.6 ^a	143.50±24.1 ^b
CG	280.98±1.0 ^a	31.11±0.4 ^a	183.34±3.3 ^a	18.21±1.5 ^a	116.15±10.9 ^{ab}
C	284.10±0.9 ^b	28.86±0.3 ^b	153.50±2.6 ^b	16.38±1.3 ^a	83.97±7.9 ^c
h^i	-1.25±1.2 ^{ns}				
h^m		0.48±0.6 ^{ns}	19.93±4.7 [*]	1.93±1.9 ^{ns}	38.62±14.6 [*]
GC – G				2.04	45.06
CG – G				0.52	17.71
GC – CG				1.52	27.35

GL=gestation length; PN=birth weight; PA210=weaning weight adjusted to 210 d of age; BN=birth weight per cow exposed to breeding; BD=weaning weight per cow exposed to breeding. SE=Standard errors; ^{*}($P < 0.05$); ^{ns}=Non significant.

^{abc} Different letters superscripts in the same column indicate significant differences with $P < 0.05$ for LG, PN, PA210, and BN and with $P \leq 0.07$ for BD.

RESULTS AND DISCUSSION

Least squares means and standard errors for all variables, and estimates of h^i for LG and h^m for PN, PA210, BN, and BD are presented in Table 1. The size of the standard errors for GC, in all variables, compared to the standard errors for all other genotypes is attributable to the sample size available for GC. This limited sample size could be determining the lack of differences ($P > 0.05$), for all traits, between the reciprocal crosses.

However, it is important to point out that averages in Table 1 suggest a tendency of GC dams to wean calves with heavier PA210 and to have higher BN and BD compared to CG dams. This could mean that, between the reciprocal crosses, GC dams are better to produce beef calves in the tropical region of Nayarit. It is important to highlight that using GC dams to produce beef calves requires encouraging Criollo cattle conservation to have a source of females to produce the GC replacements.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan las medias de cuadrados mínimos y los errores estándar para las variables analizadas, así como los estimadores de h^i para LG y de h^m para PN, PA210, BN y BD. La magnitud de los errores estándar para GC en comparación con los errores estándar asociados a los otros tres genotipos para las diferentes variables, reflejan el limitado tamaño de muestra utilizado en el presente estudio, el cual puede ser la causa de que no se hayan detectado diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las cruza recíprocas para ninguna de las características estudiadas. Cabe señalar, sin embargo, que dichos promedios sugieren una tendencia de las vacas GC para producir crías con PA210 más altos y con mayores BN y BD comparadas con las vacas CG; posiblemente entre las cruza recíprocas evaluadas, las vacas GC sean las de mayor potencial para producir becerros para la engorda en la región tropical de Nayarit. Cabe mencionar que la opción de utilizar vacas GC en la producción de becerros plantea también la necesidad de incentivar la conservación del ganado Criollo para poder generar las hembras que se utilizarán en la producción de los reemplazos GC.

Longitud de gestación

Se encontró una LG 3.1 días más larga ($P < 0.05$) en las vacas C comparadas con las vacas CG, mientras que las vacas GC y G mostraron una LG intermedia. Otros autores^(16,17) también han encontrado diferencias entre la longitud de gestación de vacas *B. taurus* y vacas *B. taurus* x *B. indicus* con diferencias que varían entre 2.1 y 5.0 días para vientres Angus y Angus x Brahman. En contraste con el presente estudio, los autores mencionados encontraron que las vacas cruzadas fueron las que tuvieron la mayor longitud de gestación. En otro trabajo en el que se evaluó el efecto del semental sobre la longitud de gestación de vacas Hereford⁽¹⁸⁾ se encontró que la gestación fue más larga cuando se utilizaron sementales *B. indicus* (hasta 294 días), mientras que la duración de la gestación fue de 282 días cuando las vacas fueron preñadas por toros Angus.

Gestation length

A larger estimate of 3.1 d for LG ($P < 0.05$) was found for C dams compared to CG dams. GC and G dams showed an intermediate LG. Other researchers^(16,17) have also reported differences between gestation length of *B. taurus* and *B. taurus* x *B. indicus* dams with differences from 2.1 to 5.0 d for Angus and Angus x Brahman dams. In contrast with the present study, those authors found that crossbred dams had the largest gestation length. Another experiment evaluating sire effect on pregnancy of Hereford cows⁽¹⁸⁾ reported a larger gestation length when cows were bred to *B. indicus* sires (until 294 d), while gestation length was of 282 d when cows were bred to Angus sires.

Birth weight

Progeny from G and CG dams had the highest averages for PN being different ($P < 0.05$) to averages of C dams in 2.86 kg (Table 1). No differences were detected ($P > 0.05$) between the average PN of progeny from GC and C dams. Compared to the average PN of progeny from crossbred dams in this study (30.44+1.0 and 31.11+0.4 kg), others studies have reported lower PN averages of progeny from *B. indicus* x *B. taurus* dams raised in subtropical environment^(19,20). However, those same genotypes produced progeny with heavier PN when cows were managed in a more favorable environment⁽¹⁹⁾. On the other hand, higher birth weights have been found for progeny of Hereford cows and *B. indicus* sires^(18,21). It is important to highlight that PN averages in this study were intermediate which is desirable in the production of beef calves considering that high birth weights are related to calving difficulty and lower reproductive performance of cows while low birth weights are related to increased calf mortality and lower growing through weaning of calves. Because of this birth weight is classified as a trait with a desirable intermediate optimum level of performance⁽²²⁾.

Weaning weight adjusted to 210 days of age

For PA210 a similar performance ($P > 0.05$) was observed among progeny of G, CG y GC dams

Peso al nacer

Los mayores promedios correspondieron a crías de vacas G y CG, diferentes ($P < 0.05$) al promedio de crías de vacas C hasta en 2.86 kg (Cuadro 1). No se detectaron diferencias ($P > 0.05$) entre el PN de crías de vacas GC y C. Comparados con el PN de las crías de vacas *B. indicus* x *B. taurus* del presente estudio (30.44+1.0 y 31.11+0.4 kg), otros autores han encontrado valores menores para esta variable en crías también de vacas *B. indicus* x *B. taurus* manejadas en clima subtropical^(19,20). Sin embargo, los mismos genotipos produjeron crías con mayores pesos al nacer cuando las vacas se mantuvieron en condiciones ambientales más favorables⁽¹⁹⁾. Por otro lado, pesos al nacer significativamente mayores que los aquí mencionados, se han encontrado en crías *B. indicus* x *B. taurus* nacidas de vacas Hereford y sementales *B. indicus*^(18,21). Cabe resaltar que los promedios para PN del presente estudio fueron intermedios, lo cual es deseable en la producción de becerros al destete, puesto que pesos al nacimiento altos están asociados a distocias que disminuyen el comportamiento reproductivo de las vacas, mientras que pesos al nacimiento bajos están asociados a incrementos en la mortalidad perinatal de las crías y a menores crecimientos hasta el destete; así, el peso al nacer se considera una característica cuyo nivel deseable se encuentra en el llamado comportamiento óptimo intermedio⁽²²⁾.

Peso al destete ajustado a 210 días de edad

Para PA210 se observó un comportamiento similar entre crías de vacas G, CG y GC las cuales tuvieron promedios más altos ($P < 0.05$) que las crías de vacas C, con diferencias de 24, 30 y 34 kg, respectivamente (Cuadro 1). Estos resultados muestran que las crías de vacas cruzadas tienden a pesar más al destete que las crías de vacas puras. Otros estudios^(20,23,24,25) también han encontrado que vacas *B. indicus* x *B. taurus* destetan crías más pesadas que las crías de vacas puras *B. indicus* o *B. taurus*. De igual manera, diferentes autores^(8,19) han señalado que las crías de vacas cruzadas *B. indicus* x *B. taurus* alcanzan pesos al destete mayores que las crías de vacas cruzadas *B. taurus* x *B. taurus*, reconociéndose así la ventaja de utilizar

which presented higher averages ($P < 0.05$) than progeny of C dams being different in 24, 30, and 34 kg, respectively (Table 1). On the other hand, results for PA210 in Table 1 show that progeny from crossbred dams tend to weigh more at weaning than progeny of purebred dams. Other studies^(20,23,24,25) have also found that *B. indicus* x *B. taurus* dams weaned heavier progeny than progeny weaned by purebred *B. indicus* or *B. taurus* dams. In a similar way, different authors^(8,19) have pointed out that progeny from *B. indicus* x *B. taurus* cows reach higher weaning weights than progeny from *B. indicus* x *B. taurus* cows, which states the advantage of using *B. indicus* x *B. taurus* cows to increase growing through weaning of progeny⁽¹⁹⁾. Considering previous results and according to PA210 averages in Table 1, utilization of crossbred GC and CG cows could be an interesting option to increase the weaning weight of herds producing feedlot calves in the tropical region of Nayarit.

Birth weight per cow exposed to breeding

No differences were detected for BN ($P > 0.05$) among the four genotypes, however, crossbred cows presented the highest averages with 19.73+2.6 and 18.21+1.5 kg for GC and CG cows, respectively (Table 1). In agreement with these results, other studies that can be used to estimate BN by combining calving rates of dams and birth weights of calves^(5,7,26,27) indicate that crossbred cows produce more BN than purebred dams. This suggests that crossbred dams provide a better maternal environment throughout pregnancy favoring survivability and prenatal growth of calves. On the other hand, in a study comparing the reproductive performance of *B. indicus* and *B. taurus* dams, an estimate of BN indicated higher averages for Simmental, Limousin and Hereford dams while the lower average was for Brahman dams⁽²⁶⁾.

Weaning weight per cow exposed to breeding

On average, crossbred dams produced more BD (38.6+14.6 kg) than purebred cows (Table 1). A previous analysis based on data from the same herd⁽²⁸⁾ also showed that crossbred dams produced more BD (35.2 kg) than purebred dams. Largest

vacas *B. indicus* x *B. taurus* cuando se quiere aumentar el crecimiento hasta el destete de las crías⁽¹⁹⁾. Considerando lo anterior y de acuerdo a los promedios para PA210, la utilización de vacas cruzadas GC y CG parece ser una opción interesante para aumentar el peso al destete en los hatos que producen becerros para la engorda en la región tropical de Nayarit.

Kilogramos de becerro parido por vaca en empadre

No se detectaron diferencias para BN ($P > 0.05$) entre los genotipos evaluados, sin embargo, las vacas cruzadas mostraron los mayores promedios con $19.73 + 2.6$ y $18.21 + 1.5$ kg para vacas GC y CG, respectivamente (Cuadro 1). Coincidiendo con estos resultados, estudios publicados por otros autores que permiten obtener estimadores para BN al combinar las tasas de parición de las vacas y los pesos al nacer de las crías^(5,7,26,27) señalan que las vacas cruzadas producen más BN que las vacas puras. Lo anterior sugiere que las vacas cruzadas proveen un mejor ambiente materno durante la gestación, lo cual favorece la sobrevivencia y el crecimiento prenatal de las crías. Por otro lado, en un estudio en el que se comparó el comportamiento reproductivo de vacas *B. indicus* y *B. taurus* la estimación obtenida para BN indicó que los mayores promedios correspondieron a vacas Simmental, Limousin y Hereford mientras que el menor promedio correspondió a vacas Brahman⁽²⁶⁾.

Kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre

En relación a la variable BD se encontró que en promedio las vacas cruzadas produjeron $38.6 + 14.6$ kg más que las vacas puras (Cuadro 1). Coincidiendo con lo anterior, un análisis previo realizado con información del mismo hato⁽²⁸⁾ mostró que las vacas cruzadas destetaron en promedio 35.2 kg más que las vacas puras. En el presente estudio las mayores diferencias ocurrieron entre las vacas GC y las vacas G y C con diferencias de 45.0 ($P = 0.07$) y 59.5 kg ($P < 0.05$), respectivamente. Así, los resultados mencionados muestran la ventaja de utilizar vacas cruzadas, en especial vacas GC, para incrementar la productividad al destete en la región tropical de Nayarit.

differences for BD were detected between GC and G dams ($P = 0.07$) and between GC and C dams ($P < 0.05$) with differences of 45.0 and 59.5 kg, respectively. These results show the advantage of utilizing crossbred dams, especially GC dams, to increase productivity through weaning in the tropical region of Nayarit.

Other studies have also pointed out the importance of using crossbred cows to increase productivity on commercial herds^(5,12). Several experiments with purebred Hereford, and crossbred cows involving Angus, Simmental, and Shorthorn breeds^(6,12,27) have showed that crossbred dams produce more weaning weight per cow exposed to breeding than do purebred dams. Similarly, a study evaluating the productivity of nine *B. taurus* breeds and three composite populations⁽²⁹⁾ reported that F1 cows, originated from the composite populations, produced more weaning weight per cow exposed to breeding than did Hereford, Angus y Simmental cows. Another experiment which evaluated productivity of F1 females⁽⁸⁾, reported that Angus x Hereford cows produced more weaning weight per cow exposed to breeding than did Brangus x Hereford and Gelbvieh x Hereford cows.

Heterosis

There was non significant evidence ($P > 0.05$) of h^i for LG or h^m for PN or BN. In contrast, h^m was important ($P < 0.05$) for PA210 and BD (Table 1). Similarly, other studies have found that individual heterosis is not important for gestation length^(16,17,29,30). Thus, non significant estimates of heterosis ($P > 0.05$) have been reported for gestation length of crossbred *B. taurus* x *B. indicus*^(16,17,30) or *B. taurus* x *B. taurus*⁽³⁰⁾ dams.

In agreement with this study, a previous analysis using data from this same herd⁽⁴⁾ found that maternal heterosis did not affect ($P > 0.05$) PN. Other authors have published similar results about the little importance of maternal heterosis for birth weight^(31,32). However, the opposite was found in populations which included Brahman x Angus dams where maternal heterosis was important to increase⁽²⁰⁾ or diminish⁽³³⁾ birth weight of calves.

Otros estudios también han señalado la importancia de utilizar vacas cruzadas cuando se busca aumentar la productividad hasta el destete de los ranchos que producen becerros para la engorda^(5,12). Experimentos realizados con vacas Hereford puras y cruzadas con Angus, Simmental y Shorthorn^(6,12,27) coinciden en mostrar el incremento en los kilogramos de becerro que destetan las vacas cruzadas comparadas con las vacas puras. Por otro lado, en un estudio en el que se evaluó la productividad de nueve razas *Bos taurus* y tres poblaciones sintéticas⁽²⁹⁾ se encontró que las vacas F1 generadas a partir de las poblaciones sintéticas produjeron más kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre que los producidos por vacas Hereford, Angus y Simmental. Otro experimento en el que también se evaluó la productividad de vacas F1, encontró que vacas Angus x Hereford produjeron más kilogramos al destete comparadas con vacas Brangus x Hereford y Gelbvieh x Hereford⁽⁸⁾.

Heterosis

No fue importante h^i para LG ni h^m para PN o BN ($P > 0.05$). En contraste, h^m fue importante ($P < 0.05$) para PA210 y BD (Cuadro 1). Resultados de otros estudios coinciden con el presente análisis al mostrar que la heterosis individual no afecta de manera importante la longitud de gestación^(16,17,29,30). Así, se han estimado valores de heterosis no significativos ($P > 0.05$) para longitud de gestación, tanto en poblaciones que han incluido vacas cruzadas *B. taurus* x *B. indicus*^(16,17,30) como en poblaciones que han incluido vacas cruzadas *B. taurus* x *B. taurus*⁽³⁰⁾.

Coincidiendo con el presente estudio, otro análisis realizado con información del mismo ható⁽⁴⁾ estableció que la heterosis materna no afectó de manera importante ($P > 0.05$) el PN. Otros autores han publicado resultados similares en cuanto a la poca importancia de la heterosis materna para determinar el peso al nacimiento^(31,32). Sin embargo y discrepando con lo anterior, en estudios realizados en poblaciones que incluyeron cruzamientos Brahman x Angus se detectó que la heterosis materna fue un factor importante para aumentar⁽²⁰⁾ o disminuir⁽³³⁾ el peso al nacer de las crías.

Due to h^m PA210 was increased ($P < 0.05$) in 19.93 ± 4.7 kg (Table 1). Evidence of maternal heterosis determining weaning weight of calves have been established by different studies^(32,34,35), with heterosis estimates ranging from 16.6 ± 3.1 to 32.2 ± 3.7 kg for *B. taurus* x *B. indicus* dams^(4,20,23) and from 7.0 to 10.0 kg for *B. taurus* x *B. Taurus* dams⁽³⁵⁾. Thus, results indicate that greater levels of heterosis can be obtained when genetically diverse breeds of beef cattle are crossed. Additionally, it has been established that maternal heterosis is greater under stressful environmental conditions and limited feed availability^(33,35).

Estimates show that h^m was not significant for BN, but it was significant ($P < 0.05$) for BD. The estimate of h^m for BD indicates that, on average, GC and CG dams produced 38.6 ± 14.6 more kilograms than G and C dams (Table 1). In agreement with this result, an estimate of 33.4 ± 3.9 kg for BD was obtained in a study evaluating productivity of purebred Hereford and crossbred Angus and Simmental dams⁽⁶⁾. Similarly, an estimate of h^m of 34.6 kg was published for adjusted weaning weight per year in a herd of Hereford, Brangus and reciprocal F1 cows⁽³⁶⁾, while another study determined an average heterosis of 30.7 kg for accumulated weaning weight per year of Angus, Brahman, Hereford, Holstein, Jersey and F1 dams⁽³⁷⁾. Lower estimates of h^m have been found by other authors who evaluated the performance of *B. taurus* x *B. taurus* dams with averages of 29.6, 25.3, and 20.4 kg for BD of three composite populations⁽²⁹⁾ and averages of 13.7, 19.8, and 21.8 for BD of Hereford x Angus, Hereford x Shorthorn, and Angus x Shorthorn dams⁽⁵⁾. In contrast with previous results, an experiment with Brahman, Angus, and their reciprocal F1 crosses reported estimates of h^m of 68.5 ± 17.1 and 82.2 ± 16.6 kg for BD of dams under two management systems⁽³³⁾.

Results from this study and from literature point out the favorable effect of maternal heterosis for weaning weight per cow exposed to breeding^(29,33,35). Additionally, there is information which highlights the advantages of using crossbred dams to improve the production of beef calves

En relación a PA210, el efecto de h^m se reflejó en un incremento de 19.93 ± 4.7 kg ($P < 0.05$) para esta variable (Cuadro 1). Otros trabajos también han establecido la importancia de la heterosis materna para determinar el peso al destete de las crías^(23,32,34,35), con estimadores de heterosis que varían entre 16.6 ± 3.1 y 32.2 ± 3.7 kg para vacas cruzadas *B. taurus* x *B. indicus*^(4,20,23) mientras que para vacas cruzadas *B. taurus* x *B. taurus* los estimadores varían entre 7.0 y 10.0 kg⁽³⁵⁾. Así, estos resultados indican que los mayores niveles de heterosis se obtienen cuando el cruzamiento ocurre entre razas con gran divergencia genética. De igual manera, se ha reconocido que la influencia de la heterosis materna es mayor cuando la producción de becerros ocurre en condiciones limitadas de alimentación y en condiciones ambientales difíciles^(33,35).

Los valores de h^m indican que ésta no determinó de manera significativa ($P > 0.05$) BN aunque sí influyó ($P = 0.07$) en el comportamiento de BD. Así, el valor de h^m para BD indica que, en promedio, las vacas GC y CG produjeron 38.6 ± 14.6 kg más de becerro al destete en comparación a los kilogramos producidos por las vacas G y C (Cuadro 1). Coincidiendo con este resultado, un estimador de BD de 33.4 ± 3.9 kg fue obtenido en un estudio en el que se evaluó la productividad de vacas Hereford puras y cruzadas con Angus y Simmental⁽⁶⁾. Asimismo, un valor de h^m de 34.6 kg fue publicado para peso al destete producido por año en una población Hereford, Brangus y sus cruza F1⁽³⁶⁾, mientras que en otro estudio se determinó, para vacas Angus, Brahman, Hereford, Holstein, Jersey y sus cruza F1, una heterosis promedio de 30.7 kg para peso al destete acumulado por año⁽³⁷⁾. Otros autores han encontrado promedios menores de h^m al evaluar el comportamiento de vacas cruzadas *B. taurus* x *B. taurus*, con promedios de 29.6, 25.3 y 20.4 kg para BD de vacas de tres poblaciones sintéticas⁽²⁹⁾ y promedios de 13.7, 19.8 y 21.8 kg para BD de vacas Hereford x Angus, Hereford x Shorthorn y Angus x Shorthorn, respectivamente⁽⁵⁾. En contraste con los resultados anteriores, un experimento realizado con ganado Brahman, Angus y sus cruza F1 estimó valores de heterosis de 68.5 ± 17.1 y

through the benefits of heterosis improving the productive performance of dams and calves and contributing to reduce costs per value unit of weaned calf⁽³⁸⁾.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Maternal heterosis influenced favorably weaning weight adjusted to 210 d of age and weaning weight per cow exposed to breeding. These results point out a greater productivity through weaning of crossbred cows than purebred cows. However non significant differences were detected between Guzerat x Criollo and Criollo x Guzerat cows for any of the traits, Guzerat x Criollo cows showed a favorable trend to produce calves with higher weights at weaning and more weaning weight per cow exposed to breeding. This suggests that between the reciprocal crosses, Guzerat x Criollo cows could have the best potential to improve productivity through weaning in the tropical region of Nayarit.

End of english version

82.2 ± 16.6 kg para BD de vacas manejadas en dos sistemas de manejo⁽³³⁾.

Los resultados del presente estudio y los publicados por diferentes autores establecen el efecto favorable de la heterosis materna sobre los kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre^(5,6,23,29). De igual manera, existe información que indica que la utilización de vientres cruzados permite mejorar la producción de becerros para la engorda por medio de los beneficios que la heterosis aporta al comportamiento productivo de vacas y crías^(5,35) contribuyendo también a disminuir los costos por unidad de valor de becerro destetado⁽³⁸⁾.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

La heterosis materna influyó favorablemente el peso al destete y los kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre. Lo anterior señala una mayor productividad hasta el destete de las vacas cruzadas

en relación a las vacas puras. Aunque no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre las vacas Guzerat x Criollo y Criollo x Guzerat para ninguna de las características estudiadas, las vacas Guzerat x Criollo mostraron una tendencia favorable al producir crías con los pesos al destete más altos y producir también la mayor cantidad de kilogramos de becerro destetado por vaca en empadre. Lo anterior sugiere que entre las cruzas recíprocas las vacas Guzerat x Criollo pueden ser las de mayor potencial para mejorar la productividad hasta el destete en la región tropical de Nayarit.

LITERATURA CITADA

- SAGARPA. Informe sobre la situación de los Recursos Genéticos Pecuarios (RGP) de México. Coordinación General de Ganadería. 2002. www.sagarpa.gob.mx/Dgg.
- Martínez VG. El ganado bovino Criollo en Nayarit: Ubicación y población estimada. Sitio Experimental "El Verdineño". CIRPAC- INIFAP. Folleto Técnico Número 1. 2005.
- Martínez VG, Montaña BM, Palacios FJA. Efectos genéticos directos, maternos y heterosis individual para tasas de estro, gestación, parición y destete de vacas Criollo, Guzerat y sus cruzas F1. *Téc Pecú Méx* 2006;44(2):143-154.
- Borrayo ZA. Producción de leche de vacas Criollo, Guzerat y sus cruzas recíprocas y su relación con el crecimiento de las crías [tesis maestría]. México: Universidad Nacional Autónoma de México; 2005.
- Cundiff LV, Nuñez-Dominguez R, Dickerson GE, Gregory KE, Koch RM. Heterosis for lifetime production in Hereford, Angus, Shorthorn, and crossbred cows. *J Anim Sci* 1992;(70):2397-2410.
- Davis KC, Tess MW, Kress DD, Doornbos DE, Anderson DC. Life cycle evaluation of five biological types of beef cattle in a cow-calf range production system: II. Biological and economic performance. *J Anim Sci* 1994;(72):2591-2598.
- Jenkins TG, Ferrell CL. Productivity through weaning of nine breeds of cattle under varying feed availabilities. I. Initial evaluation. *J Anim Sci* 1994;(72):2787-2797.
- Pala A, Robison OW, McCraw RL. Evaluation of crossbred calf and cow types for the coastal plain of North Carolina. *J Anim Sci* 2000;(78):2253-2256.
- Riley DG, Sanders JO, Knutson RE, Lunt DK. Comparison of F1 *Bos indicus* x Hereford cows in Central Texas. I. Reproductive, maternal, and size traits. *J Anim Sci* 2001a;(79):1431-1438.
- Martínez VG, Bustamante GJJ, Palacios FJA, Montaña BM. Efectos raciales y heterosis materna Criollo-Guzerat para crecimiento posdestete y características de la canal. *Téc Pecú Méx* 2006;44(1):107-118.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. Síntesis geográfica de Nayarit. México. 1981.
- BIF. Beef Improvement Federation. Guidelines for uniform beef improvement programs. 8th ed. University of Georgia, Georgia. 2002.
- SAS. SAS User's Guide: statistics; SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA. 2003.
- Dickerson GE. Experimental approaches in utilizing breed resources. *Anim Breed Abstr* 1969;(37):191.
- Dickerson GE. Inbreeding and heterosis in animals. *Proceed Anim Breed Genet Symp*. In honor of Dr. J. L. Lush. Am Soc Anim Sci. Champaign, Illinois, USA. 1973;(54).
- Sacco RE, Baker JF, Cartwright TC. Production characters primiparous females of a five-breed diallel. *J Anim Sci* 1987;(64):1612-1618.
- Sacco RE, Baker JK, Cartwright TC, Long CR, Sanders JO. Measurements at calving for straightbred and crossbred cows of diverse types. *J Anim Sci* 1990;(68):3103-3108.
- Paschal JC, Sanders JO, Kerr JL. Calving and weaning characteristics of Angus, Gray Brahman, Gir, Indu-Brazil, Nellore, and Red Brahman sired F1 calves. *J Anim Sci* 1991;(69):2395-2402.
- Olson TA, Euclides FK, Cundiff LV, Koger M, Butts Jr WT, Gregory K E. Effects of breed group by location interaction on crossbred cattle in Nebraska and Florida. *J Anim Sci* 1991;(69):107-114.
- Olson TA, Peacock FM, Koger M. Reproductive and maternal performance of rotational, three-breed, and inter se crossbred cows in Florida. *J Anim Sci* 1993;(71):2322-2329.
- Riley DG, Sanders JO, Knutson RE, Lunt DK. Comparison of F1 *Bos indicus* x Hereford cows in Central Texas. II. Udder, mouth, longevity, and lifetime productivity. *J Anim Sci* 2001;(79):1439-1449.
- Bourdon MR. Understanding animal breeding. Second ed. Upper Saddle River: Prentice Hall; 2000:13-14.
- Brown MA, Phillips WA, Brown Jr. AH, Coleman SW, Jackson WG, Miesner JR. Postweaning performance of calves from Angus, Brahman, and reciprocal-cross cows grazing endophyte-infected tall fescue or common Bermudagrass. *J Anim Sci* 1999;(77):25-31.
- Ríos UA, Vega MV, Montaña BM, Lagunes LJ, Rosete FJ. Comportamiento reproductivo de vacas Brahman, Indobrazil y cruzas F1 Angus, Charolais, Hereford y Suizo Pardo x Cebu y peso al destete de sus crías. *Téc Pecú Méx* 1996;34:20-28.
- Sacco RE, Baker JF, Cartwright TC, Long CR, Sanders JO. Heterosis retention for birth and weaning characters of calves in the third generation of a five-breed diallel. *J Anim Sci* 1991;(69):4754-4762.
- Comerford JW, Bertrand JK, Benyshek LL, Johnson MH. Reproductive rates, birth weight, calving ease and 24-h calf survival in a four-breed diallel among Simmental, Limousin, Polled Hereford and Brahman beef cattle. *J Anim Sci* 1987;(64):65-76.
- Kress DD, Doornbos DE, Anderson DC. Performance of crosses among Hereford, Angus and Simmental cattle with different levels of Simmental breeding: V. Calf production, milk production and reproduction of three to eight-year-old dams. *J Anim Sci* 1990;(68):1910-1921.
- Plascencia RJ. Productividad hasta el destete de vacas Guzerat, Criollo y sus cruzas recíprocas F1 [tesis licenciatura]. Saltillo, Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; 2006.
- Gregory KE, Cundiff LV, Koch RM. Breed effects and heterosis in advanced generation of composite populations for reproduction and maternal traits of beef cattle. *J Anim Sci* 1992;(70):656-672.
- Reynolds WL, DeRouen TM, Moin S, Koonce KL. Factors influencing gestation length, birth weight and calf survival of Angus, Zebu and Zebu-cross beef cattle. *J Anim Sci* 1980;(51):860-871.

31. Sacco RE, Baker JF, Cartwright TC, Long CR, Sanders JO. Production characters of straightbred, F1 and F2 cows: Birth and weaning characters of terminal-cross calves. *J Anim Sci* 1989;(67):1972-1981.
32. Abdel-Aziz M, Showman SJ, Jordaan GF. Estimation of additive, maternal and non-additive genetic effects of preweaning growth traits in a multibreed beef cattle project. *J Anim Sci* 2003;(74):169-179.
33. Brown MA, Phillips WA, Brown Jr. AH, Jackson WG, Miesner JR. Genotype x environment interactions in Angus, Brahman, and reciprocal-cross cows and their calves grazing common Bermudagrass and Endophyte-infected tall fescue pastures. *J Anim Sci* 1997;(75):920-925.
34. Kress DD, Doornbos DE, Anderson DC, Rossi D. Performance of crosses among Hereford, Angus and Simmental cattle with different levels of Simmental breeding: VI. Maternal heterosis of 3- to 8-year old dams and the dominance model. *J Anim Sci* 1992;(70):2682-2687.
35. Long CR. Crossbreeding for beef production: Experimental results. *J Anim Sci* 1980;(51):1197-1210.
36. Winder JA, Rankin BJ, Bailey CC. Maternal performance of Hereford, Brangus, and reciprocal crossbred cows under semidesert conditions. *J Anim Sci* 1992;(70):1032-1038.
37. Sacco RE, Baker JF, Cartwright TC, Long CR, Sanders JO. Lifetime productivity of straightbred and F1 cows of a five-breed diallel. *J Anim Sci* 1989;(67):1964-1971.
38. Nuñez-Dominguez R, Dickerson GE, Cundiff LV, Gregory KE, Koch RM. Economic evaluation of heterosis and culling policies for lifetime productivity in Hereford, Angus, Shorthorn, and crossbred cows. *J Anim Sci* 1992;(70):2328-2337.