

Influencias ambientales e índice de constancia para características de crecimiento en ganado bovino Tropicarne

Environmental effects and repeatability for growth traits in Tropicarne cattle

Joel Domínguez Viveros^a, Rafael Núñez Domínguez^a, Rodolfo Ramírez
Valverde^a, Agustín Ruíz Flores^a.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar algunos factores ambientales en la variación del peso al nacimiento (PN, n=1522), al destete ajustado a 240 días (PD, n=1521), al año (PA, n=1522), a los 18 meses (P18M, n=1141), así como de la ganancia de peso del destete al año (GDA, n=1521) y del destete a los 18 meses de edad (GD18M, n=1140), así como estimar el índice de constancia (r_e) para estas características en animales Tropicarne. Los modelos incluyeron el efecto aleatorio de vaca anidada dentro de rancho, los efectos fijos de sexo de la cría (S), año (A) y época (E) de nacimiento, rancho (R), las interacciones significativas ($P < 0.05$), y las covariables edad de la vaca al parto (EV) y proporción de genes Tropicarne (PT), y PD para GDA y GD18M. Los análisis se realizaron utilizando el procedimiento Mixed de SAS. Los promedios y desviaciones estándar para PN, PD, PA, P18M, GDA y GD18M fueron 35.2 ± 1.8 , 220.2 ± 19.4 , 263.3 ± 24.6 , 323.4 ± 29.3 , 42.7 ± 19.7 y 101.6 ± 26.7 kg respectivamente. Los efectos de S, A y E fueron significativos ($P < 0.05$), excepto E ($P > 0.24$) para PD. El R sólo afectó ($P < 0.05$) PD y P18M. Las vacas con edades intermedias tuvieron los mayores PN, PD y PA, pero las menores GD18M. En general, al aumentar la PT, los pesos de los animales fueron mayores. El índice de constancia no fue diferente de cero ($P > 0.05$) para PN, GDA y GD18M, pero sí para PD (0.15 ± 0.04), PA (0.13 ± 0.04) y P18M (0.16 ± 0.04). La evaluación genética de características de crecimiento en ganado Tropicarne se debe corregir por los efectos significativos considerados en este estudio.

PALABRAS CLAVE: Tropicarne, Bovinos para carne, Repetibilidad, Trópico, Crecimiento, Efectos ambientales.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of several environmental factors on weights at birth (BW, n=1522), at weaning adjusted to 240 d (WW, n=1521), at 365 d (YW, n=1522) and at 18-mo age (W18M, n=1141); and total weight gains from weaning to one year of age (GWY, n=1521) and from weaning to 18-mo (GW18M, n=1140); and to estimate the repeatability (r_e) of these traits in Tropicarne cattle. The models included the random effect of cow nested within herd, the fixed effects of sex (S), year (Y) and season of birth (BS), herd (H), significant interactions ($P < 0.05$), the covariates cow age at calving (CA) and proportion of Tropicarne genes (TP), and WW for GWY and GW18M. Analyses were conducted using the Mixed Model Procedures of the SAS program. The means and standard deviations for BW, WW, YW, W18M, GWY and GW18M were 35.2 ± 1.8 , 220.2 ± 19.4 , 263.3 ± 24.6 , 323.4 ± 29.3 , 42.7 ± 19.7 and 101.6 ± 26.7 kg, respectively. The effects of S, Y and BS were significant ($P < 0.05$), except BS ($P > 0.24$) for WW. The H affected ($P < 0.05$) only WW and W18M. Cows with intermediate ages had the highest BW, WW and YW, but the lowest GW18M. In general, as TP augmented calf weight increased. The r_e for BW, GWY and GW18M were not different from zero ($P > 0.05$), but for WW, YW and W18M, they were 0.15 ± 0.04 , 0.13 ± 0.04 and 0.16 ± 0.04 , respectively. The results indicate that genetic evaluations for growth traits in Tropicarne cattle need to be adjusted for the significant effects of the non-genetic factors reported here.

KEY WORDS: Tropicarne, Beef cattle, Repeatability, Tropic, Growth, Environmental effects.

Recibido el 5 de marzo de 2002 y aceptado para su publicación el 6 de junio de 2002

^a Universidad Autónoma Chapingo; Posgrado en Producción Animal. Carretera México - Texcoco Km 38.5, Chapingo, Méx. 56230. Tel 595 9521621, 595 9521500 ext 5094. rafael.nunez@correo.chapingo.mx. Correspondencia y solicitud de separatas al segundo autor.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de cruzamiento entre razas bovinas se utilizan por productores comerciales como una estrategia para incrementar la eficiencia en producción de carne; sin embargo, para productores con hatos pequeños (menos de 30 vacas), la utilización de sistemas de cruzamiento convencionales resulta ineficiente. Para este tipo de productor se justifica el desarrollo de razas sintéticas, con el propósito de retener un porcentaje considerable de heterosis individual, materna y paterna, así como la combinación de las características deseables de las razas fundadoras⁽¹⁾.

Un grupo de ganaderos de la región tropical de México (sur Tamaulipas y norte de Veracruz) diseñó una serie de cruzamientos para formar una raza sintética, basando sus decisiones de selección en el comportamiento productivo y reproductivo de los animales, y en su capacidad para adaptarse a los sistemas de producción en regiones tropicales. Después de muchos años, desarrollaron la primer raza de ganado bovino mexicana, Tropicarne, especializada en producción de carne en condiciones tropicales, con la composición racial aproximada de 63 % Senepol, 23 % Barzona, 9 % Brahman y 5 % Charolais.

Para la identificación de criterios objetivos de selección en la raza Tropicarne, como son las predicciones de valores genéticos, se requiere de la caracterización del ganado de acuerdo con las influencias no genéticas, para incluir su corrección en la metodología de evaluación genética. Los factores no genéticos incluyen las condiciones en las que se desarrolla el animal, como el hato, año y estación, edad o número de parto de la vaca, así como las inherentes al animal, como el sexo, la edad, estado fisiológico, etc. Tanto el índice de constancia como los efectos ambientales que determinan la variación en las características de crecimiento de bovinos para carne, son diferentes en magnitud según la zona ecológica, el sistema de explotación y la población que se estudia⁽²⁾.

Debido a que Tropicarne es una raza que no ha sido estudiada previamente, el objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos de algunos factores

INTRODUCTION

Commercial producers use cattle crossbreeding systems as a strategy to increase meat production efficiency. However, conventional crossbreeding systems are inefficient for producers with small size herds (less than 30 cows). The development of synthetic breeds is justified for these producers in their efforts to retain a considerable portion of individual, maternal and paternal heterosis, and the desirable traits of the founder breeds⁽¹⁾.

A group of cattle producers in a tropical region of Mexico (southern Tamaulipas and northern Veracruz) designed a series of crossbreedings to develop a synthetic breed. They based their selection decisions on productive and reproductive performance, and on animal adaptability to tropical production systems. After a number of years, they developed the first Mexican cattle breed, called Tropicarne. This breed is specialized in meat production under tropical conditions. It has an approximate breed composition of 63 % Senepol, 23 % Barzona, 9 % Brahman and 5 % Charolais.

To identify objective criteria for Tropicarne breed selection, such as genetic values, the cattle need to be characterized according to their non-genetic values, so corrections for them can be included in the genetic evaluation. Non-genetic factors include animal development conditions, i. e., herd, year and season, cow age or number of calvings, and aspects inherent to the animal such as sex, age, physiological condition, etc. Both the repeatability and environmental effects that determine variation of growth traits in beef cattle vary in magnitude according to the ecological zone, production system and studied population⁽²⁾.

The Tropicarne breed has not been studied previously. The objectives of this study were to evaluate the effects of some non-genetic factors that affect variation in weights at birth, weaning, one year and 18 months of age; and total weight gains from weaning to one year and to 18 months of age; and to estimate the repeatability for these traits.

no genéticos que inciden en la variación del peso al nacimiento, al destete, al año y a los 18 meses de edad, y de la ganancia de peso total del destete al año y del destete a los 18 meses de edad en el ganado bovino Tropicarne, así como estimar el índice de constancia para estas características.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información analizada es parte de la base de datos de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Tropicarne, y en específico de dos ranchos de los criadores, los cuales se localizan en los municipios de Ozuluama y Tampico Alto, Ver., que son parte de la huasteca veracruzana, a 22° 07' Norte y 97° 48' Oeste, con altitud de 20 m. El clima de la región es cálido subhúmedo (Aw1) con lluvias en verano, temperatura promedio anual entre 24 y 28 °C y precipitación pluvial de 1,000 a 1,200 mm anuales distribuidos de julio a octubre; con período de secas de marzo a junio y la temporada de nortes de noviembre a febrero⁽³⁾.

La Asociación Tropicarne lleva tres libros de grados de pureza (1/2, 3/4 y 7/8 de Tropicarne) y dos libros de pureza de raza (15/16 y 31/32 de Tropicarne), donde se registran los antecedentes genealógicos de los animales, la identificación del animal de acuerdo con el propietario, el número de registro del animal asignado por la Asociación, las características de tipo de acuerdo con el patrón racial, y las características de crecimiento con base en el peso vivo a diferentes edades. En los libros de grados de pureza sólo se registran hembras, mientras que en los de pureza de raza se registran machos y hembras. El número de sementales que produjeron crías 1/2, 3/4, 7/8, 15/16 y 31/32 fueron 25, 57, 64, 75 y 54, respectivamente.

Los sistemas de producción son típicos de la regiones tropicales: alimentación con base en pastoreo (*Panicum maximum* y *Cynodon plectostachyus*, principalmente), empadre durante todo el año (con una asignación de 25 a 30 hembras por semental), con tendencia a concentrarse en los meses de julio a agosto, y de febrero a marzo. El destete se realiza alrededor de los ocho meses de edad; asignándose posteriormente al pastoreo

MATERIALS AND METHODS

The information used in this study is part of the Mexican Association of Tropicarne Cattle Breeders (Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Tropicarne) database. The data came from two breeding herds in the state of Veracruz, located in the counties of Ozuluama and Tampico Alto. These herds are located in the Huasteca region of Veracruz, at 22° 07' North and 97° 48' West, and at 20 masl. The regional climate is subhumid hot (Aw1), with summer rains and annual average temperature between 24 and 28 °C. Annual rainfall ranges between 1,000 and 1,200 mm, which mostly falls between July and October. The rest of the seasonal cycle includes a dry season from March to June and a northwind season from November to February⁽³⁾.

The Tropicarne Association maintains three degree of purity (1/2, 3/4 and 7/8 Tropicarne) and two breed purity record books (15/16 and 31/32 Tropicarne). These records include the pedigree of the animal, animal identification by owner, animal register number as assigned by the association, animal traits according to the breed pattern, and growth traits based on live weight at different ages. The degree of purity record books include only females, while the breed purity record books include both females and males. A total of 25 sires were used to produce animals 1/2, 57 to produce 3/4, 64 for 7/8, 75 for 15/16 and 54 for 31/32 Tropicarne.

The production systems are typical of the region. They include grazing (mainly *Panicum maximum* and *Cynodon plectostachyus*), and a year-round breeding season (25 to 30 cows per sire) concentrated from July to August and from February to March. Calves are weaned at around eight months of age. After weaning, females and males are assigned to separate grazing areas. The animals receive vitamins and minerals according to the criteria of the producers. External deworming is carried out when required, and internal deworming is rarely used. Selection of animals to be registered in the Tropicarne Association record books is carried out at one year of age, based on the breed pattern indicated in the Technical Guidelines of

hembras y machos por separado, con suministro de vitaminas y minerales a criterio del productor. La desparasitación externa se realiza según incidencia, y rara vez se desparasita internamente. La selección de los animales para su inscripción en los libros de registro de la Asociación Tropicarne se lleva a cabo al año de edad, con base en el patrón racial señalado en el reglamento técnico de la Asociación⁽⁴⁾. Las hembras seleccionadas se crían para reemplazo y los machos continúan evaluándose hasta los 18 meses para identificar prospectos a sementales, el resto se destina al sacrificio. La proporción de animales destetados con información de peso a los 18 meses fue de 54 % para los machos y 83 % para las hembras.

Las características analizadas fueron los pesos al nacimiento (PN, n=1522), al destete ajustado a 240 días (PD, n=1521), al año (PA, n=1522) y a los 18 meses de edad (P18M, n=1141), así como la ganancia de peso del destete al año (GDA, n=1521) y del destete a los 18 meses de edad (GD18M, n=1140), de los animales nacidos de 1977 a 1998. Con el propósito de reducir el desbalance en los datos e incrementar el número de observaciones por subclase, para todas las características se agruparon los años 1977 a 1985 en una subclase. Para PA y GDA se agruparon en una subclase los años de 1996 a 1998, y para P18M y GD18M se agruparon los años 1989 y 1990 en una subclase, y de 1995 a 1998 en otra.

Los modelos estadísticos, después de eliminar las interacciones dobles y covariables no significativas ($P > 0.05$) en análisis preliminares, fueron los siguientes:

- $PN_{ijklmn} = \mu + S_i + A_j + E_k + R_l + V_m(R_l) + (SxA)_{ij} + (AxE)_{jk} + b_1(EV - \hat{\mu}_{EV}) + b_{11}(EV - \hat{\mu}_{EV})^2 + b_2(PT - \hat{\mu}_{PT}) + b_{22}(PT - \hat{\mu}_{PT})^2 + e_{ijklmn}$
- $PD_{ijklmn} = \mu + S_i + A_j + E_k + R_l + V_m(R_l) + (SxA)_{ij} + (AxE)_{jk} + (SxE)_{ik} + (AxR)_{jl} + (ExR)_{kl} + b_1(EV - \hat{\mu}_{EV}) + b_{11}(EV - \hat{\mu}_{EV})^2 + b_2(PT - \hat{\mu}_{PT}) + b_{22}(PT - \hat{\mu}_{PT})^2 + e_{ijklmn}$

the Tropicarne Association⁽⁴⁾. Selected females are bred for replacement and the males are evaluated until 18 months of age to identify potential sires. The remaining animals are sent to slaughter. A total of 54 % of weaned males and 83% of weaned females had weight information at 18 months of age.

The traits analyzed were birth weight (BW, n=1522), 240-day adjusted weaning weight (WW, n=1521), yearling weight (YW, n=1522), weight at 18 months (W18M, n=1141), and total weight gains from weaning to one year (GWY, n=1521) and from weaning to 18 months of age (GW18M, n=1140). The animals included in the analyses were born from 1977 to 1998. To reduce data imbalance and increase the number of observations per subclass, the years 1977 to 1985 were grouped in a single subclass for all traits. The YW and GWY records from 1996 to 1998 were grouped in a subclass. The W18M and GW18M records were grouped in one subclass from 1989 to 1990, and in other from 1995 to 1998.

After deleting non-significant double interactions and covariates ($P > 0.05$) during preliminary analyses, the following statistical models were used:

- $BW_{ijklmn} = \mu + S_i + Y_j + BS_k + H_l + C_m(H_l) + (SxY)_{ij} + (YxBS)_{jk} + b_1(CA - \hat{\mu}_{CA}) + b_{11}(CA - \hat{\mu}_{CA})^2 + b_2(TP - \hat{\mu}_{TP}) + b_{22}(TP - \hat{\mu}_{TP})^2 + e_{ijklmn}$
- $WW_{ijklmn} = \mu + S_i + Y_j + BS_k + H_l + C_m(H_l) + (SxY)_{ij} + (YxBS)_{jk} + (SxBS)_{ik} + (YxH)_{jl} + (BSxH)_{kl} + b_1(CA - \hat{\mu}_{CA}) + b_{11}(CA - \hat{\mu}_{CA})^2 + b_2(TP - \hat{\mu}_{TP}) + b_{22}(TP - \hat{\mu}_{TP})^2 + e_{ijklmn}$
- $YW_{ijklmn} = \mu + S_i + Y_j + BS_k + H_l + C_m(H_l) + (SxY)_{ij} + (YxBS)_{jk} + b_1(CA - \hat{\mu}_{CA}) + b_{11}(CA - \hat{\mu}_{CA})^2 + b_2(TP - \hat{\mu}_{TP}) + e_{ijklmn}$
- $W18M_{ijklmn} = \mu + S_i + Y_j + BS_k + H_l + C_m(H_l) + (SxY)_{ij} + (YxBS)_{jk} + (YxH)_{jl} +$

$$\cdot PA_{ijklmn} = \mu + S_i + A_j + E_k + R_l + V_m(R_l) + (SxA)_{ij} + (AxE)_{jk} + b_1(EV - \hat{\mu}_{EV}) + b_{11}(EV - \hat{\mu}_{EV})^2 + b_2(PT - \hat{\mu}_{PT}) + e_{ijklmn}$$

$$\cdot P18M_{ijklmn} = \mu + S_i + A_j + E_k + R_l + V_m(R_l) + (SxA)_{ij} + (AxE)_{jk} + (AxR)_{jl} + b_2(PT - \hat{\mu}_{PT}) + b_{22}(PT - \hat{\mu}_{PT})^2 + b_2(PT - \hat{\mu}_{PT}) \times R_l + b_{22}(PT - \hat{\mu}_{PT})^2 \times R_l + e_{ijklmn}$$

$$\cdot GDA_{ijklmn} \text{ y } GD18M_{ijklmn} = \mu + S_i + A_j + E_k + R_l + V_m(R_l) + (SxA)_{ij} + (AxE)_{jk} + b_2(EV - \hat{\mu}_{EV}) + b_{22}(EV - \hat{\mu}_{EV})^2 + b_3(PD - \hat{\mu}_{PD}) + e_{ijklmn}$$

donde:

- μ : Media general,
- S_i : Efecto fijo del i - ésimo sexo de la cría (i = 1 y 2),
- A_j : Efecto fijo del j - ésimo año de nacimiento (j = 1, 2, ..., 13),
- E_k : Efecto fijo de la k - ésima época de nacimiento (k = 1, 2 y 3),
- R_l : Efecto fijo del l - ésimo rancho del criador (l = 1 y 2),
- $V_m(R_l)$: Efecto aleatorio de la m - ésima vaca anidada en el l - ésimo rancho, distribuido NI (0, σ^2_v),
- $(SxA)_{ij}$: Efecto fijo de la interacción entre el i - ésimo sexo de la cría y el j - ésimo año de nacimiento,
- $(AxE)_{jk}$: Efecto fijo de la interacción entre el j - ésimo año de nacimiento y la k - ésima época de nacimiento,
- $(SxE)_{ik}$: Efecto fijo de la interacción entre el i - ésimo sexo de la cría y la k - ésima época de nacimiento,
- $(AxR)_{jl}$: Efecto fijo de la interacción entre el j - ésimo año de nacimiento y el l - ésimo rancho del criador,
- $(ExR)_{kl}$: Efecto fijo de la interacción entre la k - ésima época de nacimiento y l - ésimo rancho del criador,

$$b_2(TP - \hat{\mu}_{TP}) + b_{22}(TP - \hat{\mu}_{TP})^2 + b_2(TP - \hat{\mu}_{TP}) \times H_l + b_{22}(TP - \hat{\mu}_{TP})^2 \times H_l + e_{ijklmn}$$

$$\cdot GWY_{ijklmn} \text{ and } GW18M_{ijklmn} = \mu + S_i + Y_j + BS_k + H_l + C_m(H_l) + (SxY)_{ij} + (YxBS)_{jk} + b_2(CA - \hat{\mu}_{CA}) + b_{22}(CA - \hat{\mu}_{CA})^2 + b_3(WW - \hat{\mu}_{WW}) + e_{ijklmn}$$

where:

- μ : Overall mean,
- S_i : Fixed effect of the i - th sex of calf (i = 1 and 2),
- Y_j : Fixed effect of the j - th year of birth (j = 1, 2, ..., 13),
- BS_k : Fixed effect of the k - th season of birth (k = 1, 2 and 3),
- H_l : Fixed effect of the l - th herd (l = 1 and 2),
- $C_m(H_l)$: Random effect of the m - th cow nested in the l - th herd, NID (0, σ^2_v),
- $(SxY)_{ij}$: Fixed effect of interaction between the i - th sex of calf and the j - th year of birth,
- $(YxBS)_{jk}$: Fixed effect of interaction between the j - th year of birth and the k - th season of birth,
- $(SxBS)_{ik}$: Fixed effect of interaction between the i - th sex of calf and the k - th season of birth,
- $(YxH)_{jl}$: Fixed effect of interaction between the j - th year of birth and the l - th herd,
- $(BSxH)_{kl}$: Fixed effect of interaction between the k - th season of birth and the l - th herd,
- CA : Age of cow at calving (days) as covariate,
- b_1, b_{11} : Linear and quadratic regression coefficients associated to cow age at calving,
- TP : Proportion of Tropicarne genes as covariate,

- EV: Edad de la vaca al parto (días) como covariable,
- b₁, b₁₁: Coeficientes de regresión lineal y cuadrático asociados con la edad de la vaca al parto,
- PT: Proporción de genes Tropicarne como covariable,
- b₂, b₂₂: Coeficientes de regresión lineal y cuadrático asociados con la proporción de genes Tropicarne,
- PD: Peso al destete como covariable,
- b₃: Coeficiente de regresión lineal asociado con el peso al destete,
- $\hat{\mu}$: Media estimada de la respectiva covariable, y
- e_{ijklmn}: Efecto residual distribuido NI (0, σ^2_e).

- b₂, b₂₂: Linear and quadratic regression coefficients associated to proportion of Tropicarne genes,
- WW: Weaning weight as covariate,
- b₃: Linear regression coefficient associated to weaning weight,
- $\hat{\mu}$: Estimated mean of the respective covariate, and
- e_{ijklmn}: Residual effect, NID (0, σ^2_e).

Los análisis se realizaron utilizando el procedimiento Mixed del paquete estadístico SAS⁽⁵⁾. Para probar diferencias entre ranchos se utilizó como término de error el cuadrado medio de vaca dentro de rancho, mientras que para los demás efectos en el modelo se utilizó el cuadrado medio de residuales. Las comparaciones entre medias se realizaron con la prueba de Tukey.

Los componentes de varianza para vaca anidada dentro de rancho y residual se estimaron mediante el procedimiento de máxima verosimilitud restringida. Con estos componentes se estimó el índice de constancia o repetibilidad (\hat{r}_e) para las variables de respuesta, a través del cociente del componente de varianza de vaca anidada dentro de rancho sobre la varianza fenotípica. El error estándar aproximado del índice de constancia [EE(\hat{r}_e)] se calculó con la suposición de que tiene una distribución normal y que hay un número desigual de observaciones por vaca⁽⁶⁾:

$$\hat{r}_e = \sigma^2_v / (\sigma^2_v + \sigma^2_e)$$

donde:

\hat{r}_e = estimador del índice de constancia o repetibilidad,

The analyses were performed using the Mixed Procedure of the SAS statistical package⁽⁵⁾. The mean squares of cows within herd was used as the error term to test differences between herds, while the residual mean squares was used for the remaining effects in the model. Comparison of means was performed using the Tukey test.

Variance components for cow nested within herd and residual were estimated using a restricted maximum likelihood procedure. Then, these components were used to estimate the repeatability (\hat{r}_e) for the variables studied, through the ratio of the cow variance component nested in herd and the phenotypic variance. The approximate standard error for the repeatability [SE(\hat{r}_e)] was estimated under the assumption that it is normally distributed and with unequal number of observations per cow⁽⁶⁾:

$$\hat{r}_e = \sigma^2_c / (\sigma^2_c + \sigma^2_e)$$

where:

\hat{r}_e = repeatability estimate,

σ^2_c = cow nested within herd variance component estimate, and

σ^2_e = residual variance component estimate.

$$SE(\hat{r}_e) = \{2 (m - 1) (1 - r_e)^2 [1 + (k - 1) r_e]^2\}^{1/2} / [k^2 (m - N) (N - 1)]$$

σ_v^2 = estimador del componente de varianza de vaca anidada dentro de rancho, y

σ_e^2 = estimador del componente de varianza residual.

$$EE(\hat{r}_e) = \{2 (m-1) (1-r_e)^2 [1 + (k-1) r_e^2] \}^{1/2} / [k^2 (m-N) (N-1)]$$

donde:

$k = [1 / (N - 1)] [m - (\sum M_k^2) / m]$,

$m =$ es el número total de observaciones,

$M_k =$ es el número de observaciones en la k -ésima vaca, y

$N =$ es el número total de vacas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los promedios generales y desviaciones estándar para PN, PD, PA, P18M, GDA y GD18M fueron 35.2 ± 1.8 , 220.2 ± 19.4 , 263.3 ± 24.6 , 323.4 ± 29.3 , 42.7 ± 19.7 y 101.6 ± 26.7 kg, respectivamente.

El PN obtenido en el presente estudio es superior a la mayoría de los pesos al nacimiento mencionados para animales Cebú y cruza con Cebú en condiciones tropicales^(2,7,8). Cabe señalar que en la ganadería bovina es importante que los becerros nazcan con pesos intermedios, ya que generalmente tienen una mayor sobrevivencia posnatal y mejores tasas de crecimiento que los becerros con pesos extremos. El peso al nacimiento alto está asociado con partos distócicos, afectando el crecimiento del becerro^(7,9), mientras que los becerros que nacen con peso bajo tienen una menor sobrevivencia posnatal⁽⁹⁾.

El peso al destete del presente estudio es superior al mencionado por algunos autores en ganado Brahman bajo condiciones tropicales^(8,10). El PD es una característica importante en condiciones tropicales, ya que: a) refleja la ganancia predestete que ha tenido el becerro, lo que es importante ya que durante esta etapa generalmente se presenta la tasa de crecimiento más alta de la vida de los

where:

$k = [1 / (N - 1)] [m - (\sum M_k^2) / m]$,

$m =$ is the total number of observations,

$M_k =$ is the number of observations of the k -th cow, and

$N =$ is the total number of cows.

RESULTS AND DISCUSSION

The overall means and standard deviations were 35.2 ± 1.8 for BW, 220.2 ± 19.4 for WW, 263.3 ± 24.6 for YW, 323.4 ± 29.3 for W18M, 42.7 ± 19.7 for GWY, and 101.6 ± 26.7 kg for GW18M.

The BW in the current study was higher than most reported BW for Zebu and Zebu crosses in tropical conditions^(2,7,8). In beef cattle production, it is important that calves are born at intermediate weights. This usually results in greater postnatal survival and better growth rates than those calves with extremely low or high BW. High BW is associated with dystocic calvings, which affects calf growth^(7,9), while low BW results in low postnatal survival⁽⁹⁾.

The WW in the current study is higher than the reported for Brahman in tropical conditions^(8,10). The WW is important under tropical conditions for a number of reasons. It reflects pre-weaning calf weight gain, which is significant at this stage because it is when the animals show their highest growth rate of their life. They reach from 25 to 35 % of their final weight (commonly reached at three or more years) within the first eight months^(9,11). In addition, it is an indicator of economic efficiency, since in the cow-calf production system includes the sale of the animal at weaning⁽⁹⁾. Finally, it is a measure of calf growth potential and the maternal aptitude of its dam^(11,12).

Postweaning growth can be measured using average daily weight gain up to a certain age or for a given period of time, or weighting the animals at the same age. This is the main indicator of the potential animal growth. Post-weaning weights recorded in the current study were higher than those reported

animales, logrando a los ocho meses de edad del 25 al 35 % de su peso final, que comúnmente se alcanza de los tres años en adelante^(9,11); b) constituye un indicador de la eficiencia económica de las explotaciones, ya que en el sistema vaca-becerro involucra la venta del animal al destete⁽⁹⁾; y c) es una medida del potencial de crecimiento del becerro y de las cualidades de la madre^(11,12).

En la fase posdestete se puede evaluar el crecimiento por el promedio de la ganancia diaria hasta una cierta edad o durante un determinado lapso, o por un peso a una edad uniforme, y es el principal indicativo del potencial de crecimiento del animal. Los pesos observados en el presente trabajo a edades posteriores al destete son superiores a los mencionados por diversos autores^(10,13) en ganado Brahman en condiciones tropicales y alimentación con base en pastoreo.

El comportamiento pre y posdestete del ganado Tropicarne fue generalmente superior al del ganado

for Brahman cattle in tropical conditions with grazing-based feeding^(10,13).

Pre and post-weaning weight gains of the Tropicarne cattle were generally superior to that of Zebu in the tropics. This may be due to the retained heterosis percentage (54.4 %), as a result of the crossbreeding scheme used to develop this breed, and to differences in forage resources and management practices commonly used in the tropics.

Non-genetic effects

The results of the analyses of variance for the fixed effects included in the models for the six analyzed traits are shown in Table 1.

Year of birth. All studied traits were affected ($P < 0.01$) by year of birth. The same result has been found in most reports in the literature^(2,8,10). Also, the interactions involving this effect were important for all the traits.

Cuadro 1. Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos fijos en los análisis de varianza para diversos pesos en ganado Tropicarne

Table 1. Significance level (probability) of fixed effects in the analysis of variance for Tropicarne cattle at different body weights

Sources of variation	Body weights					
	BW	WW	YW	W18M	GWY	GW18M
Sex (S)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Year of birth (Y)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Season of birth (BS)	0.0075	0.2395	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Herd (H)	0.2919	0.0072	0.0907	0.0486	0.6072	0.1100
S x Y	0.0471	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
S x BS		0.0202				
Y x BS	0.0031	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Y x H		0.0120		0.0319		
BS x H		0.0105				
Trop. Prop. ¹ , linear (TPL)	0.0001	0.0233	0.0036	0.0549		
Trop. Prop., quadratic (TPQ)	0.0001	0.0109		0.0502		
Age of cow, linear	0.0004	0.0001	0.0001			0.0029
Age of cow, quadratic	0.0139	0.0001	0.0019			0.0082
Weaning weight, linear					0.0001	0.0001
TPL x H				0.0353		
TPQ x H				0.0270		

¹ Trop. Prop. = Proportion of Tropicarne genes.

BW = Birth weight; WW = weaning weight; YW = yearling weight; W18M = weight at 18 months; GWY = weight gain from weaning to one year; GW18M = weight gain from weaning to 18 months.

Cebú en el trópico, posiblemente debido al porcentaje de heterosis retenido (54.4 %), producto del esquema de cruzamiento utilizado en su formación, y a diferencias en recursos forrajeros y en prácticas de manejo que comúnmente se presentan en el trópico.

Efectos no genéticos

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de varianza para los efectos fijos incluidos en los modelos de las seis características analizadas.

Año de nacimiento. Todas las características estudiadas estuvieron influenciadas ($P < 0.01$) por el año de nacimiento, lo cual coincide con la mayoría de los reportes en la literatura^(2,8,10); además, en todos los casos se encontraron interacciones involucrando este efecto.

Las interacciones año por época de nacimiento ($P < 0.01$) y año por sexo ($P < 0.05$) influyeron en la variabilidad de todas las características estudiadas, indicando que las diferencias entre sexos o entre épocas, se modifican a través de los años.

La interacción de año por época de nacimiento de los becerros ha sido mencionada en otros estudios en condiciones tropicales, para PN y PD de ganado Cebú comercial, cuando las épocas son definidas de manera similar al presente trabajo⁽¹⁴⁾; para PN y PD definiendo sólo dos épocas de nacimiento, lluvias y secas⁽⁷⁾; y para PN y PD en sistemas de producción donde las épocas de parto son de diciembre a marzo y de junio a septiembre⁽¹⁵⁾.

La interacción entre sexo y año de nacimiento también ha sido encontrada por otros autores⁽¹⁵⁾ para PD, considerando varios genotipos cruzados (*Bos taurus x Bos indicus*); efecto que puede atribuirse a que la magnitud en las diferencias de peso, generalmente a favor de los machos, difiere a través de los años.

La interacción de año de nacimiento por rancho afectó ($P < 0.04$) el comportamiento del PD y P18M, indicando que las diferencias entre ranchos varían a través de los años. Dada la naturaleza del efecto de año de nacimiento, el cual incluye

The interactions of year by season of birth ($P < 0.01$) and sex of calf by year of birth ($P < 0.05$) affected variability in all the studied traits. This means that the differences between sex of calf and season of birth change over time.

The interaction of year by season of birth has been reported previously under tropical conditions for BW and WW in commercial zebu cattle, when seasons were defined in a similar way as in the present study⁽¹⁴⁾; for BW and WW when only two birth seasons were defined (rainy and dry seasons)⁽⁷⁾; and for BW and WW in production systems with seasons of birth from December to March and from June to September⁽¹⁵⁾.

The interaction of sex of calf by year of birth has also been reported previously for WW in various crossbred genotypes (*Bos taurus x Bos indicus*)⁽¹⁵⁾. This effect can be attributed to variation in the magnitude of weight differences over time, generally in favor of males.

The interaction of year of birth by herd affected ($P < 0.04$) BW and W18M. This indicates that differences between herds vary over time. The effect of year of birth includes temperature, rainfall, and other unpredictable elements^(2,14,16), and given the number of years included in the study, the mean effects of sex, season and herd over time were estimated.

Sex of calf. This effect was significant ($P < 0.01$) for all the traits. Males surpassed females by 4.9 % in BW, 23.3 % in YW, 38.3 % in W18M, 99.7 % in GWY, and 108.4 % in GW18M (Table 2). The higher BW of the males than the females is within the range of values previously reported, which range from 2.3 to 5.7 %^(2,8,17). The superiority of males over females for postweaning weight traits is higher than those reported for animals under grazing conditions, with values ranging from 10 to 30 %^(10,13,18). In addition to the greater growth potential of males, the notorious difference between male and female growth may be the result of different management of males and females, and higher selection pressure for prospective sires in comparison to females.

influencias de la temperatura, precipitación y otras que son impredecibles^(2,14,16), y considerando el número de años en el estudio, se obtuvieron los efectos promedio de sexo, estación y rancho a través de los años.

Sexo de la cría. El sexo de la cría fue importante ($P < 0.01$) para todas las características analizadas; los machos superaron a las hembras para PN, PA, P18M, GDA y GD18M en 4.9, 23.3, 38.3, 99.7 y 108.4 %, respectivamente (Cuadro 2). La superioridad de los machos respecto a las hembras para PN está dentro de los valores mencionados por otros autores^(2,8,17), variando de 2.3 a 5.7 %. Los porcentajes de superioridad de los machos con respecto a las hembras para diversos pesos posdestete, son superiores a los publicados por otros autores^(10,13,18) en animales alimentados principalmente con base en pastoreo, cuyos valores oscilan entre 10 y 30 %. La gran superioridad en comportamiento de los machos sobre las hembras, principalmente después del destete, refleja posiblemente, además del mayor potencial de crecimiento de los machos, el efecto del manejo diferencial de machos y hembras, y la mayor presión de selección en los machos prospectos a sementales en comparación con las hembras.

El PD fue influenciado ($P < 0.03$) por la interacción sexo con época de nacimiento. Esta interacción

The interaction of sex of calf by season of birth affected ($P < 0.03$) WW. This may result from the fact that, because of their greater potential growth, males born during the dry season reached higher weaning weights than females (31.1 kg), by taking advantage of the increased forage availability during the rainy season. In contrast, males born during the rainy season were more stressed because of lower forage availability during the dry season, which reduced their superiority (15.0 kg) over the females (Figure 1). A similar effect for this interaction was found in another study⁽¹⁴⁾. In that study, the growth in commercial Zebu cattle was evaluated, and the seasons were defined as northwind, dry, and rainy. A sex of calf by month of birth interaction has also been reported in production systems with a season of birth from August to November⁽¹⁸⁾.

Season of birth. This effect was significant ($P < 0.01$) for all the studied traits, except WW. Yearling weight was lower ($P < 0.05$) for animals born during the dry season, likely due to the pre-weaning growth of these animals during the rainy and northwind seasons, and their post-weaning growth during the more critical dry season, which affected GWY (Table 2). In contrast, these animals had the highest W18M ($P < 0.01$) and GW18M ($P < 0.05$), likely because their growth from one year to 18 months was favored by greater nutrient availability during the rainy season, which positively affected GW18M.

Cuadro 2. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar para diversos pesos de acuerdo con la época de nacimiento y el sexo en ganado Tropicarne (kg)

Table 2. Least square means and standard errors for different body weights of Tropicarne cattle according to season of birth and sex of calf (kg)

	Body weights				
	BW	WW	W18M	GWY	GW18M
Season					
Northwind	35.4±0.1 ^b	284.9±1.6 ^b	352.3±5.3 ^b	55.5±1.3 ^a	130.0±2.3 ^a
Dry	35.8±0.1 ^a	276.6±1.6 ^a	364.0±5.3 ^a	48.5±1.3 ^b	142.9±2.3 ^b
Rainy	35.8±0.3 ^a	285.3±4.3 ^b	357.8±8.5 ^b	59.5±3.4 ^a	130.0±6.7 ^a
Sex					
Male	36.5±0.2 ^a	311.5±2.5 ^a	415.2±6.1 ^a	72.7±2.0 ^a	181.6±3.6 ^a
Female	34.8±0.1 ^b	253.1±1.9 ^b	300.9±5.3 ^b	36.3±1.4 ^b	87.1±2.8 ^b

BW= Birth weight; WW= weaning weight; YW= yearling weight; W18M= weight at 18 months; GWY= weight gain from weaning to one year; GW18M= weight gain from weaning to 18 months.

ab Different letters in the same column indicate significant differences within season and sex ($P < 0.05$).

puede deberse a que los machos que nacieron en la época de secas, debido a su mayor potencial de crecimiento, aprovecharon mejor que las hembras la mayor disponibilidad de forraje durante las lluvias y nortes, logrando mayores pesos al destete (31.1 kg); mientras que los nacidos en las lluvias fueron más estresados en la época de menor disponibilidad de forraje, reduciéndose su superioridad (15.0 kg) sobre las hembras (Figura 1). Un efecto similar se mencionó en otro estudio⁽¹⁴⁾, donde evaluando el crecimiento del ganado Cebú comercial en dos hatos, y con épocas definidas como nortes, seca y lluvias, se observó la interacción de sexo con época de nacimiento en uno de los hatos. Asimismo, en sistemas de producción con estación de partos de agosto a noviembre se observó la interacción entre sexo y mes de nacimiento⁽¹⁸⁾.

Época de nacimiento. La época de nacimiento afectó ($P < 0.01$) todas las características estudiadas, con excepción de PD. En el Cuadro 2 se observa que el menor PA ($P < 0.05$) fue para los animales nacidos en la época seca, lo que puede atribuirse a que estos animales tuvieron su crecimiento predestete durante las épocas de lluvias y nortes, sin embargo, su crecimiento del destete al año de edad fue en la época más crítica del año, afectando negativamente la GDA. Por otra parte, el mayor

The interaction of season of birth by herd was significant ($P < 0.05$) for WW. This means that the differences in WW, product of inter season differences (mainly between rainy and dry seasons), were different from one herd to the other (Figure 2). Some authors stated that climatic factors were not the most important effects between herd weight differences, but the management practices used during different seasons (e.g. supplements or stocking rate) affected the magnitude of season effects⁽¹⁴⁾.

Herd. The effect of herd was significant for WW ($P < 0.01$) and W18M ($P < 0.05$). Calf WW for herd 2 was 8.5 kg higher than that for herd 1, which may result from variations in management and forage resources^(14,17).

Interactions of herd by the covariate proportion of Tropicarne genes (linear and quadratic) affected ($P < 0.04$) variation in W18M. This means that W18M was different according to the proportion of Tropicarne genes between herds. This can be interpreted as genotype by environment interaction.

Age of cow at calving. This effect varied from 2.0 to 15.1 years, and affected variation of the studied traits in its linear ($P < 0.01$) and quadratic ($P < 0.02$) functions. The BW, WW and YW results were

Figura 1. Interacción entre sexo y época de nacimiento para peso al destete en ganado Tropicarne

Figure 1. Sex of calf by season of birth interaction for weaning weight in Tropicarne cattle

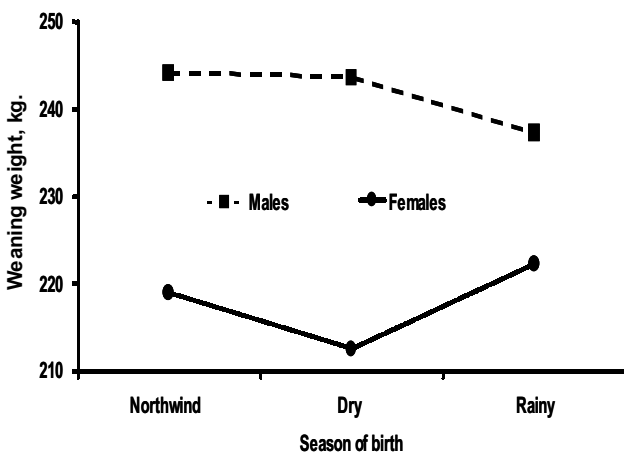
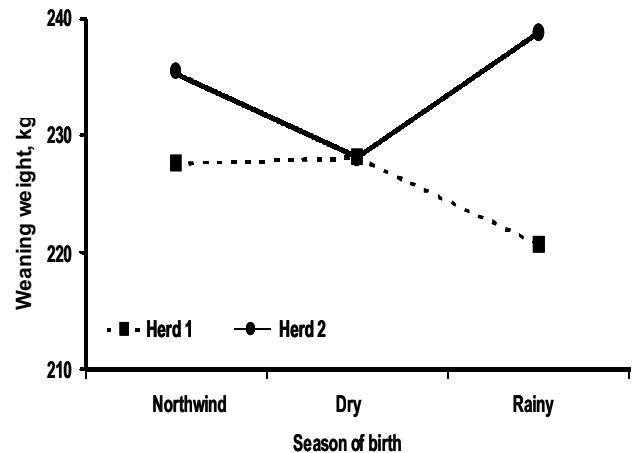


Figura 2. Interacción entre rancho y época de nacimiento para peso al destete en ganado Tropicarne

Figure 2. Herd by season of birth interaction for weaning weight in Tropicarne cattle



P18M ($P < 0.01$) y la mayor GD18M ($P < 0.05$) fue para los animales nacidos en la época de seca, ya que su crecimiento del año a los 18 meses estuvo favorecido por la mayor disponibilidad de nutrientes en la época de lluvias, afectando positivamente la GD18M.

La interacción época de nacimiento con rancho fue un factor importante ($P < 0.05$) en la variación del PD, indicando que este peso, producto de las diferencias entre épocas, (principalmente entre secas y lluvias), tuvo un comportamiento diferencial de un rancho a otro (Figura 2). Con respecto a esta interacción, hay autores⁽¹⁴⁾ que indican que los factores climáticos no son los componentes más importantes de las diferencias en peso entre hatos, sino que diferencias en las prácticas de manejo implementadas durante ciertas épocas del año, repercuten sobre la magnitud de los efectos de época; por ejemplo la suplementación o la carga animal en la pradera.

Rancho. El efecto de rancho sólo fue importante para PD ($P < 0.01$) y P18M ($P < 0.05$). El PD de los becerros en el rancho 2 superó ($P < 0.01$) en 8.5 kg al de los becerros en el rancho 1, diferencia que posiblemente involucra variaciones en manejo y recursos forrajeros^(14,17).

Las interacciones entre rancho y la covariable (lineal y cuadrática) proporción de genes Tropicarne, afectaron ($P < 0.04$) la variación de peso a los 18 meses de edad, indicando que el comportamiento del P18M de acuerdo con la proporción de genes Tropicarne, es diferente entre ranchos. Esto puede interpretarse como una interacción genotipo por ambiente.

Edad de la vaca. La edad de la vaca al parto varió de 2.0 a 15.1 años, afectando en su función lineal ($P < 0.01$) y cuadrática ($P < 0.02$) la variación de todas las características estudiadas. Con relación al PN, PD y PA, estos resultados son similares a los publicados en la literatura^(17,18,19), donde los mayores pesos se observan en becerros con madres de edades intermedias, y los menores en becerros con madres de edades avanzadas o muy jóvenes. Asimismo, algunos autores^(8,13,16) consideraron el efecto de número de parto de la madre sobre el

similar to previously published data^(17,18,19), where a higher performance was observed in calves from intermediate age dams and a lower performance was observed in those from very young or old dams. Other authors have reported a similar effect on calf growth when number of calvings per cow was used in the model^(8,13,16).

The heaviest calves (BW = 36.0 kg) were born from cows of 9.8 years of age, while the lightest ones were from younger cows (Figure 3a). These results are similar to those reported in the literature, in which lower BW calves were produced by the youngest cows^(2,17), or during the first calving of the cow^(7,16). This is mainly attributed to the incomplete body development of younger cows, which limits calf growth during gestation.

The highest WW (236.6 kg) were recorded in calves from cows of eight years of age and the lowest in calves from older cows, with a difference of 28.0 kg (Figure 3b). The maternal effect on WW varied with the age of the cow. It is influenced by the milk production of the cow, and the ability to provide a proper maternal environment for the calves^(12,20). Age of cow at calving is reported to explain 25 % of WW variation⁽¹¹⁾. In this study the results show that it explained only 8.2 % of the variation in WW. Other authors have also reported higher WW in calves from intermediate-age cows and lower in calves from older cows^(9,17,19). This is attributed to physiological deterioration, which does not allow the dam to provide a proper environment for good calf development.

The highest YW (287.0 kg) were recorded in calves produced by dams of 8.6 years of age (Figure 3c). A greater maternal effect is usually observed up to weaning, though when post-weaning conditions are unfavorable this can remain as a residual effect^(12,18,19), which could be the case in the current study. Other studies^(12,20) using the mixed model methodology have shown the importance of maternal effects in post-weaning growth for YW and final weight in Angus, Hereford and Zebu cattle. By including the random maternal effects (genetic and permanent environment) in the statistical models, it was determined in these studies that the best models for explaining data variation

crecimiento de la cría, observando una influencia similar a la de edad de la vaca.

Para PN, los becerros más pesados (36.0 kg) fueron paridos por vacas de 9.8 años de edad, y los más livianos por vacas muy jóvenes (Figura 3a). Estos resultados son similares a los encontrados en la literatura, donde los becerros con menores PN fueron producidos por las vacas más jóvenes^(2,17) o de primer parto^(7,16), lo que atribuyen principalmente, a que las vacas jóvenes aún no han completado su desarrollo corporal, limitando el desarrollo del becerro durante la gestación.

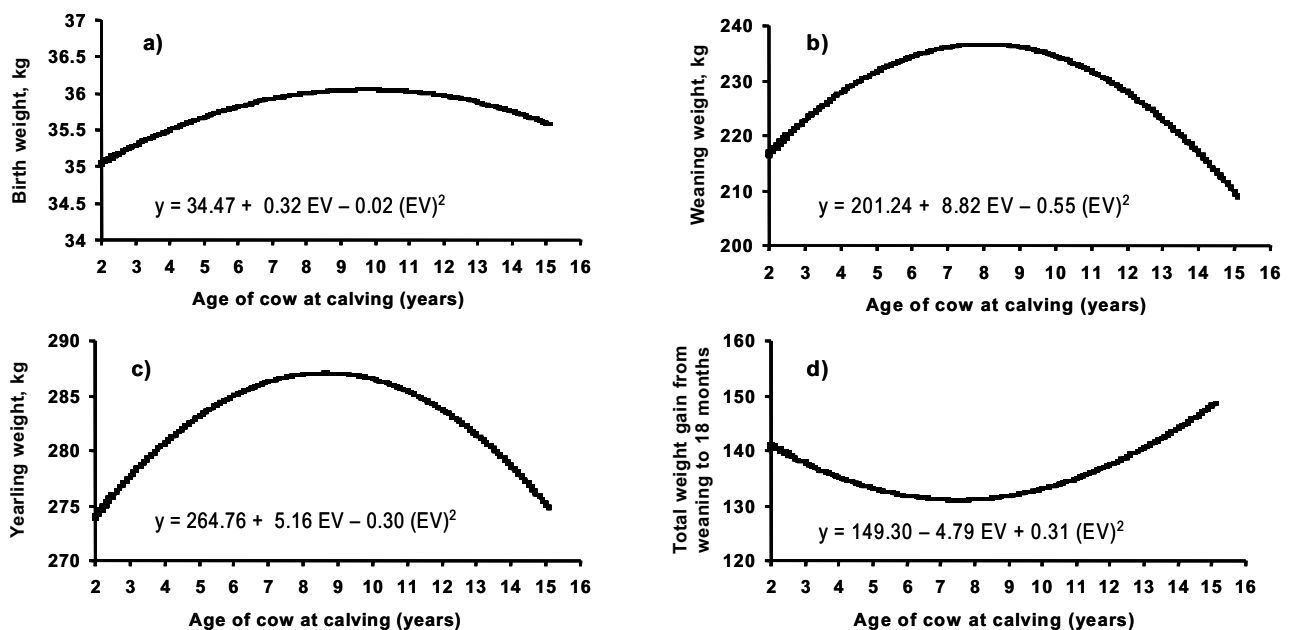
Con relación al PD, los mayores pesos (236.6 kg) se observaron en becerros provenientes de vacas de 8.0 años de edad (Figura 3b) y los menores en becerros provenientes de vacas de edad avanzada, con diferencias de 28.0 kg. El efecto materno sobre el PD varía con la edad de la vaca, y está determinado por la capacidad de la vaca para producción de leche y para proporcionar un ambiente materno adecuado a sus crías^(12,20). El

were those including the maternal effects. Once obtained, the variance components for maternal effects explained up to 7 % of total variation of YW in Angus, 16 % in Hereford, and 17 % in Zebu. For final weight, the maternal effects were only significant in Hereford and Zebu, explaining 11.5 % and 6 % of the total variation, respectively.

The effect of age of cow at calving on post-weaning weight gain was only significant ($P < 0.01$) for GW18M. The relationship between GW18M and age of cow was the opposite to that observed for BW, WW and YW (Figure 3d). This could be explained by the lowest weight gains (131.0 kg) observed in calves born from intermediate age dams (7.7 years), and the highest gains obtained in those born from older (148.4 kg) or very young dams (141.0 kg). Post-weaning weight gain is mainly defined by the growth potential of the calf, but when maternal effects are observed for this trait, they could be attributed to residual effects of the maternal environment the calf received during gestation and pre-weaning stages^(12,20,21).

Figura 3. Comportamiento del peso al nacimiento (a), al destete (b), al año de edad (c), y de la ganancia de peso total del destete a los 18 meses (d) con respecto a la covariable edad de la vaca al parto en ganado Tropicarne

Figura 3. Birth weight (a), weaning weight (b), yearling weight (c), and total weight gain from weaning to 18 months (d) in relation to the covariate age of cow at calving in Tropicarne cattle



efecto de edad de la vaca al parto ha explicado el 25 % de la variación del PD⁽¹¹⁾. De acuerdo con los resultados en el presente trabajo el efecto de edad de la vaca explicó 8.2 % de la variación del PD. Otros autores^(9,17,19) también han observado los mayores pesos al destete en vacas con edades intermedias, y los menores en becerros provenientes de vacas con edades avanzadas, lo cual atribuyen al deterioro fisiológico, mismo que no permite proporcionar al becerro un ambiente adecuado para su buen desarrollo.

Con relación al PA, el mayor comportamiento (287.0 kg) se presentó en becerros producidos por madres de 8.6 años de edad (Figura 3c). Generalmente se ha observado que el mayor efecto materno se manifiesta hasta el destete, sin embargo, cuando las condiciones posdestete son desfavorables, este efecto se mantiene como efecto residual^(12,18,19), tal como ocurrió en el presente estudio. Otras investigaciones^(12,20) utilizando la metodología de los modelos mixtos, han demostrado la importancia de los efectos maternos aún en el crecimiento posdestete, como es el caso del peso al año y peso final en bovinos para carne de las razas Angus, Hereford y Cebú. Al incluir en los modelos estadísticos los efectos maternos (genéticos y de ambiente permanente) como aleatorios, determinaron que los modelos que mejor se ajustaban para explicar la variación de los datos, fueron los que contenían los efectos maternos; posteriormente, al obtener los respectivos componentes de varianza, éstos llegaron a explicar hasta el 7, 16 y 17 % de la variación total del peso al año de edad, en las razas Angus, Hereford y Cebú, respectivamente. Con respecto al peso final, los efectos maternos únicamente fueron importantes para el ganado Hereford y Cebú, explicando el 11.5 y 6 % de la variación total, respectivamente.

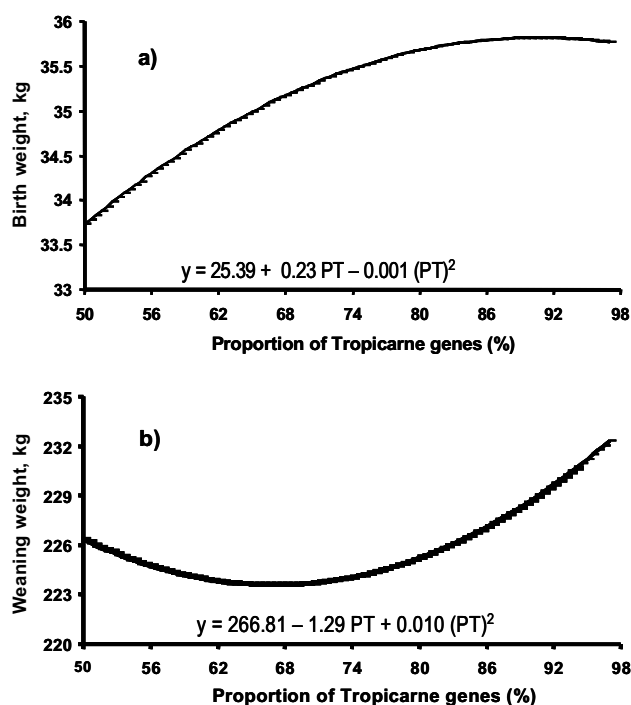
El efecto de la edad de la madre sobre la ganancia de peso posdestete fue significativo ($P < 0.01$) únicamente para GD18M. El comportamiento de la GD18M con respecto a la edad de la vaca fue opuesto al observado en PN, PD y PA (Figura 3d), ya que las menores ganancias de peso (131.0 kg) se observaron en becerros con madres de edad intermedia (7.7 años), y las mayores ganancias de

As shown in Figures 3b and 3d, calves from intermediate-age cows had the highest WW, because of their better maternal environment, but their post-weaning weight gain was lower. In contrast, calves born from younger or older cows were lighter at weaning, but they had greater post-weaning weight gain, possibly explained by a compensatory growth mechanism.

Proportion of Tropicarne genes. This covariate influenced BW ($P < 0.01$) and WW ($P < 0.03$) variation in both its linear and quadratic functions, but YW was only affected ($P < 0.01$) by its linear function. The highest BW was observed in animals with 90.5 % of Tropicarne genes, and calves with more than two thirds of Tropicarne genes showed an upward trend in WW (Figure 4). A one-percent increase in proportion of Tropicarne genes resulted in an increase of 0.23 kg in YW.

Figura 4. Comportamiento del peso al nacimiento (a) y al destete (b) con respecto a la covariable proporción de genes Tropicarne

Figure 4. Birth weight (a) and weaning weight (b) in relation to the covariate proportion of Tropicarne genes



peso se observaron en becerros con madres de edades avanzadas (148.4 kg) o muy jóvenes (141.0 kg). La ganancia de peso posdestete está definida por la habilidad propia del becerro, y si se observan efectos maternos en ese período son atribuidos a efectos residuales del ambiente materno proporcionado al becerro durante la gestación y el período predestete^(12,20,21).

De acuerdo con las Figuras 3b y 3d, se observa que los becerros provenientes de vacas con edades intermedias tuvieron mayor peso al destete, debido a un mejor ambiente materno, pero su ganancia posdestete fue la más baja; por el contrario, los becerros hijos de vacas jóvenes o viejas fueron los más livianos al destete, pero mostraron una mayor ganancia postdestete, lo que podría ser explicado como un mecanismo de crecimiento compensatorio.

Proporción de genes Tropicarne. La covariable proporción de genes Tropicarne en su función lineal y cuadrática, influyó la variación del PN ($P < 0.01$) y PD ($P < 0.03$), mientras que el PA sólo fue afectado ($P < 0.01$) por el efecto lineal. El mayor PN se observó en los animales con 90.5 % de genes Tropicarne, mientras que el PD de becerros con más de dos terceras partes de genes Tropicarne siguió una tendencia ascendente (Figura 4). Por otra parte, al incrementarse la proporción de genes Tropicarne en una unidad porcentual, el PA se incrementó en 0.23 kg.

Peso al destete. Con el objetivo de ajustar el comportamiento de las ganancias posdestete a un

Weaning weight. The linear and quadratic effects of WW as a covariate was evaluated to adjust post-weaning weight gain to an average WW. Only the linear effect of WW was significant ($P < 0.01$) for GWY and GW18M, where for each increase of one kilogram in WW, the GWY and GW18M declined by 205 g and 284 g, respectively.

Repeatability estimates

Because this study used a mixed model with a random cow effect, both the cow within herd and residual variance components were estimated (Table 3). This allowed to estimate the repeatability for the growth variables. The repeatability estimates for BW, GWY and GW18M were not different from zero ($P > 0.05$). However, the estimates for WW (0.15 ± 0.04), YW (0.13 ± 0.04) and W18M (0.16 ± 0.04), though low, can be used to calculate most probable producing abilities, to identify which dams should be culled annually.

Larger repeatability estimates have been reported in the literature. In a similar study using Brahman cattle to evaluate the influence of some environmental factors on the variance of four body weights at four ages, including the cow effect in the weaning weight model, the repeatability estimate was 0.29⁽¹⁰⁾. In another study with Brahman cattle, the repeatability estimates were 0.23 for BW, 0.26 for WW, and 0.24 for W18M⁽²²⁾. The repeatability estimates for post-weaning weights can be attributed to differences between cows in terms of the maternal environment provided to their calves during the first months of their lives, which has a residual effect on YW and W18M.

Cuadro 3. Estimadores de componentes de varianza y del índice de constancia (\hat{r}_e) para las características analizadas
Table 3. Variance components and repeatability (\hat{r}_e) estimates for the analyzed traits

Trait	Variance components (kg ²)		\hat{r}_e
	Cow/Herd	Residual	
Birth weight	0.04	3.32	0.01±0.04
Weaning weight	67.69	376.57	0.15±0.04
Yearling weight	88.36	604.94	0.13±0.04
Weight at 18 months	167.09	858.27	0.16±0.04
Weight gain from weaning to one year	17.88	387.02	0.04±0.04
Weight gain from weaning to 18 months	79.80	714.75	0.10±0.04

PD promedio, se evaluó el efecto lineal y cuadrático de la covariable PD, resultando importante ($P < 0.01$) el efecto lineal para GDA y GD18M, donde por cada kilogramo de incremento en PD se redujo la GDA en 205 g y la GD18M en 284 g.

Estimación del índice de constancia

En virtud de que en el presente estudio se utilizó un modelo mixto involucrando el efecto aleatorio de la vaca, se estimaron los componentes de varianza de vaca y residual (Cuadro 3), lo que permitió estimar el índice de constancia o repetibilidad, para las variables de crecimiento. Los estimadores del índice de constancia para PN, GDA y GD18M no fueron diferentes de cero ($P > 0.05$); sin embargo, los estimadores para PD (0.15 ± 0.04), PA (0.13 ± 0.04) y P18M (0.16 ± 0.04), aunque bajos, indican la posibilidad de utilizarlos en el cálculo de capacidades probables de producción, con el propósito de identificar los vientres a desechar anualmente. Estimadores del índice de constancia de magnitud mayor han sido publicados en la literatura. En un estudio similar⁽¹⁰⁾ con ganado Brahman, donde evaluaron la influencia de ciertos factores ambientales sobre la varianza de cuatro pesos a diferentes edades, e incluyeron el efecto de la vaca en el modelo de peso al destete, encontraron un valor de índice de constancia para esta característica de 0.29. Por otra parte, en otro estudio realizado con ganado Brahman⁽²²⁾, encontraron valores de índice de constancia de 0.23, 0.26 y 0.24 para PN, PD y P18M, respectivamente. Los valores de índice de constancia para pesos posdestete, se pueden atribuir a diferencias entre las vacas con respecto al ambiente materno proporcionado durante los primeros meses de vida del becerro, que influye de manera residual sobre los pesos al año y a los 18 meses de edad de los becerros.

En general, sexo, año y época de nacimiento, rancho, y edad de la vaca al parto son los principales factores ambientales que inciden sobre la variación de las características de crecimiento del ganado bovino Tropicarne, coincidiendo estos resultados con los reportes de la literatura en otras razas de bovinos para carne^(9,15,17). La identificación de estas fuentes de variación tienen importantes aplicaciones en los sistemas de

Sex, season and year of birth, herd, and age of cow at calving were the main environmental factors affecting variation on growth traits of Tropicarne cattle. These results are similar to published reports for other beef cattle breeds^(9,15,17). Identification of these sources of variation has important implications for cattle production systems, such as developing suitable feed and management programs⁽¹⁸⁾; development of adjustment factors for these effects⁽²⁾; and their use to create contemporary groups to be included in genetic evaluation models, obtaining results corrected for these effects⁽¹⁷⁾.

The average body weights at different ages found in this study were generally higher than those reported in the literature for tropical production systems using *Bos indicus* as a genetic base^(8,9,10). This may be partially due to the retention of 54 % heterosis by Tropicarne cattle, since this breed was originated from four breeds, and combines traits of each of them. In addition, the performance data used in this study came from animals that surpassed the standards established by the Breeders Association for their inclusion in the breed record books.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

The models for genetic evaluation of birth weight, 240-day adjusted weaning weight, yearling weight and weight at 18 months of Tropicarne cattle should include the effects of sex of calf, season and year of birth, herd, and the significant interactions between them. The covariates age of cow at calving and proportion of Tropicarne genes should also be considered to correct for these sources of variation. The weaning weight needs to be considered as a covariate for post-weaning weight gains. In addition, the repeatability estimates for weaning weight, yearling weight and weight at 18 months, though low in magnitude, can be used in calculating most probable producing abilities to identify the cows to cull.

The cattle growth rate can be increased using regular crossbreeding systems, such as rotational, terminal and rotational-terminal systems, utilizing a high percentage of heterosis. However, these systems also require better organization and infrastructure, for example, several breeding pastures, maintenance

producción bovina, tales como: la elaboración de los programas de alimentación y manejo⁽¹⁸⁾; el desarrollo de factores de ajustes para estos efectos⁽²⁾; y su consideración en la formación de grupos contemporáneos con el propósito de incluirlos en los modelos de evaluaciones genéticas y obtener resultados corregidos por estos efectos⁽¹⁷⁾.

Los pesos del ganado Tropicarne a diferentes edades fueron generalmente superiores a los indicados en la literatura en sistemas de producción en regiones tropicales, y teniendo como base genética el *Bos indicus*^(8,9,10). Lo anterior posiblemente se deba parcialmente a que el ganado Tropicarne retiene aproximadamente 54 % de heterosis, ya que involucra cuatro razas en su formación, y a que combina las características de cada una de las razas fundadoras, además de que los datos de comportamiento analizados corresponden a los animales que superaron los estándares establecidos por la Asociación de Criadores para ser incluidos en los libros de registro.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

En los modelos para la evaluación genética de los pesos al nacimiento, al destete ajustado a 240 días, al año y a los 18 meses del ganado Tropicarne, se deben considerar los efectos de sexo de la cría, año y época de nacimiento, rancho, y las interacciones entre éstos, además de edad de la vaca y proporción de genes Tropicarne, con el propósito de corregir por estas fuentes de variación. Adicionalmente, para las ganancias posdestete se debe considerar la covariable peso al destete. Los estimadores del índice de constancia para peso al destete, al año y a los 18 meses, aunque de magnitud pequeña, pueden utilizarse en el cálculo de capacidades de producción probable de las vacas, con el propósito de identificar los vientres de desecho.

Aunque el crecimiento de los bovinos puede incrementarse mediante la utilización de sistemas regulares de cruzamiento entre razas, como son los rotacionales, terminales o rotacionales-terminales, aprovechando generalmente un alto porcentaje de heterosis; estos sistemas requieren mayor organización e infraestructura; por ejemplo,

of two or more purebred herds to produce sires (and dams in some systems), identification of animal generation and age, and, in some systems, a minimum herd size to make the infrastructure and animal control investments worthwhile. On the other hand, synthetic breeds do not require this kind of infrastructure and organization, allowing producers with small herds to have efficient animals that exploit some of the advantages of conventional crossbreeding systems.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the Mexican Association of Tropicarne Cattle Breeders (Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Tropicarne) for providing the information of its genealogy and production database for this study.

End of english version

requieren de varios potreros para el empadre, mantenimiento de sementales (y de vientres en algunos sistemas) de dos o mas razas puras, identificación de la generación y edad de los animales, y en algunos sistemas un tamaño mínimo del hato que haga rentable la inversión en infraestructura y controles de los animales. Por el contrario, las razas sintéticas no requieren de la infraestructura y los controles descritos previamente, permitiendo a productores con hatos pequeños tener animales eficientes que aprovechan parte de las ventajas de los sistemas de cruzamiento convencionales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Tropicarne por facilitar la información de su base de datos genealógicos y productivos para el presente estudio.

LITERATURA CITADA

1. Cundiff VL. Evaluación de razas de ganado bovino europeas y cebuinas para producción de carne. En: Memoria del ciclo de conferencias sobre evaluación, comercialización y mejoramiento genético. SAGAR. Tuxtla Gutiérrez, Chis. 2000:44-60.
2. Rojas BJE, Reynoso CO, Lagunes LJ, Vásquez PCG. Comportamiento productivo del ganado Brahman e Indobrasil en clima subtropical húmedo. I. Comportamiento al destete. *Téc Pecu Méx* 1987;25(3):281-288.
3. Maderey LER, Cruz NF, Godínez CL. Relación entre los fenómenos acuosos y los elementos térmicos del clima en México. *Agrociencia* 2001;35(1):23-40.
4. SAGAR. Reglamento Técnico de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Tropicarne. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. México, D.F.; 1996.
5. SAS. SAS/STAT User's Guide (Release 6.03). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1988.
6. Becker AW. Manual of quantitative genetics. 4th ed. Pullman, Washington, USA: Academic Enterprises; 1984.
7. Segura CJC. Factores no genéticos que afectan el comportamiento hasta el destete en un hato Gyr en México. *ALPA Mem* 1988;(15):45-52.
8. Segura CJ, González GG. Influencia de algunas fuentes de variación sobre el intervalo entre partos y pesos hasta el año de edad en un hato Brahman del noreste de México. *Agrociencia serie Ciencia Animal* 1992;2(3):243-252.
9. Hoogesteijn R, Plasse D, Verde O, Bastidas P. Factores genéticos y ambientales que influyen el crecimiento en un rebaño Cebú - Venezolano absorbido a Gir. *ALPA Mem* 1985;20:127-135.
10. Plasse D, Verde SO. Influencias genéticas y ambientales sobre la variancia de cuatro pesos en ganado Brahman. *ALPA Mem* 1980;(15):41-49.
11. Martínez GG, Petrocinio J, Herrera DP. Factores que afectan el peso al destete en un rebaño de bovinos de carne. *Rev Fac Agron (LUZ)* 1998;15:266-277.
12. Meyer K, Hammond K, Mackinnon MJ, Parnell PF. Modelling direct and maternal effects for growth traits in beef cattle. In: Proceedings of the Ninth Conference. Genetics for profit and prophets for genetics. Victoria, Australia. 1991:212-215.
13. Torner CM, Pérez GSLE, Berruecos VJM, Vásquez PCG. Efectos medio ambientales que influyen en el peso al destete, al año y a los 18 meses. Estimación de heredabilidad para estas características en un hato Brahman comercial en el trópico mexicano. *Téc Pecu Méx* 1984;46:58-64.
14. Segura CJC, Velázquez MPA, Medina PG. Comportamiento hasta el destete de dos hatos Cebú comercial en el oriente de Yucatán. *Téc Pecu Méx* 1988;26(1):16-23.
15. Reynoso CO, Villarreal PM, Vásquez PC. Análisis del crecimiento hasta el destete de animales *Bos taurus x Bos indicus* criados bajo condiciones tropicales de México. *Téc Pecu Méx* 1987;25(3):271-279.
16. Magaña JG, Segura JC. Factores ambientales y genéticos que afectan el comportamiento predestete e intervalo entre partos del ganado *Bos indicus* en el sureste de México. *Rev Cubana Cienc Agric* 1998;32:337-343.
17. Rodríguez M, Guerra D, Planas T, Ramos F. Factores que afectan el crecimiento predestete en ganado Santa Gertrudis. En: Memoria de la XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. La Habana, Cuba. 2001:1820-1822.
18. Manzoni ON, Salomoni E, Brazalle LJJ, Ferrugem MJC, Antunes DLO. Genetic and environmental effects on growth of 3/8 Nelore x 5/8 Aberdeen Angus beef cattle derived from different crossbreeding schemes. *Arch Latinoam Prod Anim* 1998;6(2):173-188.
19. Arango J, Plasse D, Verde O, Fossi H, Hoogesteijn R, Bastidas P, Rodríguez R. Producción de Brahman y sus cruces por absorción a Guzerá y Nelore en sabana. 2. Pesos al nacer, destete y 18 meses. *Livest Res Rural Dev* 1999;11(3):1-9.
20. Meyer K. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livest Prod Sci* 1992; 31:179-204.
21. Elzo MA, Quaas RL, Pollak EJ. Effects of age of dam on weight traits in the Simmental population. *J Anim Sci* 1987;64(4):992-1001.
22. Cárdenas I, Montoni D, Vitto R, Parra J. Estimación de parámetros genéticos directos y maternos para el peso al nacer, peso al destete y peso a los 18 meses en un rebaño Brahman registrado. I. Índices de herencia. En: Memoria de la XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. La Habana, Cuba. 2001:1972-1975.