

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Rodrigo Alfredo Martínez¹,
Juan Esteban Pérez² y Teófilo Herazo³

ABSTRACT

Genetic and phenotypic evaluation to characterize growth traits of the native Colombian breed Costeño con Cuernos

For a herd of native Colombian breed of cattle -Costeño con Cuernos (CCC)- estimates of variance components for phenotypic and genetic parameters were obtained for birth weight, weight at weaning (adjusted to 270 days) and weight at 480 days. Using the restricted maximum likelihood (REML) methodology, 2281 birth weight records (PN), 1722 weaning weight records and 1086 weight records adjusted to 480 days were analyzed by fitting a model which included direct and maternal genetics effects as well as permanent environmental effects, assuming that fixed effects were year of birth weight, calf gender and the mother number of births. The genetic parameters for heritability, repeatability, genetic and phenotypic correlation were estimated and genotypic and phenotypic correlation was established. Heritability estimates for direct effects are low and range from 0.17 ± 0.001 and 0.21 ± 0.074 for birth and weaning weight respectively; while estimates for maternal genetics effects were also low for PN, they were higher for weaning weight and weight at 480 days. There was a negative correlation between direct and maternal effects, and the higher value was for PN (-0.89). The contribution of the variable permanent environment measured as the contribution of the phenotypic variance was low and diminished as animal age increased.

Key words: genetic parameters, direct and maternal effects, variance component, native cattle breed.

Recibido: junio 23 de 2006.
Aceptado: diciembre 4 de 2006.

1. Investigador master asistente, grupo de Recursos Genéticos y Biotecnología Animal, Centro de Investigación Tibaitatá, CORPOICA. e-mail: ramar-tinez@corpoica.org.co

2. Investigador especialista asistente, Centro de Investigación Turipaná, CORPOICA. e-mail: jpe-rez@corpoica.org.co

3. Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad de Córdoba.

Evaluación fenotípica y genética para características de crecimiento en la raza criolla colombiana Costeño con Cuernos

RESUMEN

Se establecieron componentes de varianza, así como parámetros fenotípicos y genéticos, respecto de las variables 'peso al nacimiento', 'peso al destete' (ajustado a los 270 días) y 'peso a los 480 días' en un hato del ganado criollo colombiano Costeño con Cuernos. Se analizaron 2.281 registros de pesos al nacer, 1.722 de pesos al destete y 1.086 de pesos ajustados a los 480 días utilizando la metodología de máxima verosimilitud restringida (DFREML). También se ajustó un modelo animal que incluyó efectos genéticos directos, maternos y de ambiente permanente, asumiendo como efectos fijos el año de nacimiento, el sexo del ternero y el número de partos de la madre; finalmente, se estimaron los parámetros genéticos 'heredabilidad', 'repetibilidad' y se establecieron correlaciones genéticas y fenotípicas. Se reportan bajas estimaciones de heredabilidad de los efectos directos, que varían entre $0,17 \pm 0,001$ y $0,21 \pm 0,074$ para los pesos al nacer y al destete, respectivamente; así mismo, fue baja la heredabilidad de los efectos genéticos maternos con relación al peso al nacimiento, aunque estos estimados aumentaron respecto de los pesos al nacer y al destete. Las correlaciones entre efectos directos y maternos fueron negativas, pero el mayor valor se encontró para el peso al nacimiento (-0,89). La contribución del ambiente permanente como proporción de la varianza fenotípica total fue baja y disminuyó a medida que aumentó la edad del animal.

Palabras clave: parámetros genéticos, efectos directos y maternos, componentes de varianza, ganado criollo.

INTRODUCCION

EL PRINCIPAL VALOR de las razas criollas radica en sus cualidades fisiológicas relacionadas con más de 400 años de adaptación al medio ambiente tropical; en efecto, desde su introducción estas progenies fueron sometidas a un largo proceso de selección natural que les ha permitido adquirir características adaptativas de gran importancia económica tales como la eficiencia reproductiva, la tolerancia a enfermedades parasitarias e infecciosas, la habilidad para soportar condiciones extremas de temperatura y humedad, la capacidad de utilizar forrajes fibrosos (Rouse, 1977). Por el largo tiempo de adaptación en la región Caribe, la raza Costeño con Cuernos (CCC) tolera fuertes temperaturas y variaciones de humedad del medio ambiente, típicas de las zonas de ciénagas en Córdoba y Magdalena o en las sabanas secas de Sucre y Bolívar (Martínez, 1999).

Fenotípicamente, el Costeño con Cuernos es un bovino de tamaño mediano, con una alzada a la cruz que oscila entre 129 y 139 cm en los machos y entre 123 y 127 cm en las hembras; posee un color de capa que va del bayo claro al rojo

cereza y presenta un tren posterior poco estrecho, inserción alta de la cola y escasa borla, cabeza mediana, cuernos abiertos en forma de lira, cara ligeramente cóncava. La conformación de las vacas revela aptitud para la producción de leche, con ubre glandular de apariencia colgante, pezones medianos y venas mamarias bien desarrolladas (Pinzón, 1999).

El objetivo del presente trabajo fue estimar aquellos componentes de varianza y covarianza debidos a efectos genéticos directos, maternos y de ambiente permanente en un núcleo de conservación de la raza criolla colombiana Costeño con Cuernos; así mismo, calcular de parámetros genéticos y fenotípicos para caracteres de crecimiento mediante procedimientos de verosimilitud restringida (REML) usando el modelo animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos fueron obtenidos de los registros productivos del banco de germoplasma de la raza bovina Costeño con Cuernos durante el período 1985 – 2003; este núcleo se encuentra localizado en el Centro de Investigaciones Turipaná

(departamento de Córdoba), situado a una altura de 18 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 28°C, una precipitación anual de 1.200 mm y una humedad relativa de 83%, ubicado en la zona agroecológica Cj.

El núcleo de animales de esta raza han sido mantenidos en condiciones de pastoreo rotacional sobre praderas de pasto Guinea Tanzania (*Panicum máximum*) en combinación con otras gramíneas como pasto Pará (*Brachiaria humidicola*) y Angleton (*Dichanthium aristatum*), además del suministro regular de sal mineralizada. El plan de manejo sanitario incluyó vacunación contra aftosa, brucelosis y carbón sintomático, así como un monitoreo bianual sobre la prevalencia de los agentes infecciosos más comunes. El núcleo es manejado desde el punto de vista reproductivo mediante un sistema de apareamiento circular cíclico, con el fin de evitar el incremento en los índices de consanguinidad; este sistema consiste en la conformación de grupos familiares dentro de la población de acuerdo con su parentesco y la planeación de los apareamientos entre estos grupos de una manera circular, evitando de esta forma cruzar animales emparentados cercanamente. Las hembras ingresan al apareamiento a los 24 meses y con mínimo el 70% de su peso vivo; los machos son seleccionados según parámetros de calidad reproductiva y mediante análisis genealógico.

Se utilizaron los datos productivos que presentaron información completa relacionada con identificación del padre y la madre, fecha de nacimiento, sexo, edad, número de partos, peso y fecha de nacimiento, peso y fecha a los 270 días

(destete), peso y fecha a los 480 días. En la Tabla 1 se presenta la estructura de los datos que se utilizaron para la estimación de los componentes de varianza y la estimación de la heredabilidad y la repetibilidad.

Los datos de peso a los 270 días (P270) y a los 480 días (P480) fueron ajustados de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$P270 = [(PD - PN)/ED] \times 270 + PD$$

donde,

PD: peso al destete; PN: peso al nacimiento; ED: edad en días entre el nacimiento y el destete.

$$P480 = [(P16m - PD)/NEP] \times 270 + PAD$$

donde,

P16m: peso a los 16 meses de edad, PD: peso al destete; NEP: días transcurridos entre los dos pesajes; PAD: peso ajustado a los 270 días (destete).

Para la determinación de medidas de tendencia central y variación de datos fenotípicos, se utilizó el Procedimiento de Modelos Generales Lineales (GLM) del paquete estadístico SAS® (Statistical Analysis System); el modelo incluyó efectos de año (1985-2003), época (1: enero y febrero; 2: marzo, abril y mayo; 3: meses posteriores a mayo), sexo y número de parto (1-10). El modelo utilizado se describe así:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \lambda_k + e_{ijk}$$

donde,

μ : promedio general de la variable
 α_i : efecto del año de nacimiento del animal

β_j : efecto de sexo del animal

λ_k : Efecto del número de parto en que nace el animal

e_{ijk} : error experimental.

Para la evaluación genética y el cálculo de los valores genéticos individuales, a partir de los datos recolectados, se utilizó el modelo mixto que se describe a continuación, según Henderson (1975):

$$Y = X\beta + Za + Zm + Zp + e$$

donde,

Y: vector de observaciones

β : vector de soluciones para efectos fijos (año de nacimiento, época de parto, sexo, número de parto, que para efectos de la evaluación genética se agruparon como 1, 2, 3 y 4 ó más partos)

X: matriz de incidencia de los efectos fijos

Z: matriz de incidencia de los efectos aleatorios

a: vector de soluciones para valores genéticos

m: vector de soluciones para el efecto materno

p: vector de soluciones para efectos del ambiente permanente

e: valores residuales.

La estructura de (co)varianza de los efectos aleatorios para las características de crecimiento evaluadas se resume en la expresión:

$$V \begin{bmatrix} a \\ m \\ pe \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & A\sigma_{am} & 0 & 0 \\ A\sigma_{am} & A\sigma_m^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Ipe\sigma_{pe}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & In\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

donde,

A: numerador de la matriz de parentesco

σ_a^2 : varianza aditiva genética directa

σ_m^2 : varianza aditiva genética materna

σ_{am} : covarianza genética aditiva directa-materna

σ_{pe}^2 : varianza de ambiente materno permanente

σ_e^2 : varianza residual

Ipe, In: matrices identidad con orden igual al número de madres y registros respectivamente.

Los cálculos de heredabilidad aditiva directa fueron hechos mediante componentes de varianza a partir del modelo animal y mediante la siguiente fórmula:

$$h_{ad}^2 = (\sigma_a^2) / (\sigma_p^2)$$

Tabla 1. Estructura de los datos para la estimación de los componentes de varianza y parámetros genéticos.

Clasificación carácter	Peso al nacimiento	Peso ajustado a 270 días (destete)	Peso ajustado a 480 días
No. de animales base	242	242	212
No. de animales con registro	2.309	1.803	1.019
No. de padres con registro de progenie	90	90	76
No. de madres con registro de progenie	512	499	417
No. de abuelos paternos con registro	90	89	72
No. de abuelos maternos con registro	278	273	232

donde,

h_{ad}^2 : heredabilidad aditiva directa
 σ_a^2 : varianza genética aditiva directa
 σ_f^2 : varianza fenotípica total.

Con relación a los componentes genéticos de tipo materno, la heredabilidad se estimó utilizando la siguiente fórmula:

$$h_{am}^2 = (\sigma_m^2) / (\sigma_f^2)$$

donde,

h_{am}^2 : heredabilidad de los componentes genéticos maternos
 σ_m^2 : varianza genética materna
 σ_f^2 : varianza fenotípica total.

La estimación del índice de repetibilidad (t) de los pesos al nacimiento (PN), al destete (P270) y a los 480 días (P480) para las madres que tenían registros repetidos, se halló mediante componentes de varianza maternos así:

$$t = \sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2 / (\sigma_f^2)$$

donde,

σ_a^2 : varianza genética aditiva directa
 σ_{pe}^2 : varianza del ambiente permanente
 σ_f^2 : varianza fenotípica total.

Mediante el programa Derivative Free Restricted Maximum Likelihood (DFREML) (Smith y Graser, 1986) se estimaron componentes de varianza para cada una de las características de crecimiento y, a partir de éstos se calcularon los parámetros genéticos. Los componentes de varianza genéticos aditivos directos y maternos para tres diferentes pesos evaluados fueron analizados también mediante el paquete sistematizado Multi Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood (MTDFREML) (Boldman *et al.*, 1991 y 1993), usando como valores de inicio los obtenidos en el DFREML; esto permitió calcular las correlaciones genéticas entre caracteres y estimar valores genéticos directos y maternos; estos últimos no se presentan en este trabajo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso al nacimiento

Para la variable 'peso al nacimiento' (PN) se analizaron un total de 2.281 datos de terneros de la raza criolla Costeño Con Cuernos. Se encontró una media de $29,24 \pm 3,71$ kg y un coeficiente de variación (cv) de 12,70%. Para la característica de crecimiento

'peso ajustado a los 270 días' (P270) (destete) se analizaron un total de 1.722 registros y se encontró una media de $178,48 \pm 26,26$ kg, con cv de 14,71%; finalmente, se analizaron un total de 1.086 registros para la variable 'peso ajustados a los 480 días' (P480) y se encontró una media de $228,53 \pm 29,56$ kg con cv de 12,93%.

Efecto del año de nacimiento

El año de nacimiento del ternero fue una fuente de variación altamente significativa ($P < 0,001$) para el PN, pues la línea de tendencia de este carácter presentó un aumento anual promedio de 43,9 g, pero no se ajusta a una tendencia lineal ($r^2 = 0,0229$) (Figura 1). Los pesos al nacimiento durante los años de evaluación se mantuvieron estables, presentándose los pesos más bajos durante los años 1988, 1998 y 1999; a su vez, los pesos más altos ocurrieron durante los años 2000, 2002 y 2003; esta variación es debida probablemente a los cambios climáticos y al régimen de lluvias que se presentó en la región, los cuales incidieron directamente en el estado de confort de los animales e indirectamente afectaron la disponibilidad y calidad del forraje que consumió la madre en el último tercio de la gestación, etapa en donde tiene lugar la mayor tasa de crecimiento del feto y, consecuentemente, una mayor exigencia de nutrientes por parte de la madre.

Para la variable P270, el año de nacimiento fue una fuente de variación altamente significativa ($P < 0,001$) como se observa en la línea de tendencia (Figura 2); este peso presenta un incremento anual de 1.716 g, aunque tampoco se ajusta de manera significativa a un incremento de tipo lineal en el tiempo ($r^2 = 0,1096$). Los pesos al destete más bajos se presentaron durante los años 1985 y 1998, y los mayores pesos se obtuvieron en el período comprendido entre los años 1989, 1991 y 2000, 2003 con pesos alrededor de 200 kg.

Para la variable P480, se presentó un efecto altamente significativo del año de nacimiento ($P < 0,001$) con una marcada tendencia a incrementarse con el tiempo, un aumento anual de 238,2 g ($r^2 = 0,019$) (Figura 3). Se observaron los menores pesos durante los años 1985, 1997 y 1999 y los mayores P480 se vieron durante los años 1993, 2001 y 2002. La variación de

estos pesos se debió a un régimen de lluvias más favorable durante los últimos años y a la consecuente disponibilidad de forraje, lo que permitió ofrecer mejores condiciones para el mantenimiento de los animales en el transcurso de estos años.

Efecto de la época de parto

Para el carácter PN, la época de nacimiento tuvo un efecto altamente significativo; los mayores pesos al nacimiento se dieron en los primeros meses del año, como la época 1 (enero y febrero) ($n = 1.134$) con $29,28 \pm 4,16$ kg, y la época 2 (marzo y abril) ($n = 1.008$) con $29,34 \pm 3,96$ kg y los menores pesos en la época 3 (mayo y posteriores) ($n = 171$) con $27,96 \pm 3,59$ kg, el cual fue significativamente diferente debido posiblemente a que las hembras que paren fuera de la época han tenido menores condiciones nutricionales para asegurar buen crecimiento de la cría.

Además, también se presentó un efecto significativo de la época de parto sobre el P270 (destete) con una tendencia similar, pues los animales nacidos en las épocas 1 y 2 presentaron el mejor desempeño con $195,62 \pm 41,48$ kg y $191,55 \pm 39,14$ kg ($n = 1.005$; $n = 743$) respectivamente, valores que fueron significativamente superiores a los encontrados en la época 3 ($n = 112$) con $184,28 \pm 35,34$ kg ($P < 0,01$).

En contraste los animales nacidos en la época 3 presentaron los mayores pesos a los 16 meses ($n = 84$) con $237,50 \pm 57,33$ kg, pero sin diferencias significativas de los pesos de los animales nacidos en las épocas 1 y 2, los cuales presentaron valores de $228,82 \pm 38,64$ kg ($n = 681$) y $225,23 \pm 41,41$ kg ($n = 506$). Esto puede deberse a un efecto de crecimiento compensatorio de los animales nacidos en el segundo semestre del año o, posiblemente, por encontrarse mejores condiciones ambientales al momento del destete.

Efecto del sexo del ternero

En esta evaluación el sexo del ternero fue una fuente de variación altamente significativa ($P < 0,001$) para las tres características de crecimiento. Según los resultados, los machos presentaron un promedio de PN de $29,80 \pm 4,13$ kg, superior en 1,14 kg al encontrado en hembras, que presentaron un peso de $28,66 \pm 3,89$ kg. En cuanto al P270, los machos también obtuvieron un peso superior con $185,93$

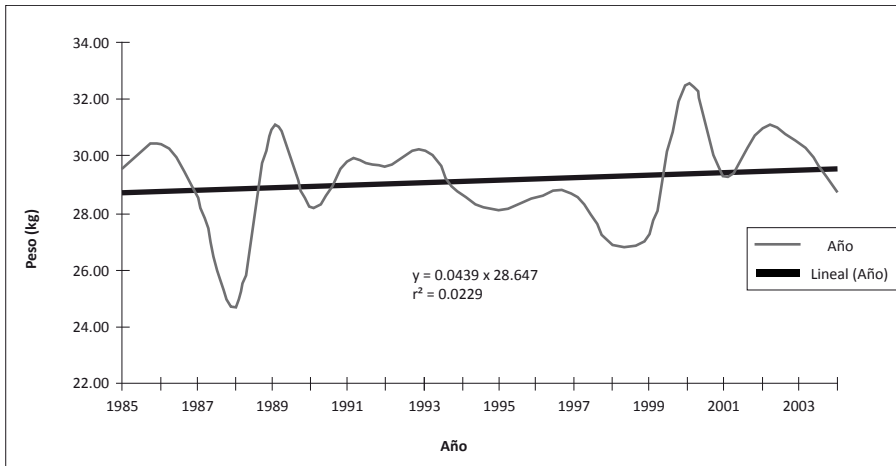


Figura 1. Media reportada para el efecto del año de nacimiento sobre el peso al nacimiento (PN) en terneros Costeño con Cuernos (C.I. Turipaná, 1985 – 2003).

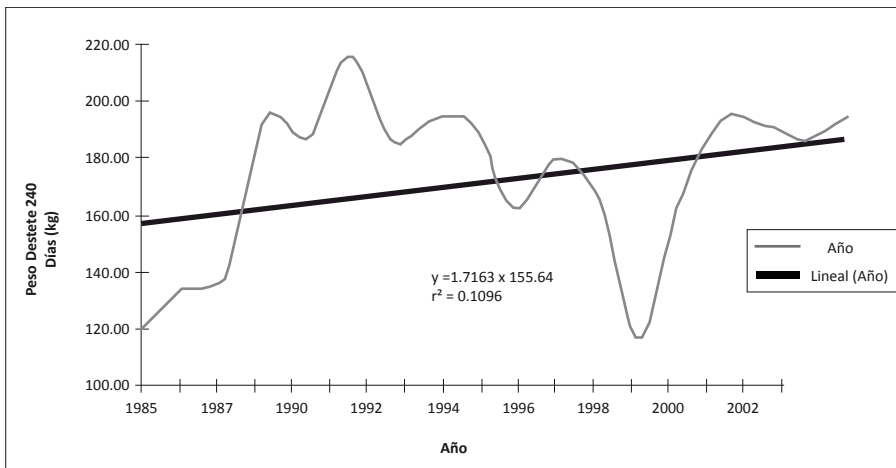


Figura 2. Efecto del año de nacimiento sobre el peso al destete (P270) en terneros Costeño con Cuernos (C.I. Turipaná, 1985 – 2003).

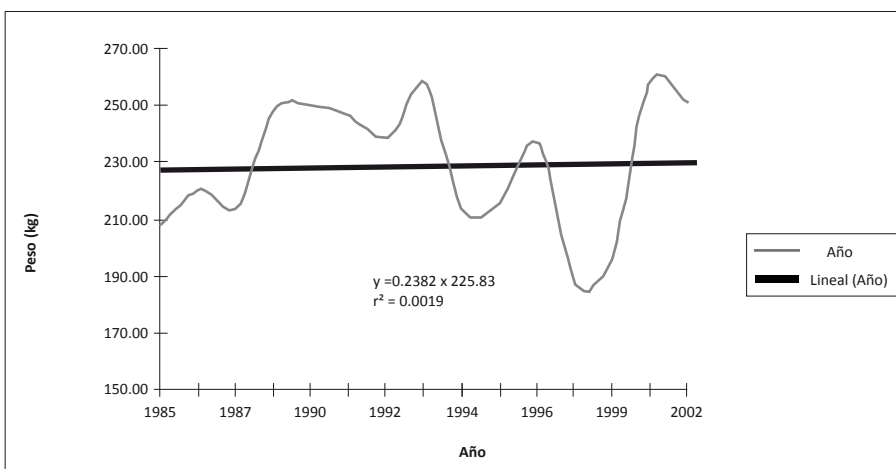


Figura 3. Efecto del año sobre el peso ajustado a los 480 días (P480) en terneros Costeño con Cuernos (C.I. Turipaná, 1985 – 2003).

$\pm 37,38$ kg, comparado con el comportamiento de las hembras, las cuales pesaron en promedio $166,43 \pm 32,17$ kg; la diferencia promedio en el peso al destete (P270) entre sexos fue de 19,5 kg. Finalmente, la variable P480 para machos tuvo un valor de $243,43 \pm 41,84$ kg y para hembras de $212,33 \pm 33,82$ kg y presentó una diferencia de 31,1 kg a favor de los machos.

Estas diferencias de peso entre machos y hembras a favor de los primeros puede deberse al dimorfismo sexual provocado por la descarga de hormonas que los machos producen desde el estado fetal; Cole y Magnar (1974) afirman que el sexo del animal interviene en la tasa de deposición de grasa, pues en los machos la testosterona segregada por los testículos estimulan el desarrollo muscular y ejercen una influencia inhibitoria sobre la deposición de grasa, lo que favorece una ganancia de peso más eficiente.

Efecto del número de partos de la madre

El número de parto de la madre afectó significativamente la variación de las características de crecimiento ($P < 0,05$). En el caso del PN en función del número de parto presenta un comportamiento lineal y cuadrático ($r^2 = 0,7142$) (Figura 4). De acuerdo con esto, las vacas durante el primer parto presentan los pesos al nacimiento más bajos $28,50 \pm 4,35$ kg; durante los partos sucesivos, los pesos al nacimiento tienden a estabilizarse con valores superiores a 29 kg entre el 3er y 6o parto, para luego disminuir hasta $28,35 \pm 4,32$ y $28,09 \pm 3,95$ en los partos 9 y 10, respectivamente.

Plasse (1978) explica este fenómeno debido a que en la vida prenatal el peso de la cría depende del tamaño de la placenta y del peso de la vaca, las vacas jóvenes que necesitan nutrientes para su propio desarrollo y las vacas viejas por desgaste fisiológico, paren y crían terneros menos pesados que las vacas de mediana edad, probablemente porque el crecimiento prenatal depende del tamaño de la placenta, que a su vez está asociada con la edad y peso de la vaca.

Cole y Magnar (1974) afirman que tras la etapa embrionaria la placenta sigue creciendo y la cuantía de ese crecimiento determina la cantidad de nutrientes que recibirá el animal joven durante la fase

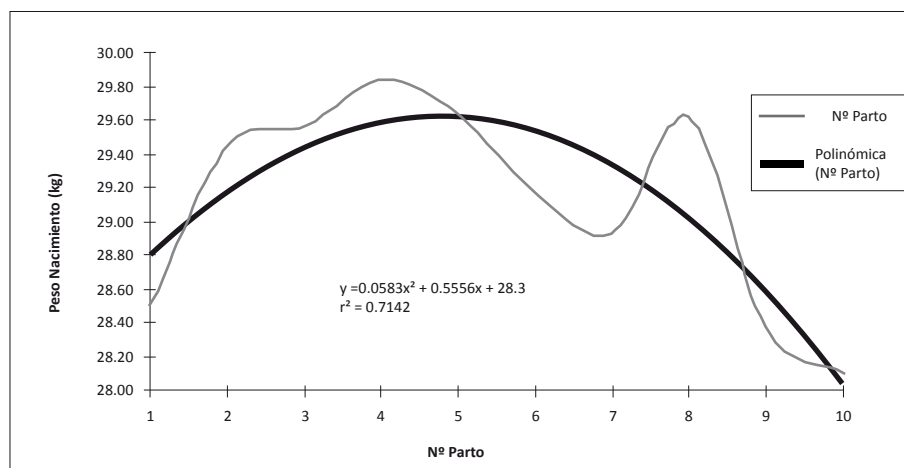


Figura 4. Efecto del número de partos sobre el peso al nacimiento (PN) en terneros Costeño con Cuernos (C.I. Turipaná, 1985 – 2003).

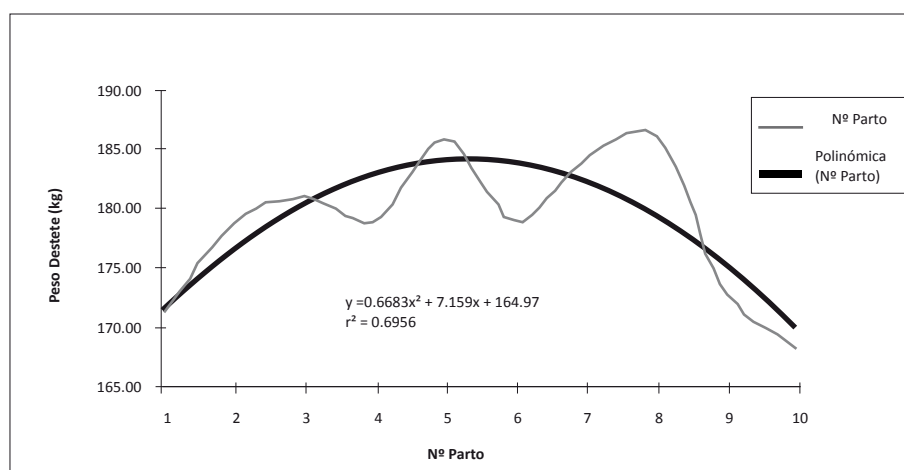


Figura 5. Efecto del número de partos sobre el peso al destete (P270) en terneros Costeño con Cuernos (C.I. Turipaná, 1985 – 2003).

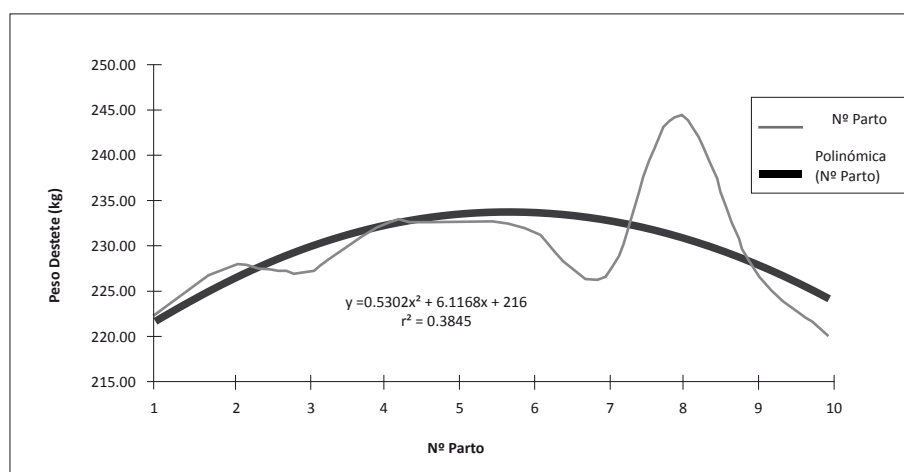


Figura 6. Efecto del número de partos sobre el peso ajustado a los 480 días en terneros criollos Costeño con Cuernos (C.I. Turipaná, 1985 – 2003).

final de su desarrollo antes del parto, de igual forma el número de cotiledones de la placenta puede regular la tasa de crecimiento durante el desarrollo fetal y por consiguiente el peso al nacer.

El efecto del número de parto fue igualmente una fuente de variación significativa ($P < 0,05$) para P270 y P480 (Figuras 6 y 7), donde presentan un comportamiento lineal y cuadrático, con un coeficiente de determinación alto ($r^2 = 0,6956$ y $r^2 = 0,845$, respectivamente), lo que indica que existe una alta proximidad de ajuste de la ecuación de regresión cuadrática a los valores presentados.

Así mismo, se puede observar que vacas de primer parto destetan terneros que presentan un menor peso en comparación con el peso obtenido en los partos siguientes; a partir del segundo parto los pesos al destete comienzan a incrementarse hasta el parto 8 y a partir de allí comienzan a disminuir progresivamente hasta el parto número 10 con un promedio de 168,25 kg; este comportamiento igualmente afecta los pesos posteriores.

Esto se debe probablemente a que los terneros hijos de madres de primeros y últimos partos poseen desde el nacimiento un bajo peso en comparación con terneros hijos de vacas de edad intermedia; estos terneros de bajo peso al nacimiento pueden llegar con esta desventaja hasta los 480 días, debido a la poca cantidad de leche producida, tanto por las vacas jóvenes como por las vacas muy viejas, lo que puede afectar su normal desarrollo.

Componentes de varianza y parámetros genéticos

En la Tabla 2 se muestran los valores de componentes de varianza y parámetros genéticos de heredabilidad directa, materna y total y la correlación entre efectos directos y maternos; además, la contribución de la variación debida a efectos del ambiente permanente maternos como proporción de la varianza fenotípica total para las características de crecimiento evaluadas en terneros criollos Costeño con Cuernos.

Para la característica PN, encontramos en la población de ganado criollo Costeño con Cuernos un valor para la heredabilidad directa de $0,17 \pm 0,001$ y la heredabilidad materna un valor de $0,012 \pm 0,003$; además, se obtuvo un valor de

0,179 para la heredabilidad total. Estos valores son clasificados como bajos e indican que un 17% de la varianza fenotípica total se debe al efecto de los genes de acción aditiva; por el contrario solamente el 0,12% de la varianza fenotípica se debe a la varianza aditiva debida a efectos maternos y el resto a efectos genéticos no aditivos y al ambiente.

Estos valores fueron inferiores a los reportados por Manrique, Ossa y Acosta (1996) en ganado Romosinuano en Colombia en los que encontraron valores de 0,35 de heredabilidad directa para el peso al nacimiento. Por su parte, Rosales-Alday *et al.* (1999), trabajando con terneros de raza Simmental en México, estimaron valores de heredabilidad directa para peso al nacimiento de 0,40 y de heredabilidad materna de 0,12. Arrieta y Martínez (2001) encontraron valores de h^2 de 0,45 en terneros del sistema doble propósito en la costa norte colombiana; Mascioli, Alencar y Barbosa (1996) también encontraron valores superiores ($h^2 = 0,36 \pm 0,56$) en la raza Canchim, al igual que Oliveira *et al.* (1981) en bovinos de raza Canchim ($h^2 = 0,57 \pm 0,14$) y Costa, Filho y DoNascimento (1987) reportaron valores superiores de heredabilidad total ($h^2 = 0,35 \pm 0,02$) en la raza Nelore.

A su vez valores inferiores a los reportados en este trabajo fueron publicados por Atencio y Castro (2002) en terneros del sistema doble propósito, quienes hallaron valores de heredabilidad total para el peso al nacimiento con h^2 de 0,04. Montes y Pereira (1999) reportan valores de $h^2 = 0,15 \pm 0,095$ en la raza Cebú Brahman. Montoni *et al.* (1992) reportaron valores de heredabilidad total bajos (h^2 de 0,12) para peso al nacimiento en terneros de raza Brahman en Venezuela y De Oliveira (1983) en bovinos Guzerat reportó valores de $h^2 = 0,071 \pm 0,04$.

Con relación a la heredabilidad total de la característica P270, se encontró un valor de 0,235; se estimó un valor de heredabilidad directa de $0,21 \pm 0,074$ y para la heredabilidad materna de $0,05 \pm 0,038$. Estos valores son bajos e indican que el 21% de variación fenotípica se debe a efecto de genes de acción aditiva directa, 5% a los efectos genéticos maternos y el restante 74% a las variaciones genéticas no aditivas y al ambiente.

Los anteriores valores son inferiores a los reportados por Geney y Vergara (1998) con heredabilidad total de $0,65 \pm 0,16$ en

Tabla 2. Componentes de varianza y parámetros genéticos estimados para características de crecimiento en la raza Costeño con Cuernos (C.I. Turipaná, 1985 – 2003).

Parámetro	Peso al nacimiento	Peso al destete ajustado a 270 días	Peso ajustado a 480 días
σ_a^2	2,312	186,595	152,470
σ_m^2	0,169	40,951	36,120
σ_{am}	-0,175	-11,779	-28,500
σ_{pe}^2	0,531	31,467	0,106
σ_f^2	13,795	888,287	883,196
σ_e^2	11,110	641,052	723,000
h_d^2	$0,170 \pm 0,001$	$0,210 \pm 0,074$	$0,172 \pm 0,001$
h_m^2	$0,012 \pm 0,003$	$0,05 \pm 0,038$	$0,040 \pm 0,001$
h_t^2	0,170	0,235	0,192
r_{am}	$-0,890 \pm 0,003$	$-0,13 \pm 0,037$	$-0,380 \pm 0,0001$
p^2	$0,039 \pm 0,0001$	$0,0350 \pm 0,029$	$0,0012 \pm 0,0001$
e^2	$0,810 \pm 0,0003$	$0,720 \pm 0,059$	$0,818 \pm 0,0001$
t	$0,206 \pm 0,0001$	$0,245 \pm 0,075$	$0,173 \pm 0,001$

σ_a^2 : varianza genética aditiva directa; σ_m^2 : varianza genética aditiva materna; σ_{am} : covarianza entre efectos genéticos aditivos directos-maternos; σ_{pe}^2 : varianza de ambiente materno permanente; σ_f^2 : varianza fenotípica total; σ_e^2 : varianza residual; h_d^2 : heredabilidad directa; h_m^2 : heredabilidad materna; h_t^2 : heredabilidad total; r_{am} : correlación entre efectos genéticos directos y maternos; $p^2 = \sigma_{pe}^2 / \sigma_f^2$: varianza de ambiente materno permanente como proporción de la varianza fenotípica total; $e^2 = \sigma_e^2 / \sigma_f^2$: varianza residual como proporción de la varianza fenotípica total; t : repetibilidad del carácter.

la raza Brahman; por su parte, Montoni *et al.* (1973), en ganado Gyr de Venezuela, reportó valores de heredabilidad para peso al destete de $0,599 \pm 0,101$. En Brasil, Mascoli (1996) y Oliveira (1981), ambos en la raza Canchim, y en Colombia Montes y Pereira (1999) en la raza Brahman, reportaron valores de heredabilidad de $0,47 \pm 0,06$, $0,38 \pm 0,110$ y $0,33 \pm 0,15$ respectivamente, mientras Rosales-Alday *et al.* (1999) en México informaron valores de heredabilidad directa para peso al destete de 0,33 y heredabilidad materna de 0,19 en terneros de raza Simmental.

Por otra parte, Manrique, Ossa y Acosta (1996) reportaron valores inferiores de heredabilidad total para el peso al destete de 0,11 en ganado Romosinuano; Moñotti *et al.* (2003) en Argentina utilizaron ganado Nelore y encontraron valores de heredabilidad materna para el peso al destete ajustado a los 205 días de 0,08 y heredabilidad directa de 0,25; así mismo, Montoni *et al.* (1992) en ganado Brahman de Venezuela señala valores de heredabilidad total para peso al destete de 0,10.

Para la característica de P480 se estimaron valores bajos con heredabilidad total de 0,192, heredabilidad directa de $0,172 \pm 0,001$ y heredabilidad materna de $0,04 \pm 0,001$. En el Trópico, valores superiores fueron reportados por Montoni *et al.* (1992) para peso a los 18 meses ($h^2 =$

$0,25$) en ganado Brahman de Venezuela, mientras Manrique, Ossa y Acosta (1996) en ganado Romosinuano también reportó valores de heredabilidad para peso a los 16 meses de 0,045; Montoni *et al.* (1992) a los 540 días encontraron un valor de heredabilidad de 0,25 y Mascioli *et al.* (1996) en la raza Canchim reportaron un estimativo de heredabilidad para el peso a los 18 meses de $0,54 \pm 0,08$.

La correlación genética entre los efectos aditivos directo y materno presentó en general valores negativos; el mayor valor para la variable PN ($r_{am} = -0,89 \pm 0,0003$), un valor inferior para P270 ($r_{am} = -0,13 \pm 0,374$) y un valor intermedio para P480 ($r_{am} = -0,38 \pm 0,001$); lo anterior indicaría un antagonismo genético entre la capacidad de crecimiento del propio animal y la habilidad materna de la madre, siendo más marcado para el peso al nacimiento.

Rosales-Alday *et al.* (1999) encontraron un valor de $r_{am} = -0,63$ para el peso al nacimiento en terneros de raza Simmental; a su vez, Moñotti *et al.* (2003) en terneros de raza Nelore de Argentina, reportaron una valor de $r_{am} = -0,21$ también para el peso al nacimiento.

Los valores de covarianza entre los efectos genéticos directos y maternos para los pesos al nacimiento, destete ajustado a los 270 días y 480 días, fue-

ron de signo negativo e inferiores a los relatados en la literatura por Reyes *et al.* (1995) y Mercadante y Lotbo (1997).

Repetibilidad y varianza de ambiente permanente y residual

La contribución del ambiente permanente a la varianza fenotípica total (p^2) fue baja para las características de crecimiento evaluadas en terneros criollos Costeño con Cuernos, variando entre 3,9 y 3,5% para PN y P270 y de 0,12% para P480 (Tabla 2). Este efecto es debido a incidentes que afectan todos los registros de la progenie de una misma vaca que, en las áreas tropicales, se relacionan con secuelas de enfermedades; por ejemplo, en aquellos casos en los que se resiente la producción de leche, como en la enfermedades de la ubre, se afectan, tanto el peso al destete como los pesos posteriores (Eler *et al.*, 1995).

Esto demuestra cómo la varianza entre madres debida al ambiente tiene bajo efecto en las primeras etapas de vida del ternero y, a medida que se estima este parámetro en etapas posteriores de crecimiento, su valor disminuye, lo que se puede apreciar si comparamos los valores de ambiente permanente para el peso al nacimiento, destete y 480 días, que se debe a una reducida influencia del desempeño de las madres sobre el crecimiento de los terneros. Por su parte, los valores de varianza residual, como proporción de la varianza fenotípica (e^2), fueron altos con valores de 81, 72 y 81% respectivamente para PN, P270 y P480.

Según Falconer (1989) la repetibilidad (t) se define como la fracción de la varianza fenotípica que se debe a efectos genéticos y ambientales permanentes. Los estimativos de repetibilidad para las características evaluadas se presentan en la Tabla 3. El estimativo de repetibilidad para el peso al nacimiento fue $t = 0,206$. El valor obtenido para la repetibilidad del peso al nacimiento fue superior a los reportados por Geney y Vergara (1998) en Colombia, quienes hallaron un valor de $t = 0,16 \pm 0,05$ en la raza Brahman; Arrieta y Martínez (2001), cuyos resultados fueron de $t = 0,13$ en ganado cruzado entre Pardo Suizo o Holstein con Brahman y/o Gyr y/o Sahiwal; Atencio y Castro (2002) en terneros del sistema doble propósito reportaron valores de $t = 0,16$, mientras Ortega y Ramos (1999) en terneros Brahman encontraron valores de $t = 0,022$ y Arrieta y Martínez (2001) reportaron un valor de $t = 0,13$ para el peso al nacimiento en terneros

Tabla 3. Correlaciones fenotípicas y genéticas entre características de crecimiento en ganado criollo Costeño con Cuernos (C.I. Turipán, 1985 – 2003).

	Peso al nacimiento	Peso al destete	Peso a los 480 días
Peso nacimiento	1	0,214879562	0,310354027
Peso destete	0,41490334	1	0,586928865
Peso 480 días	0,22327567	0,447888466	1

Por encima de la diagonal las correlaciones genéticas y por debajo de la diagonal las correlaciones fenotípicas.

manejados en el sistema doble propósito. Por otra parte, el valor encontrado en este trabajo es similar al reportado por Souza *et al.* (1995) quienes encontraron un valor de repetibilidad de $0,22 \pm 0,02$ para el peso al nacimiento en ganado Nelore; así mismo, De Oliveira (1983), quien encontró un valor de $t = 0,20$ en la raza Canchim y Montes y Pereira (1999) con $t = 0,24 \pm 0,05$ en ganado Brahman.

Para el P270 la repetibilidad encontrada fue de $t = 0,245$, resultado inferior a los reportados por Sau (1989), quien obtuvo valores de $t = 0,37$ y $t = 0,39$ para peso al destete en un hato productor de carne; de igual forma Souza *et al.* (1995) obtuvieron estimativos de $t = 0,27 \pm 0,02$ en ganado Nelore, y Atencio y Castro (2002) en terneros del sistema doble propósito reportaron un valor de $t = 0,29$ para el mismo carácter. Valores inferiores a los hallados en esta evaluación fueron reportados por Ortega y Ramos (1999) en terneros Brahman ($t = 0,10$), De Oliveira (1983), Montes y Pereira (1999), cuyos estimados fueron $t = 0,19$ y $t = 0,15 \pm 0,065$ en ganado Guzerat y Brahman, respectivamente.

Para el peso ajustado a los 480 días la repetibilidad en terneros criollos Costeño con Cuernos fue de $t = 0,173$, considerada baja; valores similares fueron reportados por Domínguez *et al.* (2003) en ganado Tropicarne en México, para los que se reportaron estimativos de $t = 0,16 \pm 0,04$ para el peso a los 18 meses; valores inferiores fueron reportados por Domínguez *et al.* (2003) para el peso al año en ganado de carne en México en los que señala un valor de $t = 0,13 \pm 0,04$.

Los valores de repetibilidad encontrados indican, con respecto a las diferencias permanentes entre vacas, que existe una moderada correlación entre las medidas de un mismo animal, es decir, que un número reducido de registros con respecto a los pesos evaluados será suficiente para el pronóstico de próximas producciones y, por lo tanto, se deberá tomar un número considerable de registros para

definir sobre la selección o descarte de una hembra.

Correlaciones genéticas y fenotípicas

La estimación del coeficiente de correlación genética es de gran importancia en el proceso de selección puesto que ofrece una visión acerca de la posible proporción de genes que causan simultáneamente variación, en dos o más caracteres independientes. Según los datos presentados en la Tabla 3, la correlación genética entre el peso al nacer y el peso al destete fue de $r_g = 0,21$ considerada baja y positiva; teniendo en cuenta lo anterior, si se realiza una selección para mejorar el peso al nacer no implicaría un aumento en el peso al destete. Valores superiores fueron reportados por Pérez y Moreno (1999) quienes hallaron un valor de $r_g = 0,54$ para la correlación entre el peso al nacer y el peso al destete en terneros del sistema doble propósito, Mascioli (1997) en bovinos de la raza Canchim reportaron un valor de $r_g = 0,60 \pm 0,17$ entre el peso al nacimiento y el peso al destete, Mascioli, Alencar y Barbosa (1996) en la raza Canchim reportaron un valor de $r_g = 0,51$ entre el peso al nacer y el peso al destete.

La correlación genética entre el peso al nacer y el peso ajustado a los 480 días fue de $r_g = 0,31$ considerada baja y positiva, resultado superior a lo reportado por Mascioli, Alencar y Barbosa (1996) en bovinos de raza Canchim en los que encontraron un valor de $r_g = 0,14$ entre el peso al nacer y peso a los 18 meses de edad.

Por último, se encontró un valor de correlación genética alta y positiva ($r_g = 0,58$) entre el peso al destete y el peso a los 480 días, lo que indica que si se da mayor presión de selección para mejorar el peso al destete se tendría también progreso en el peso a los 480 días. Esto concuerda con lo reportado por Mascioli, Alencar y Barbosa (1996) quien halló una correlación de 0,77 entre el peso al

destete y el peso a los 18 meses en bovinos de raza Canchim.

En este trabajo, la correlación fenotípica entre el peso al nacer y el peso al destete fue de $r_f = 0,41$, considerada media y positiva. Este resultado supera a lo reportado por Pérez y Moreno (1999) en terneros del sistema doble propósito con una correlación fenotípica baja entre el peso al nacimiento y el peso al destete ($r_f = 0,11$), Mascioli (1997) en terneros de raza Canchim encontraron un valor de $r_f = 0,36$ entre el peso al nacer y el peso al destete respectivamente.

Las correlaciones fenotípicas entre el peso al nacer y el peso a los 16 meses fueron también bajas ($r_f = 0,22$), similar a lo reportado por Mascioli, Alencar y Barbosa (1996) que encontraron un valor de $r_f = 0,14$ entre el peso al nacer y el peso a los 18 meses en bovinos de raza Canchim.

Las correlaciones fenotípicas entre el peso al destete y el peso a los 16 meses presentó un valor considerado medio y positivo ($r_f = 0,44$), pero inferior a la reportada por Mascioli, Alencar y Barbosa (1996) que en bovinos de raza Canchim encontraron un valor de $r_f = 0,77$ entre el peso al destete y el peso a los 18 meses.

Implicaciones

Los valores de heredabilidad directa y materna para el peso al nacimiento, peso al destete ajustado a los 270 días y peso ajustado a los 480 días fueron bajos. Ello indica que, como generalmente se ha reportado para el Trópico, la variación fenotípica se debe en alta proporción a efectos ambientales más que a efectos genéticos.

Debido a que las correlaciones genéticas entre los efectos directos y maternos fueron negativas para todas las características, los métodos de selección que se propongan para estas poblaciones deberían tener en cuenta estos dos efectos, lo que incrementaría la respuesta a la selección en comparación con el uso exclusivo de efectos directos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Arrieta, H. y E. Martínez. 2001. Estimación de parámetros genéticos para el peso al nacer en un sistema de producción en ganado doble propósito en la finca Altamira, mu-

nicipio de Ciénaga de Oro. Trabajo de grado. Universidad de Sucre, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sincelejo. 125 p.

Atencio, R. y W. Castro. 2002. Determinación de parámetros genéticos para peso al nacer y peso al destete en bovinos del sistema doble propósito en la hacienda el Rosario en el municipio de Toluviéjo-Sucre. Tesis de grado Zootecnia, Universidad de Sucre. 90 p.

Cole, H. y R. Magnar. 1974. Curso de zootecnia. Biología de los animales domésticos y su empleo por el hombre. Ed. Acirbia. Madrid. p. 459-462.

Boldman, K. G., L.A. Kriese, L.D. van Vleck, y S.D. Kachman. 1993. A manual for use of MTDFREML— A set of programs to obtain estimates of variances and covariances. ARS, USDA, Washington, DC.

Boldman, K. G. y L.D. van Vleck. 1991. Derivative-free restricted maximum likelihood estimation in animal model with a sparse matrix solver. J. Dairy Sci. 74:4337.

Costa, N., E. Filho y R. Do Nascimento. 1987. Repetibilidad e heredabilidad do peso ao nacer de gado Nelore por estação de nascimento. En: Rev. Soc. Bras. Zootec. 16(4): 371-376.

De Oliveira, J., A. Valle y F. Moura. 1983. Estimación de la heredabilidad para ganancia de peso en bovinos Canchim. En: www.redpav-fpolar.info.ve; consulta: marzo 2003.

Domínguez, J., R. Núñez, R. Ramírez y A. Ruiz. 2003. Influencias ambientales e índice de constancia para características de crecimiento en ganado bovino Tropicarne. En: Técnica Pecuaria en México 41(1): 1-18.

Falconer D.S. 1989. Introducción a la genética cuantitativa. 9ª reimpression, Compañía Editorial Continental, México D.F. 500 p.

Eler J.P., L.D. van Vleck, J.B.S. Ferraz y R.B. Lobo. 1995. Estimation of variances due to direct and maternal effects for growth traits of Nelore cattle. J. Anim. Sci. 73: 3253-3258-

Geney, P. y O. Vergara. 1998. Estimación de parámetros genéticos en bovinos de la raza cebú. Trabajo de grado. Universidad de Sucre, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Sincelejo (Sucre). pp. 49-81.

Henderson, C. R. 1975. Best linear unbiased prediction under a selection model. Biometrics 31: 423.

Manrique, C., G. Ossa y O. Acosta. 1996. Factores genéticos y ambientales que afectan el peso al destete en terneros Romosinuano. En: Tercer Congreso Iberoamericano De Razas Autóctonas y Criollas. Santa Fe de Bogotá. 421 p.

Martínez C.G. 1999. Censo y caracterización de los sistemas de producción del ganado criollo y colombiano. En: Memorias Seminario Caracterización de los Sistemas de Producción del Ganado Criollo y Colombiano. Septiembre 23. Santafé de Bogotá, D.C. Colombia. p. 13-64.

Mascioli, A. 1997. Estimativos de parámetros genéticos e fenotípicos para características de crecimiento ate a desmama en bovinos de raça Canchim. En: Rev. Soc. Bras. Zootec. 26(4): 709-713.

Mascioli, A., M.N. Alencar y F.P. Barbosa. 1996. Estimativas de parámetros genéticos e proposicao de criterios de selecao para pesos na raça Canchim. Rev. Soc. Bras. Zootec. 25(1): 72.

Mercadante, M. y R. Lobo. 1997. Estimativas de (co)variância e parâmetros genéticos dos efeitos direto e materno das características de crescimento de fêmeas de um rebanho Nelore. Rev. Bras. Zoot. 26(6): 1124-1133.

Montes, D. y N. Pereira. 1999. Determinación de parámetros genéticos en algunas características productivas en ganado Cebú Brahman. Trabajo de grado. Universidad de Sucre, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sincelejo (Sucre). pp. 60-93.

Montoni, D., G. Rojas, O. Verde y J. Silva. 1992. Producción de un rebaño Brahman bajo condiciones de trópico húmedo. II. Crecimiento. Rev. Fac. Agron. Maracay 18: 247-266.

Montoni, D., V. Bodisco, J. Rodríguez y O. Pabón. 1973. Peso del ganado Gyr y "agradado" nacidos en el año 1973 en Paraguayan estado de Anzoátegui. Rev. Agron. Trop. 25(3): 221-233.

Moñotti, A., A. Adolfo, M. López y A. Solobodzian. 2003. Parámetros genéticos y ambientales para pesos ajustados a los 570 días de edad en bovinos Nelore. www.lunne.edu.ar.pdf; consulta: marzo 2004.

Oliveira, J., A. Velle y F. Moura. 1981. Estimación de la heredabilidad para la ganancia de peso en bovinos de Canchim, Venezuela. En: www.redpav-fpolar.info.ve; consulta: junio 2004.

Pérez, J. y F. Moreno. 1999. Caracterización de la raza bovina criolla Romosinuano en CORPOICA C.I. Turipaná. En: www.turipana.org.co/bovino.htm; consulta: marzo 2005.

Pinzón, E. 1999. Ganadería razas criollas. Manuales TOA, Bogotá. pp. 8-17.

Plasse, D. 1978. Aspectos de crecimiento del *Bos indicus* en el trópico americano. World review of animal production XIV 4:29-48.

Reyes, A., R. Lôbo, H. Oliveira, H. Tonhati, F. Martins y L. Bezerra. 1995. Estimación de (co)varianzas y DEP's por modelo animal bicaracter para pesos y perímetro escrotal de ganado Nelore en Brasil. Rev. Arg. Produc. Anim. 15: 926-930.

- Rosales-Alday, J., M. Elzo, M. Montaña y V. Vega. 1999. Parámetros y tendencias genéticas para características de crecimiento predestete en la población mexicana de Simmental. *Técnica Pecuaria en México* 42 (2): 171-180.
- Rouse, J.F. 1977. *The Criollo: spanish cattle in the Americas*. University of Oklahoma Press, Norman, p. 303.
- Sau, M.A. 1990. Genética animal. En: [_www.patrocipes.uso.mx/patrocipes/invepec/genetica/G89007.html](http://www.patrocipes.uso.mx/patrocipes/invepec/genetica/G89007.html); consulta: noviembre 2004.
- Smith, S.P. y H.U. Graser. 1986. Estimating variance components in a class of mixed models by restricted maximum likelihood. *J. Dairy Sci.* 69: 1156.
- Souza, J., J. Lopez, B. Forelo y E. Sobriño. 1995. Efeito de fatores geneticos e do meio sobre os pesos do bovinos da raça Nelore. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 24(1): 46-52.