

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Rodrigo Alfredo Martínez¹ y
Juan Esteban Pérez²

ABSTRACT

Genetic parameters and trends in Colombian Romosinuano creole cattle's growth characteristics

Genetic parameters for cattle's growth characteristics were estimated in Romosinuano creole breed cattle forming part of the Turipaná research centre's conservation program, located in the Valle del Sinú (Córdoba, Colombia). A univariate animal model was used for production characteristics such as birth weight (BW), weaning weight (WW, adjusted at 270 days), 16-month weight (16m W), daily weaning weight gain (DWWG) and daily weight gain at 16 months (DWG16m).

Mean heritability values were 0.28, 0.43 and 0.38 for BW, WW, 16m W, respectively. Mean DWWG was 0.42 and 16m W was 0.20. Direct heritability values were always greater than maternal heritability values; correlation between direct and maternal effects consistently presented negative values. Annual mean genetic values for direct effects always presented a growing tendency compared to maternal effects which revealed a decreasing tendency (except for BW). The results presented acceptable heritability values for the aforementioned parameters whilst the tendency indicated slight genetic progress, in spite of being a nucleus for conservation aimed at preserving genetic variability.

Key words: creole cattle, Romosinuano, genetic parameters.

Recibido: abril 25 de 2006.
Aceptado: junio 24 de 2006.

1. Investigador master asistente, Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera (Cundinamarca), CORPOICA. e-mail: ramartinez@corpoica.org.co, rodmartin19@hotmail.com

2. Investigador especialista asistente, Centro de Investigación Turipaná, Montería (Córdoba), CORPOICA. e-mail: jperez@corpoica.org.co

Parámetros y tendencias genéticas para características de crecimiento en el ganado criollo colombiano Romosinuano

RESUMEN

Se estimaron los parámetros genéticos para características de crecimiento en un núcleo de bovinos de la raza criolla Romosinuano que forman parte del Programa de Conservación del Centro de Investigación Turipaná, localizado en el Valle del Sinú (Córdoba, Colombia). Fue utilizado un modelo animal univariado para las características productivas de 'peso al nacimiento' (PN), 'peso al destete' (PD, ajustado a los 270 días), 'peso a los 16 meses' (P16m), 'ganancia diaria de peso al destete' (GPD) y 'ganancia diaria de peso a los 16 meses' (GP16m). Se obtuvieron valores de heredabilidad total medios (0,28; 0,43 y 0,38 para PN, PD, P16m, respectivamente); así mismo, se obtuvo un valor medio para GPD (0,42) y un valor bajo para GP16m (0,20). Los valores de heredabilidad directa siempre fueron mayores que los valores de heredabilidad materna y la correlación entre efectos directos y maternos presentó valores negativos consistentemente. Los valores genéticos anuales promedio para los efectos directos presentaron siempre una tendencia creciente a diferencia de los efectos maternos que mostraron una tendencia decreciente, con excepción del PN. Los resultados muestran valores de heredabilidad aceptables para los parámetros mencionados, mientras la tendencia indica un progreso genético leve pese a ser un núcleo de conservación cuyo objeto es preservar la variabilidad genética.

Palabras clave: ganado criollo, Romosinuano, parámetros genéticos.

INTRODUCCIÓN

LA RAZA BOVINA criolla Romosinuano presenta gran aptitud para la producción cárnica y ha sido objeto de importantes trabajos que han evaluado su comportamiento productivo y reproductivo; éstos reportan un buen desempeño durante el crecimiento (Coleman *et al.*, 2002; Phillips *et al.*, 2005) y una capacidad reproductiva significativa (Koch *et al.*, 2003; Grajales *et al.*, 2006). Su ubicación geográfica se circunscribe al Valle del Sinú y las sabanas de Sucre y Bolívar, zona que se caracteriza por una temperatura promedio de 27°C, humedad relativa de 83% y zonificación agroecológica de bosque seco tropical. La raza se caracteriza por ser genéticamente tope, de color bayo hasta el rojo cereza, presenta un buen desarrollo muscular y conformación robusta. Se ha constatado mediante herramientas moleculares que el origen de esta raza es muy cercano al del Costeño con Cuernos (Barrera *et al.*, 2006).

Para el núcleo del banco de germoplasma de la raza Romosinuano del Centro de Investigación Turipaná se han registrado los siguientes parámetros productivos: peso promedio al nacimiento (PN) para machos y hembras de 29,2 ± 4,4 kg; peso promedio al destete (PD,

ajustado a 270 días) de 156 ± 33 kg; y peso promedio a los 16 meses (P16m) de 246 ± 40 kg. Así mismo, la raza sobresale por su comportamiento reproductivo, pues en el núcleo de conservación se han registrado en los últimos 25 años tasas de preñez promedio de 85% e intervalo entre partos no superior a 430 días (CORPOICA, 2005). Por su parte, Hernández-Cerón *et al.* (2004) encontraron que los embriones de la raza Romosinuano son más resistentes a elevadas temperaturas que los embriones de otras razas taurinas como Angus, lo cual puede explicar la mayor fertilidad en condiciones tropicales.

En los últimos años se ha presentado un descenso crítico en el tamaño de la población de la raza Romosinuano. En el censo de 1986 se reportaron 47 explotaciones con 3.262 animales puros y 5.492 animales mestizos (Bejarano *et al.*, 1986), mientras que en 1999 existían 33 explotaciones con 2.014 animales puros y 3.447 animales mestizos (Martínez, 1999); este fuerte descenso de los animales puros (8,63%) ha sido evidente en los departamentos de Meta (No. explotaciones: de 16 a 8), Cundinamarca (No. explotaciones: de 7 a 2) y Cesar (No. explotaciones: de 6 a 1), mientras



Torete Romosinuano.



Vaca y ternero Romosinuano.

en Casanare ha ocurrido un aumento significativo (No. explotaciones: de 1 - 7). Como núcleo de conservación, la raza Romosinuano cuenta con un número total de 1.124 hembras, 86 toros, material seminal de 25 donadores y 66 muestras de embriones criopreservadas *in vitro* en el banco de germoplasma de CORPOICA-ICA y Ministerio de Agricultura (Gutiérrez *et al.*, 2003). De esta raza también existen núcleos en países como Venezuela, Brasil, Costa Rica y Estados Unidos, todos provenientes de hatos colombianos (Hammond *et al.*, 1996). El objetivo de este trabajo fue estimar los parámetros genéticos en el ganado criollo Romosinuano perteneciente al banco de germoplasma administrado por CORPOICA en el C.I. Turipaná.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los registros productivos se obtuvieron de la información generada entre 1980 y 2004 por el banco de germoplasma de la raza autóctona bovina Romosinuano mantenido en el Centro de Investigaciones Turipaná a cargo de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), en el departamento de Córdoba, ubicado a una altura de 18 m.s.n.m., con temperatura promedio de 28°C, precipitación anual de 1.200 mm y humedad relativa de 83%, ubicado en la zona agroecológica Cj. La población

Tabla 1. Resumen de observaciones, promedios y desviación estándar por carácter de desarrollo evaluado en el núcleo de la raza Romosinuano del C.I. Turipaná (1980 - 2004).

Clasificación carácter	PN	PD	P16m	GPD	GP16m
No. de animales con registro	4.316	3.375	2.701	3.375	2.698
No. de padres con registro de progenie	191	181	156	181	156
No. de madres con registro de progenie	1.363	1.195	1.078	1.195	1.077
No. de abuelos paternos con registro	189	179	155	179	155
No. de abuelas paternas con registro	642	566	499	566	498
Promedio	30,53	207,824	269,64	655,59	327,66
Desviación estándar	4,49	45,1016	53,58	163,14	162,46

PN: peso al nacimiento; PD: peso al destete; P16m: peso a los 16 meses; GPD: ganancia de peso al destete; GP16m: ganancia de peso a los 16 meses.

bovina se ha mantenido en condiciones de pastoreo rotacional sobre praderas de pasto Guinea Tanzania (*Panicum maximum*) en combinación con otras gramíneas como los pastos Pará (*Brachiaria humidicola*) y Angleton (*Dichantium aristatum*); el suministro de sal mineralizada fue constante. El manejo de los apareamientos fue realizado mediante un sistema circular cíclico entre grupos familiares con el fin de evitar el incremento en los índices de consanguinidad (Nomura y Yonezawa, 1994).

Se incluyeron en el análisis todos aquellos registros que presentaron la información completa: 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, edades para las cuales se ajustaron los respectivos pesos. En la Tabla 1 se presenta la estructura de los datos que se utilizaron en la evaluación.

A fin de establecer las medidas de tendencia central y la variación de los registros fenotípicos de desarrollo en la raza Romosinuano, se utilizó el Procedimiento de Modelos Generales Lineales (GLM) del paquete estadístico SAS® (Statistical Analysis System); el modelo utilizado incluyó efectos de año (1980-2004), sexo y número de parto (1-10) y se describe así:

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

donde,
 μ : promedio general de la variable
 α_i : efecto de año y época de nacimiento del animal
 β_j : efecto de sexo del animal
 λ_k : efecto de número de parto en que nace el animal

e_{ijk} : error experimental.

Por otra parte, se utilizó el modelo mixto de Henderson (1975) para realizar la evaluación genética y el cálculo de los valores genéticos individuales, ecuación que se describe a continuación:

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

donde,
 Y: vector de observaciones
 β : vector de soluciones para efectos fijos (año y época de nacimiento, 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 efecto materno
 p: vector de soluciones para efectos de ambiente permanente
 e: valores residuales.

La estructura de (co)varianza de los efectos aleatorios respecto de las características de crecimiento evaluadas se asumió como:

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

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
 I_{pe}, I_n : matrices identidad con orden igual al número de madres y registros respectivamente.

La heredabilidad aditiva directa se determinó mediante componentes de varianza a partir del modelo animal y por medio de la siguiente expresión:

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

donde,

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

Respecto de los componentes genéticos aditivos de tipo materno, la heredabilidad se estimó usando 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) 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 de ambiente permanente
 σ_f^2 : varianza fenotípica total.

Haciendo uso del programa *Derivative Free Restricted Maximum Likelihood* (DFREML) (Smith y Graser, 1986) se estimaron los componentes de varianza para las características de crecimiento en evaluación y, a partir de éstos, se calcularon los parámetros genéticos. Los componentes de varianza aditivos directos y maternos para los tres parámetros evaluados se analizaron con el paquete sistematizado *Multi Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood* (MTDFREML) (Boldman *et al.*, 1991 y 1993); como valores de inicio se utilizaron aquellos obtenidos previamente por DFREML, lo que sirvió para calcular las correlaciones genéticas

entre los componentes directo y materno y estimar los valores genéticos directos y maternos con los que se realizaron las gráficas de tendencia a través del tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes de varianza y parámetros genéticos

Se presentan los valores calculados para los componentes de varianza y parámetros genéticos, como las heredabilidades directa (h_d^2), materna (h_m^2) y total (h_t^2), así como la correlación entre efectos directos y maternos (σ_{am}^2), además de la contribución de la variación (p^2) debida a efectos de ambiente permanente como proporción de la varianza fenotípica total (σ_f^2) para las características de crecimiento evaluadas en ganado criollo Romosinuano (Tabla 2).

Para la característica 'peso al nacimiento' (PN) se encontraron los valores de heredabilidad directa ($h_d^2 = 20,25 \pm 0,001$), heredabilidad materna ($h_m^2 = 0,06 \pm 0,003$) y heredabilidad total ($h_t^2 = 0,28$), índices que se consideran bajos, excepto h_t^2 que puede considerarse como un valor intermedio. Estos parámetros presentaron un comportamiento similar a lo descrito por Plasse *et al.* (2002) en ganado Cebú Brahman (0,23 y 0,07 para efectos directos y maternos, respectivamente),

y superior a lo reportado por Manrique *et al.* (1999) en ganado Sarmartinero ($h_t^2 = 0,03$) y a lo encontrado en ganado Romosinuano (Elzo *et al.*, 1998) para el efecto aditivo directo ($h_d^2 = 0,14$), pero menor en el caso del efecto materno ($h_m^2 = 0,18$); en el mismo trabajo se reportan valores similares para la raza Cebú ($h_d^2 = 0,24$ y $h_m^2 = 0,18$), al igual que lo hallado por Mercadante *et al.* (1995) para la heredabilidad materna ($h_m^2 = 0,12$) de la misma raza.

La correlación entre los efectos directos y maternos (r_{am}) respecto del PN fue negativa (Tabla 2), tal como ha sido reportado previamente por Koots *et al.* (1994) (-0,37), Mercadante *et al.* (1995) (-0,35) y Plasse *et al.* (2002) (-0,35); sin embargo estos valores fueron superiores a los citados por Splan *et al.* (2002) (-0,18) y Elzo *et al.* (1998) (-0,19).

El efecto de ambiente permanente (r^2) contribuyó con 2,6% de la varianza fenotípica total (σ_f^2), resultado similar al reportado por Plasse *et al.* (2002) (3%); por último, la varianza residual encontrada en este trabajo alcanzó el 71% de la varianza fenotípica para la variable PN.

Para la característica 'peso al destete' (PD) se obtuvieron valores de heredabilidad directa, materna y total, así: $h_d^2 = 0,34 \pm 0,06$, $h_m^2 = 0,19 \pm 0,054$ y $h_t^2 = 0,435$; en este caso, el efecto materno presentó un valor bajo, lo que demuestra que los

Tabla 2. Componentes de varianza y parámetros genéticos estimados para características de crecimiento en el núcleo de la raza Romosinuano del C.I. Turipaná (1980 - 2004).

Parámetro	PN	PD	P16m	GPD	GP16m
σ_a^2	4,0250	465,8180	535,2500	5799,2300	3020,245
σ_m^2	1,0130	263,1516	161,8000	3632,6796	1194,9794
σ_{am}^2	-0,7400	-118,0210	-15,5	-235,2	-712,7834
σ_{pe}^2	0,4143	118,09	11,07	1425,19	274,56
σ_e^2	11,5219	644,78612	921,0300	8845,48	15918,327
σ_f^2	16,2342	1373,83343	1613,6500	19702,58	20408,111
h_d^2	0,250 \pm 0,001	0,340 \pm 0,063	0,33 \pm 0,066	0,320 \pm 0,062	0,170 \pm 0,052
h_m^2	0,060 \pm 0,003	0,190 \pm 0,054	0,100 \pm 0,046	0,200 \pm 0,054	0,070 \pm 0,040
r_{am}	-0,37 \pm 0,002	-0,34 \pm 0,133	-0,05 \pm 0,021	-0,33 \pm 0,135	-0,38 \pm 0,232
h_t^2	0,28	0,435	0,380	0,42	0,205
p^2	0,026 \pm 0,002	0,086 \pm 0,031	0,069 \pm 0,028	0,078 \pm 0,031	0,016 \pm 0,027
e^2	0,71 \pm 0,003	0,47 \pm 0,045	0,57 \pm 0,05	0,49 \pm 0,045	0,78 \pm 0,043
t	0,335	0,616	0,438	0,551	0,220

σ_a^2 : varianza aditiva directa; σ_m^2 : varianza materna; σ_{am}^2 : covarianza entre efectos directo y materno; σ_{pe}^2 : varianza de ambiente permanente; σ_e^2 : varianza fenotípica total; σ_f^2 : varianza del error; h_d^2 : heredabilidad directa; h_m^2 : heredabilidad materna; r_{am} : correlación entre efectos directo y materno; h_t^2 : heredabilidad total; p^2 : varianza de ambiente permanente como proporción de σ_f^2 ; e^2 : varianza del error como proporción de σ_f^2 ; t : repetibilidad; PN: peso al nacimiento; PD: peso al destete; P16m: peso a los 16 meses; GPD: ganancia de peso al destete; GP16m: ganancia de peso a los 16 meses.

genes maternos ejercen escaso efecto sobre el PD en terneros Romosinuano. Por el contrario, las heredabilidades directa y total presentan valores intermedios, mostrando un moderado efecto del factor genético sobre la variación de este carácter. La estimación de heredabilidad directa del PD fue superior a la reportada por Manrique *et al.* (1999) ($h^2_d = 0,11$) en la raza criolla Sanmartinero, y por Splan *et al.* (2002) en una población cruzada de animales de origen taurino donde encontraron un valor inferior para el efecto directo ($h^2_d = 0,14$), pero un valor similar en el efecto materno ($h^2_m = 0,19$). Iwaisaki *et al.* (2005) utilizaron modelos de regresión aleatoria en una población de la raza Gelviah y describieron valores similares para heredabilidad directa ($h^2_d = 0,36$), pero inferiores para el efecto materno ($h^2_m = 0,13$). Por otra parte, son muy superiores a los encontrados por Elzo *et al.* (1998) en la raza Romosinuano (0,09 en ambos casos) y la raza Cebú (0,1 y 0,12 para los efectos directo y materno, respectivamente).

La correlación entre efectos directos y maternos (r_{am}) respecto del PD también fue negativa y presenta valores similares a los reportados en otros trabajos como Meyer *et al.* (1992) (-0,30), Iwazaki *et al.* (2005) (-0,43), y Mercadante y Lobo (1997) (-0,31), pero diferentes a los citados por Plasse *et al.* (2002) (0,10) y Elzo *et al.* (1998) (0,23) que mostraron valores positivos.

El efecto de ambiente permanente ($r^2 = 8,6\%$) sobre el PD fue bajo, pero similar al promedio reportado por Mercadante y Lobo (1997) (0,11) y Plasse *et al.* (2002) (0,1), lo cual indica que el ambiente permanente es de relativa importancia a diferencia de lo que se ha encontrado en varios estudios con razas cebuinas (Plasse *et al.*, 2002).

Para la característica 'peso al destete' (PD) se obtuvieron valores de heredabilidad directa, materna y total, así: $h^2_d = 0,34 \pm 0,06$, $h^2_m = 0,19 \pm 0,054$ y $h^2_t = 0,435$; en este caso, el efecto materno presentó un valor bajo, lo que demuestra que los genes maternos ejercen escaso efecto sobre el PD en terneros Romosinuano. Por el contrario, las heredabilidades directa y total presentan valores intermedios, mostrando un moderado efecto del factor genético sobre la variación de este carácter. La estimación de heredabilidad directa del PD fue superior a la

reportada por Manrique *et al.* (1999) ($h^2_d = 0,11$) en la raza criolla Sanmartinero, y por Splan *et al.* (2002) en una población cruzada de animales de origen taurino donde encontraron un valor inferior para el efecto directo ($h^2_d = 0,14$), pero un valor similar en el efecto materno ($h^2_m = 0,19$). Iwaisaki *et al.* (2005) utilizaron modelos de regresión aleatoria en una población de la raza Gelviah y describieron valores similares para heredabilidad directa ($h^2_d = 0,36$), pero inferiores para el efecto materno ($h^2_m = 0,13$). Por otra parte, son muy superiores a los encontrados por Elzo *et al.* (1998) en la raza Romosinuano (0,09 en ambos casos) y la raza Cebú (0,1 y 0,12 para los efectos directo y materno, respectivamente).

La correlación entre efectos directos y maternos (r_{am}) respecto del PD también fue negativa y presenta valores similares a los reportados en otros trabajos como Meyer *et al.* (1992) (-0,30), Iwazaki *et al.* (2005) (-0,43), y Mercadante y Lobo (1997) (-0,31), pero diferentes a los citados por Plasse *et al.* (2002) (0,10) y Elzo *et al.* (1998) (0,23) que mostraron valores positivos.

El efecto de ambiente permanente ($r^2 = 8,6\%$) sobre el PD fue bajo, pero similar al promedio reportado por Mercadante y Lobo (1997) (0,11) y Plasse *et al.* (2002) (0,1), lo cual indica que el ambiente permanente es de relativa importancia a diferencia de lo que se ha encontrado en varios estudios con razas cebuinas (Plasse *et al.*, 2002).

La heredabilidad total estimada para el carácter 'peso a los 16 meses' (P16m) fue de $h^2_t = 0,38$, con valores de $h^2_d = 0,33 \pm 0,06$ y $h^2_m = 0,10 \pm 0,04$, inferiores a los registrados para el PD, debido a que en esta edad las variaciones del potencial de producción de leche de las vacas impactan menos el desarrollo de los terneros (Plasse *et al.*, 2002). La mayoría de trabajos que registran caracteres posdestete se realizan solamente hasta el año de edad y por esto son difíciles las comparaciones, a causa de que en el trópico, el periodo de estrés posdestete se extiende hasta el año de edad. Por eso, generalmente se considera que el pesaje a los 16 ó 18 meses es más apropiado para el estudio de diferencias genéticas y como criterio de selección (Plasse *et al.*, 2002).

Las estimaciones halladas en este trabajo son similares a lo descrito por Eler *et al.* (1995) y por Mercadante y Lobo (1997), pero superiores a las reportadas por Plasse *et al.* (2002) para los efectos directo ($h^2_d = 0,16$) y materno ($h^2_m = 0,04$) y a las descritas por Manrique *et al.* (1999) ($h^2_t = 0,045$). La correlación entre los dos efectos es negativa o cercana a cero ($r_{dm} = 0,05 \pm 0,021$). El efecto de ambiente permanente de la vaca (r^2) contribuyó con el 6,9% de la varianza fenotípica, similar a lo reportado por Plasse *et al.* (2002) (4%), pero superior a la descrito por Meyer *et al.* (1993) (0,0).

Para la variable 'ganancia diaria de peso al destete' (GPD) se encontraron valores altos de heredabilidad total ($h^2_t = 0,42$) y heredabilidad directa ($h^2_d = 0,32 \pm 0,06$) y medio para la heredabilidad materna ($h^2_m = 0,20 \pm 0,054$). Estos valores fueron muy superiores a los descritos por Elzo *et al.* (1998) en ganados Romosinuano y Cebú para el efecto directo ($h^2_d = 0,10$), pero con valores similares para el efecto materno en la raza Romosinuano ($h^2_m = 0,23$); fueron además menores a los hallados en la raza Cebú ($h^2_d = 0,7$) y en un rebaño multirracial de la raza Sanmartinero ($h^2_d = 0,10$) y Cebú ($h^2_d = 0,08$) (Elzo *et al.*, 1999). En ganado Herdford, Koch *et al.* (2004) presentan valores inferiores para el efecto directo ($h^2_d = 0,15$) y similares para el efecto materno ($h^2_m = 0,19$). Además, la correlación entre efectos directos y maternos fue muy baja ($r_{am} = -0,05$), similar a lo reportado por Elzo *et al.* (1998) para la raza Cebú ($r_{dm} = 0,02$), pero no en la raza Romosinuano, en la que se presentaron valores positivos ($r_{dm} = 0,08$). En este caso, la varianza de ambiente permanente como proporción de la varianza fenotípica total (r^2) tuvo valores similares a los hallados para el PD (7,8%), pero este valor es inferior al reportado por Koch *et al.* (2004) quienes encontraron un valor de 26%.

Por otra parte, en la 'ganancia diaria de peso a los 16 meses' (GP16m) se encontró una disminución del valor de heredabilidad directa ($h^2_d = 0,17 \pm 0,052$), la heredabilidad materna ($h^2_m = 0,07 \pm 0,04$) y la heredabilidad total ($h^2_t = 0,20$) lo que indica un mayor efecto del ambiente sobre la variación de esta característica. Koch *et al.* (2004) reportan valores superiores para el efecto directo ($h^2_d = 0,41$) pero inferiores para el materno ($h^2_m = 0,03$). Además, el valor de la varianza de

ambiente permanente fue bajo ($r^2 = 0,016 \pm 0,026$).

Estos estimativos de heredabilidad directa y total indica que la GPD tiene un valor de heredabilidad media y está influida por la acción aditiva de los genes del propio individuo y en menor medida por la acción de los genes de la madre; no obstante, en el caso de la GPD posdestete se encontró una mayor influencia ambiental dados sus bajos valores de heredabilidad.

Para el PN se reporta un valor de repetibilidad intermedio ($t = 0,33$) y mayores para el PD ($t = 0,616$) y el P16m ($t = 0,438$), lo que indica que se requiere un número moderado de registros para poder seleccionar o descartar una hembra y poder predecir su futuro productivo en el hato según estas características de crecimiento.

Tendencia de los valores genéticos directos y maternos

La tendencia de los valores genéticos anuales de los efectos directos para el PN presentan un comportamiento variable, con una tendencia creciente y un aumento anual promedio de 18,4 g/año ($r^2 = 0,624$; $P < 0,05$) (Figura 1). Este valor de incremento anual es inferior a lo reportado por Plasse *et al.* (2002), quienes encontraron un incremento anual de 393 g en un núcleo de la raza Cebú sujeto de un programa de mejoramiento. Koch *et al.* (1994) encontró un incremento anual de 0,7 % para el PN en un período de seis años evaluados.

Los valores genéticos maternos para el PN presentan un comportamiento variable, con una tendencia creciente pero un aumento anual muy bajo (4,8 g) ($r^2 = 0,196$; $P > 0,05$), lo que posiblemente se deba a que esta población no se ha sometido a procesos de selección; por lo tanto, es probable que estos incrementos en los valores genéticos directos y maternos se deban a que los machos y hembras seleccionados para apareamiento presentaron valores genéticos levemente por encima de la media para esta característica de crecimiento. Es también importante tener en cuenta que los valores genéticos directos se encontraron siempre con signo positivo desde el año 1978, lo cual significa que ha habido progreso genético. Por su parte, los valores genéticos maternos se han encontrado muy próximos a cero, con tendencia

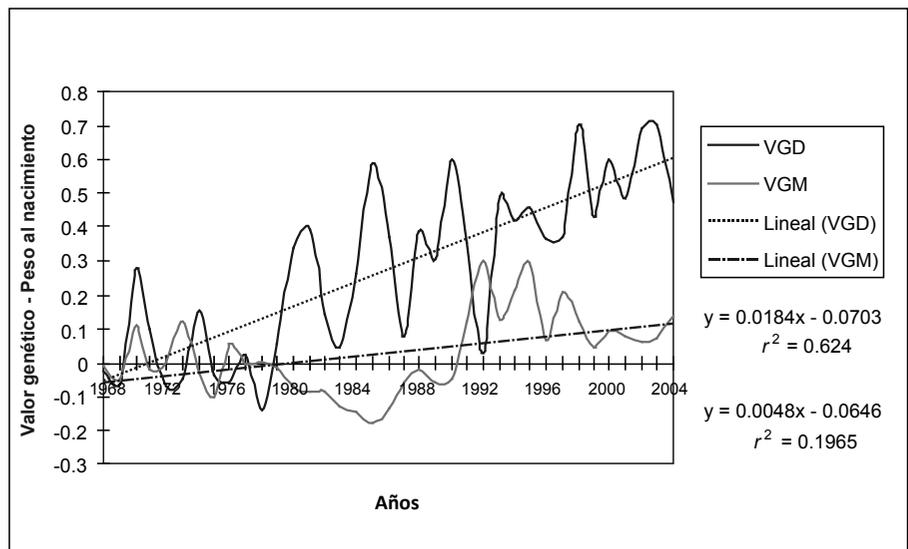


Figura 1. Tendencias de los valores genéticos directos y maternos para peso al nacimiento en terneros criollos Romosinuano (C.I. Turipaná). VGD: valor genético directo; VGM: valor genético materno.

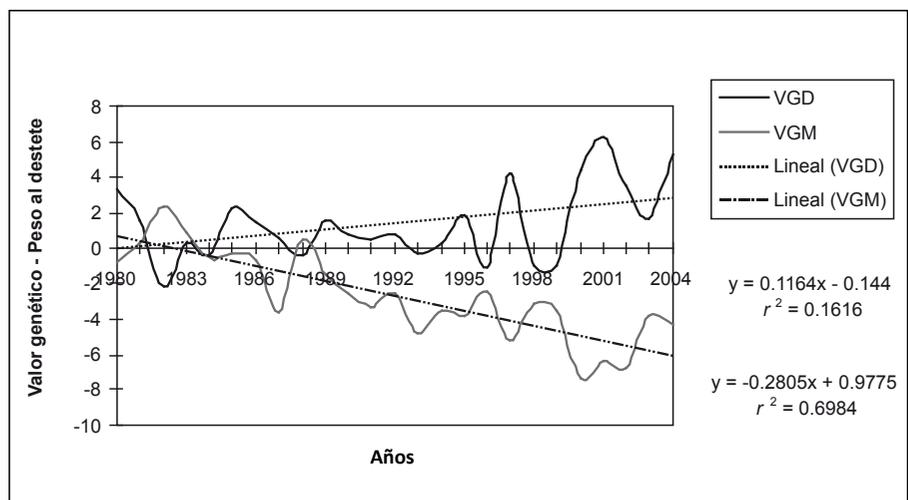


Figura 2. Tendencias de los valores genéticos directos y maternos para peso al destete en terneros criollos Romosinuano (C.I. Turipaná). VGD: valor genético directo; VGM: valor genético materno.

creciente en el transcurso de los últimos años (Figura 1).

Este comportamiento de la tendencia para valores genéticos directos respecto del PN fue diferente a los resultados obtenidos por Plasse *et al.* (2002) en una población de Cebú Brahman seleccionada durante un periodo de 14 años para el carácter 'peso a 18 meses', donde muestran que para el PN los promedios anuales de valores genéticos no fueron diferentes de cero, lo que indicó que la selección según peso a los 548 días no produjo un cambio genético que correlacionara con el PN. La tendencia genética maternal tampoco fue significativamente diferente de cero (Figura 1). La población en estudio tiene un objetivo

de conservación, por lo que la estrategia de manejo genético ha sido escoger los padres para apareamiento basándose principalmente en la genealogía y no en su valor genético o fenotípico; no obstante, a pesar de esto el PN si tuvo una tendencia levemente creciente para ambos efectos.

Teniendo en cuenta la línea de tendencia de los valores genéticos directos para el PD, también muestran evidencia de progreso genético, ya que presentaron en promedio un incremento anual de 116,4 g/año, aunque con un bajo valor para el coeficiente de determinación ($r^2 = 0,1616$; $P > 0,05$) (Figura 2). Los promedios anuales para los valores genéticos directos presentan signo positivo, pero

muy cercanos a cero, con los más altos incrementos a partir del año 2000. Por su parte, la tendencia promedio de los valores genéticos maternos anuales fueron variables con un leve descenso anual en promedio de 280 g y un coeficiente de determinación alto ($r^2 = 0,69$; $P < 0,05$) (Figura 2).

Para el P16m, el promedio anual de los valores genéticos muestra un incremento de 97,8 g/año, aunque en este caso el coeficiente de determinación presenta un valor bajo ($r^2 = 0,1622$; $P > 0,05$) (Figura 3). Estos promedios genéticos se encuentran siempre con valores positivos, con fluctuaciones marcadas, pero sin llegar a ser menores de cero. Por su parte, los promedios de los valores genéticos maternos presentan tendencia a disminuir a través de los años con una tasa de descenso de 10,5 g/año ($r^2 = 0,51$; $P > 0,05$); de esta forma, a medida que se incrementan los valores genéticos directos, se nota un descenso de los valores genéticos maternos, dado que existe entre ellos una correlación negativa (Figura 3).

La tendencia de los valores genéticos directos y maternos para la GPD presenta un comportamiento muy variable en el período evaluado (Figura 4): la tendencia de los valores genéticos directos presenta un incremento de 132,6 g/año ($r^2 = 0,017$; $P > 0,05$) mientras los valores genéticos maternos tienden a disminuir en el transcurso de los años. Para la GP16m los valores genéticos directos y maternos también presentaron un comportamiento divergente: la línea de tendencia para los valores genéticos directos tienden a incrementarse en 16,54 g/año ($r^2 = 0,109$; $P > 0,05$), contrario al comportamiento que presentan los valores genéticos maternos, los cuales tienden a disminuir en 18,94 g/año ($r^2 = 0,202$; $P > 0,05$) aunque sin significancia estadística en ambos casos (Figura 5). La correlación media y negativa que se presenta entre los valores genéticos directos y maternos explica el comportamiento divergente que presentan las dos líneas de tendencia (Figuras 4 y 5).

Según Plasse *et al.* (2002), la tendencia para los valores genéticos directos para pesos a 205 y 548 días presentaron incrementos por año de 142 g ($P < 0,01$) y 263 g ($P < 0,01$), respectivamente, mientras la tendencia genética materna fue 115 g ($P < 0,01$) y 95 g ($P < 0,01$), respectivamente. En este caso, la tendencia genética en

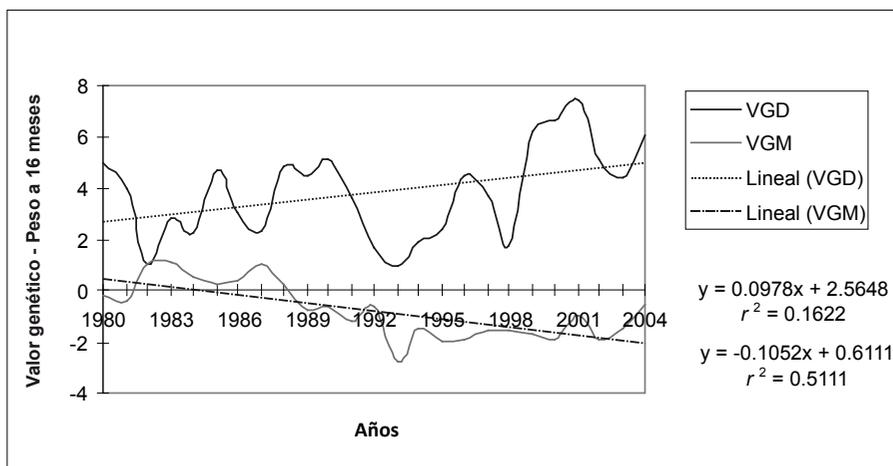


Figura 3. Tendencia de los valores genéticos directos y maternos para el peso a los 16 meses en terneros criollos Romosinuano (C.I. Turipaná). VGD: valor genético directo; VGM: valor genético materno.

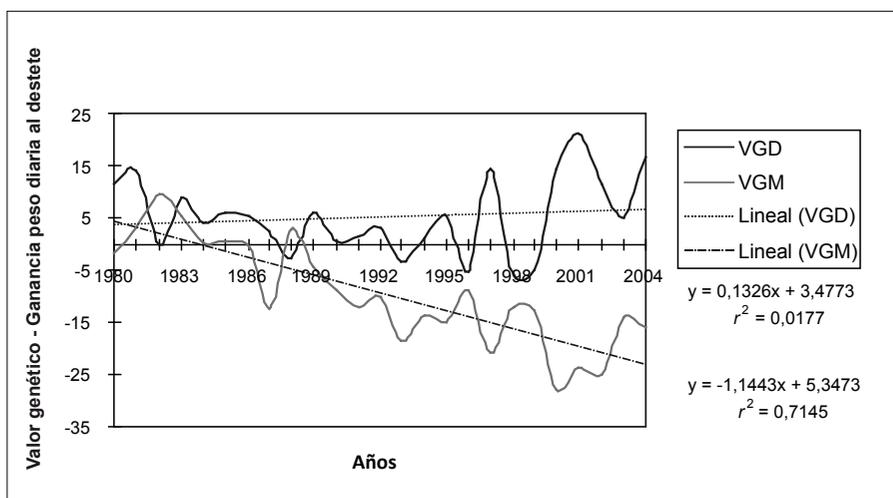


Figura 4. Tendencias de los valores genéticos directos y maternos para la ganancia de peso diaria nacimiento - destete en terneros criollos Romosinuano (C.I. Turipaná). VGD: valor genético directo; VGM: valor genético materno.

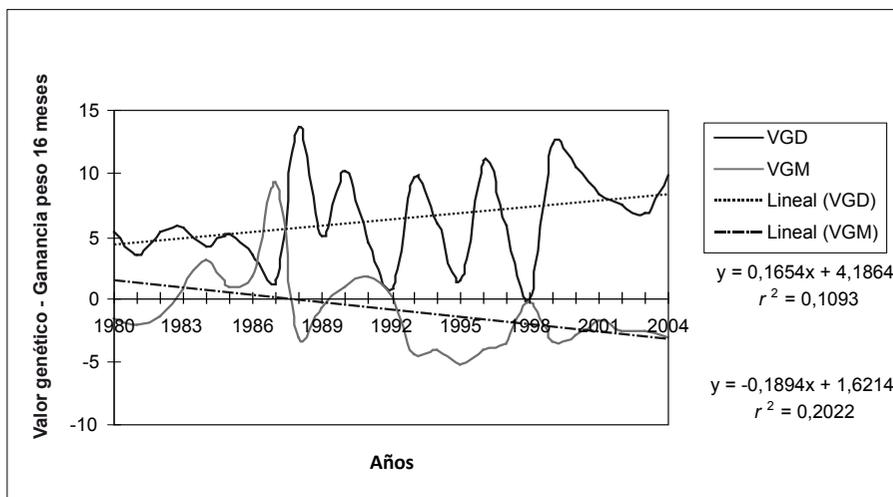


Figura 5. Tendencias de los valores genéticos directos y maternos para la ganancia de peso diaria destete - 16 meses en terneros criollos Romosinuano (C.I. Turipaná). VGD: valor genético directo; VGM: valor genético materno.

producción de leche se supuso a partir de la tendencia genética materna y muestra que la lactancia anual produjo un incremento lechero suficiente para apoyar un aumento en los pesos al destete de 115 g/año. Aunque las tendencias genéticas y maternas son expresadas fenotípicamente en diferentes generaciones sobre un período de tiempo largo, se planteó sumar ambos promedios para estimar el progreso genético obtenido para cada peso por respuesta genética directa y correlacionada, a través de la selección según la tasa de crecimiento, en este caso hasta los 18 meses en machos y la habilidad materna en hembras.

En el caso de las tendencias genéticas directas y maternas en la población de Romosinuano se puede decir que solamente para el PN hay incremento, pues en las demás características, el incremento en los valores genéticos directos anuales se compensa con la disminución en los valores genéticos maternos, que siempre fueron negativos, lo cual se puede esperar en esta población que no ha sido sujeto de selección por ser un núcleo de conservación donde el objetivo es preservar la variabilidad genética.

CONCLUSIONES

En la población en estudio los valores de heredabilidad para PD, GPD y P16m tuvieron valores intermedios, con participación principal del efecto directo, moderada participación del efecto materno y baja influencia del ambiente permanente de las madres; esta información indica que existe en la población suficiente variabilidad genética para que en un futuro se puedan desarrollar procesos de selección que aseguren progreso genético. Dadas las tendencias genéticas encontradas, se concluye que en esta población, a pesar de no haber sido sometida a selección genética, se presentan tendencias crecientes; no obstante, en el caso de los valores genéticos debidos al efecto materno, siempre las tendencias fueron negativas (excepto para PN), lo que indicaría que la producción de leche de las hembras puede tener un comportamiento decreciente, por lo cual sería importante desarrollar estrategias genéticas, conjuntamente con estrategias nutricionales y de manejo que subsanen esta desventaja. Por último, estos resultados permiten tener parámetros para la toma de decisiones en

el desarrollo de programas de selección que se puedan realizar en el futuro con base en la raza Romosinuano.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se ha realizado con el apoyo financiero del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Instituto Colombiano Agropecuario -ICA- mediante el Convenio tripartito No. 077 de 2005.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Barrera, G.P., R. Martínez, J.E. Pérez, N. Polanco y F. Ariza. 2006. Evaluación de la variabilidad genética en ganado criollo colombiano mediante marcadores microsatélites. *Animal Genetic Resource Information* 38: 35-45.
- Bejarano A.A., B.G. Hernández y L.G. Rico. 1986. Proyecto de desarrollo ganadero con base en el uso de las razas criollas y colombianas (1986-1996). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá D.C.
- 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.
- Coleman, S.W., W.A. Philips, D.G. Riley, C.C. Chase y H.S. Mayeux. 2002. Stocker and feedlot performance of Angus and Romosinuano steer calves. Southern Section American Society of Animal Science. p. 4. En: <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm>.
- CORPOICA - C.I. Turipaná. 2005. Informe de resultados. 106 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.
- Elzo M.A., G. Martínez, F. González y H. Huertas. 1999. Variabilidad y predicciones genéticas para características de carne en el rebaño multirracial Sanmartinero × Cebú en el CI La Libertad. En: Memorias Seminario Internacional Caracterización Genética y Potencial Productivo del Ganado Criollo Sanmartinero. Villavicencio, Meta. pp. 54-80.
- Elzo, M.A., C. Manrique, G. Ossa y O. Acosta. 1998. Additive and nonadditive genetic variability for growth traits in the Turipana Romosinuano × Zebu multibreed herd. *J. Anim. Sci.* 76:1539-1549.

Grajales H. 2006. Características de desempeño reproductivo en ganado Romosinuano. Capítulo 5. En: El ganado Romosinuano en la producción de carne en Colombia. CORPOICA, Bogotá. pp. 34-38.

Gutiérrez, W.R., R.A. Martínez, C.D. Escobedo y H.J. Anzola. 2003. Situación de los recursos zoogenéticos. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá - Colombia. pp. 134.

Hammond, A.C., T.A. Olson, C.C. Chase JR., E.J. Bowers, R.D. Randel, C.N. Murphy, D.W. Vogt y A. Tewolde. 1996. Heat tolerance in two tropically adapted *Bos taurus* breeds, Senepol and Romosinuano, compared with Brahmán, Angus, and Hereford cattle in Florida. *J. Anim. Sci.* 74: 295-303.

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

Hernández-Cerón, J., C.C. Chase JR. y P.J. Hansen. 2004. Differences in heat tolerance between preimplantation embryos from Brahman, Romosinuano, and Angus breeds. *J. Dairy Sci.* 87: 53-58.

Iwaisaki, H., S. Tsuruta, I. Misztal y J.K. Bertrand. 2005. Genetic parameters estimated with multitrait and linear spline-random regression models using Gelbvieh early growth data. *J. Anim. Sci.* 83: 757-763.

Koch, J.W., S.R. Tatman, C.C. Chase JR., J.R. Welsh y R.D. Randel. 2003. Comparison of testicular and epididymal sperm content in Angus, Brahman, and Romosinuano bulls. *J. Anim. Sci.* 81, (SUPPL. 2): 13.

Koch, R.M., L.V. Cundiff, K.E. Gregory y L.D. Van Vleck. 2004.a. Genetic response to selection for weaning weight or yearling weight or yearling weight and muscle score in Hereford cattle: efficiency of gain, growth, and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 82: 668-682.

Koch, R.M., L.V. Cundiff y K.E. Gregory. 1994.b. Cumulative selection and genetic change for weaning or yearling weight or for yearling weight plus muscle score in Hereford cattle. *J. Anim. Sci.* 72: 864-885.

Koots, K.R., J.P. Gibson, C. Smith y J.W. Wilton. 1994. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. *Anim. Breed. Abstr.* 62: 309-338.

Manrique P.C., G. Martínez, F. González y H. Huertas. 1999. Parámetros genéticos del ganado Sanmartinero. En: Memorias Seminario Internacional Caracterización Genética y Potencial Productivo del Ganado Criollo Sanmartinero. Villavicencio, Meta. pp. 28-30.

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

- Mercadante, M.E.Z. y R.B. Lobo. 1997. Estimativa de (co)variâncias e parâmetros genéticos dos efeitos direto e materno de características de crescimento de fêmeas de um rebanho Nelore. *Rev. Bras. Zootec.* 26: 1124-1133.
- Mercadante, M.E.Z., R.B. Lobo y A.R. Borges. 1995. Parámetros genéticos para características de crecimiento en cebuinos de carne. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 3: 45-69.
- Meyer, K. 1992. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livest. Prod. Sci.* 31: 179-204.
- Meyer, K., M.J. Carrick y B.J. Donnelly. 1993. Genetic parameters for growth traits of australian beef cattle from a multibreed selection experiment. *J. Anim. Sci.* 71: 2614-2622.
- Nomura, T. y K. Yonezawa. 1994. A comparison of four systems of group mating for avoiding inbreeding. *Genet. Sel. Evol.* 28: 141-159.
- Phillips, W.A., S.W. Coleman, D.G. Riley, C.C. Chase y H.S. Mayeux. 2005. Postweaning performance of purebred Angus and Romosinuano steers. *American Society of Animal Science Annual Meeting* 88(1): 327. En: <http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm>. [abstract].
- Plasse, D., O. Verde, J. Arango, L. Camaripano, H. Fossi, R. Romero, C. Rodríguez y J.L. Rumbos. 2002. (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a Brahman herd kept on floodable savanna. *Gen. Mol. Res.* 1 (4): 282-297.
- 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.
- Splan, R.K., L.V. Cundiff, M.E. Dikeman y L.D. Van Vleck. 2002. Estimates of parameters between direct and maternal genetic effects for weaning weight and direct genetic effects for carcass traits in crossbred cattle. *J. Anim. Sci.* 80: 3107-3111