

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Genetic parameters and trends for growth traits in creole cattle sanmartinero in the eastern savannas in Colombia

Parámetros genéticos y tendencias para características de crecimiento en el ganado criollo sanmartinero en los Llanos Orientales de Colombia

Rodrigo Martínez¹, Guillermo Onofre², Nelson Polanco³

ABSTRACT

The aim of this work was to estimate the genetic parameters for growth traits and the tendency of their genetic values in a population of Bovine Creole cattle Sanmartinero, located in Meta, Colombia. Was used an animal model with direct and maternal effects as well as a permanent environmental effects and were analyzed birth weight, weaning weight, (adjusted at 240 d), weight at 16 months, weaning daily gain, and daily gain at 16 months. Were analyzed a total of 2812 productive records from animals and were found direct heritability moderate values, ranging between from 0.16 to 0.3 for GP16m and GP respectively. The direct heritability values always were higher than the maternal heritability values and the permanent environmental effects ranged between 0.024 ± 0.033 for PN until 0.067 ± 0.041 for P16m, but the repeatability values were higher for PD (0.41) and GPD (0.37) traits. With reference to the tendency of average yearly genetic values for direct effects, always displayed positive values and a increase tendency however a high variation between the years were found, conversely to the genetic maternal values than displayed generally values near to zero, but their tendency also was to increase. Is noteworthy than in spite of to be a conservation herd, than do not has been used for selection programs for those traits, was found a genetic tendency that suggest a positive genetic change.

Keywords: Heritability, animal model, genetic value, genetic trends, races.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estimar parámetros genéticos para características de crecimiento y la tendencia de sus valores genéticos en una población de la raza bovina criolla sanmartinero, localizada en el departamento del Meta, Colombia. Se utilizó un modelo animal con efectos directos, maternos y de ambiente permanente y se analizaron las características peso al nacimiento (PN), peso al destete (PD) (ajustado a 240 d.), peso a los 16 meses (P16m), ganancia diaria de peso al destete (GPD) y ganancia diaria de peso desde el destete a los 16 meses (GP16m). Se analizaron 2.812 registros productivos de animales y se encontraron valores de heredabilidad directa moderados, variando desde 0,16 hasta 0,37 para GP16m y GPD respectivamente. Los valores de heredabilidad directa siempre fueron mayores que los de heredabilidad materna y los efectos de ambiente permanente variaron entre $0,024 \pm 0,033$ para PN hasta $0,067 \pm 0,041$ para P16m; los valores de repetibilidad fueron superiores para las características de PD (0,41) y GPD (0,37). Los valores genéticos anuales promedio para los efectos directos presentaron en general valores positivos, lo que muestra una tendencia creciente aunque con una alta variación a través de los años; por su parte, los valores genéticos maternos anuales promedio presentaron valores cercanos a cero, aunque en general su tendencia también fue creciente. A pesar de tratarse de un núcleo de conservación, donde no se ha dado selección para estas características, se encontró una tendencia genética que indica un cambio genético positivo.

Palabras clave: heredabilidad, modelo animal, valores genéticos, tendencias genéticas, razas.

INTRODUCCIÓN

LAS CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS de las razas criollas del continente americano y las razas autóctonas españolas son claramente coincidentes, siendo muy común encontrar ejemplares de gran similitud en los dos ámbitos geográficos (Laguna, 1991). Las características reproductivas y la rusticidad de las razas criollas americanas y las razas autóctonas españolas hacen posible que habiten en medios agroambientales muy difíciles y constituyen un factor de renta muy importante para los ganaderos que

Radicado: 28 de abril de 2009
Aprobado: 5 de octubre de 2009

¹ Investigador Ph.D. asistente, Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera (Cundinamarca), Corpoica. ramartinez@corpoica.org.co

² Investigador profesional asociado, Centro de Investigaciones La Libertad, Villavicencio (Meta), Corpoica. honofre@corpoica.org.co

³ Investigador profesional asociado, Unidad Local Yopal (Casare), Corpoica. npolanco@corpoica.org.co

las explotan (Fernández y Barba, 2005). Se considera que el ganado sanmartinero se derivó del bovino español de Extremadura y que la entrada a los Llanos Orientales tuvo lugar a través de Venezuela, entre los años 1555 y 1570; y fue posteriormente explotado por los jesuitas en la región del piedemonte llanero (González 1999, tomado de Gutiérrez *et al.*, 2003).

Durante el último siglo, muchas razas domésticas se han extinguido, por el remplazo o el cruzamiento con razas foráneas mejoradas, la substitución de animales de trabajo por herramientas y maquinarias o por el mercadeo desfavorable de razas (Köhler-Rollefson, 2000). Cerca de un tercio de las cinco mil razas de ganado y aves domésticas en el mundo están en peligro de extinción (FAO/UNEP, 1995); razas que representan un recurso único para las necesidades presentes y futuras de los objetivos y programas de mejoramiento. Este estado crítico ha sido una constante para algunas razas criollas colombianas; en el caso de la raza sanmartinera, el número efectivo sufrió un descenso leve entre los censos de 1987 y 1996, pasando de 3.579 a 3.146 (reducción de 12,1%); en mestizos fue mayor con un descenso de 156,97% (Martínez G., 1999). Factor bien importante para la preservación de esta raza han sido los programas de conservación, pues se cuenta con un banco de germoplasma, ubicado en el piedemonte llanero. Además, cuenta con el respaldo de un banco de germoplasma *in vitro* (Gutiérrez *et al.*, 2003).

La información fenotípica y genética de características productivas y reproductivas en las razas criollas es escasa (Gutiérrez *et al.*, 2003), y este es el caso de la raza criolla sanmartinera. Los últimos reportes se realizaron con tamaños de población reducida proveniente del Banco de Germoplasma; Manrique y colaboradores (1999) analizaron poblaciones puras y Elzo y colaboradores (1999) poblaciones cruzadas con cebú. Pero, teniendo en cuenta que en las condiciones de trópico bajo, los factores ambientales tienen un impacto importante sobre la variación de los efectos genéticos, es necesario monitorear el comportamiento de su variación en el tiempo, información que puede ser un indicador de la variabilidad genética de la población y las posibilidades de mejoramiento. El área de influencia de la raza sanmartinero es de bosque húmedo tropical con topografía plana y temperatura promedio de 26 °C. En estas condiciones, en cuanto a características productivas de los animales se han registrado valores de pesos al nacimiento de 27,4 y 26,1 kg, al destete de 171 y 161 kg y a los 16 meses de 232 y 215 kg para machos y hembras respectivamente. Para características productivas se han encontrado valores de intervalo entre partos de 469 días, con edad al primer parto de 28 meses y porcentaje de natalidad de 75,4%. En cuanto a producción láctea, se han registrado valores de duración de lactancia

de 240 días y con producciones promedio de 779 kg de leche (González *et al.*, 1995, Manrique *et al.*, 1999, Elzo *et al.*, 1999). Algunos parámetros genéticos establecidos para la raza sanmartinera en el Banco de Germoplasma son para peso al nacimiento de $h^2 = 0,19 \pm 0,03$, peso al destete de $h^2 = 0,37 \pm 0,09$, peso a los 16 meses de $h^2 = 0,16 \pm 0,06$ y ganancia de peso de $h^2 = 0,38 \pm 0,68$ (Informe de resultados Corpoica, 2002, tomado de Gutiérrez *et al.*, 2003).

El objetivo de este trabajo fue estimar los parámetros genéticos y determinar las tendencias genéticas para efectos directos y maternos en un núcleo de conservación de ganado criollo sanmartinero localizado en los Llanos Orientales de Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los registros productivos corresponden a la información tabulada de la raza bovina criolla sanmartinero en el Banco de Germoplasma, perteneciente al sistema nacional de bancos de germoplasma y manejado por La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-, localizado en el Centro de Investigaciones La Libertad, Villavicencio, Meta, a 9° 6' de latitud norte y 73° 34' longitud oeste, a una altura de 330 msnm, con una precipitación anual de 2800 mm, temperatura promedio de 26 °C, humedad relativa de 85% en la época lluviosa y 65% en la seca, con suelos de terraza alta caracterizados por ser oxisoles.

La fuente básica de información corresponde a los registros productivos generados entre 1980 y 2008. Durante ese período, el grupo de animales fue manejado en pastoreo rotacional sobre praderas de pasto *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria dyctioneura* y *Brachiaria humidicola* principalmente, con suministro constante de sal mineral.

La información utilizada corresponde a los registros con la identificación del animal, padre, madre -con su edad y número de partos-, fecha de nacimiento, sexo, peso al nacimiento, a los 240 días (destete) y a los 480 días. La estructura genealógica de la fuente de información que se utilizó en esta evaluación, se presenta en la tabla 1.

Para la evaluación de los datos recolectados se utilizó un modelo animal que incluyó efectos fijos de año, época de nacimiento y sexo; como covariable se utilizó la edad de la vaca al parto; como efectos aleatorios, el efecto aditivo directo, efecto materno y efecto de ambiente permanente, como se describe a continuación:

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

Ajustando las ecuaciones del modelo mixto (Henderson, 1975), donde Y es un vector de observaciones, β es

Tabla 1. Resumen de observaciones, promedio y desviación estándar por característica

Clasificación características	PN	PD	P16m	GPD	GP16m
No. de animales con registro	2812	2425	1407	2405	1407
No. de padres con registro de progenie	192	179	144	179	144
No. de madres con registro de progenie	846	799	629	797	629
No. de abuelos paternos con registro	207	201	175	201	175
No. de abuelos maternos con registro	437	428	363	427	363
Promedio	27,34 kg	161,09 kg	222,48 kg	562,94 g	249,63 g
Desviación estándar	3,35	29,61	39,63	124,48	127,61

un vector de soluciones para efectos fijos (año y época de nacimiento, sexo, edad de la vaca al parto), X es la matriz de incidencia de los efectos fijos, Z es la matriz de incidencia de los efectos aleatorios; a es el vector de soluciones para valores genéticos, m es el vector de soluciones para efecto materno, p es el vector de soluciones para efectos de ambiente permanente, y e corresponde a los valores residuales.

La estructura de (co)varianza de los efectos aleatorios para las características evaluadas fue:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A} \\ \mathbf{m} \\ \mathbf{V}_{pe} \\ \mathbf{E} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{A}\sigma_a^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{A}\sigma_m^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{I}_{pe}\sigma_{pe}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{I}_n\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Donde \mathbf{A} es el numerador de la matriz de parentesco, σ_a^2 es la varianza aditiva genética directa, σ_m^2 es la varianza aditiva genética materna, σ_{pe}^2 es la varianza de ambiente materno permanente, σ_e^2 es la varianza residual, e \mathbf{I}_{pe} e \mathbf{I}_n son las matrices identidad con orden igual al número de madres y registros, respectivamente; en este modelo no se incluyó covarianza entre efectos directos y maternos.

Los cálculos de heredabilidad aditiva directa fueron hallados mediante componentes de varianza a partir del modelo animal por medio de la siguiente fórmula: $h_{ad}^2 = (\sigma_a^2)/(\sigma_f^2)$. Donde h_{ad}^2 = heredabilidad aditiva directa, σ_a^2 = varianza genética aditiva directa, σ_f^2 = varianza fenotípica total.

Para el caso de los componentes genéticos de tipo materno la heredabilidad se estimó mediante 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.

Para el cálculo de la repetibilidad (t) se utilizaron los valores de los componentes de varianza 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.

Se utilizó el programa DFREML (derivative free restricted maximum likelihood) (Smith y Grazer, 1986) para la estimación de componentes de varianza, y para el cálculo de los valores genéticos se utilizó el programa MTDFREML (multi trait derivative free restricted maximum likelihood) (Boldman *et al.*, 1991, 1993).

RESULTADOS

En este trabajo se presentan valores para los componentes de varianza y parámetros genéticos como la heredabilidad directa, materna y total, además la contribución de la variación debida a efectos de ambiente permanente como proporción de la varianza fenotípica total para las características de crecimiento evaluadas en ganado criollo sanmartinero (tabla 2).

Para la característica peso al nacimiento se encontraron valores de heredabilidad directa ($h_d^2 = 0,15 \pm 0,055$), materna ($h_m^2 = 0,05 \pm 0,04$) y total ($h_t^2 = 0,18$), considerados bajos, excepto para esta última que puede considerarse como un valor intermedio. El efecto de ambiente permanente contribuyó con 2,4% de la varianza fenotípica total y por último, la varianza residual encontrada alcanzó 76% de la varianza fenotípica.

Para la característica PD se obtuvieron valores la heredabilidad directa, materna y total ($h_d^2 = 0,32 \pm 0,054$, $h_m^2 = 0,11 \pm 0,041$ y $h_t^2 = 0,378$); en este caso, el efecto materno presentó un valor bajo, lo que demuestra el menor efecto que ejercen los genes maternos sobre el PD en terneros sanmartinero. Por el contrario, la heredabilidad directa y total presentan valores intermedios, mostrando un moderado efecto del factor genético sobre la variación de esta característica. El efecto de ambiente permanente (4,0%) fue bajo, lo cual indica que este factor tiene poca participación en la varianza fenotípica total.

La heredabilidad total estimada para el P16m presentó un valor moderado ($h_t^2 = 0,176$), con un valor de heredabilidad directa de $h_d^2 = 0,14 \pm 0,06$, y un valor inferior

Tabla 2. Componentes de varianza y parámetros genéticos estimados para características de crecimiento en la raza criolla sanmartinero

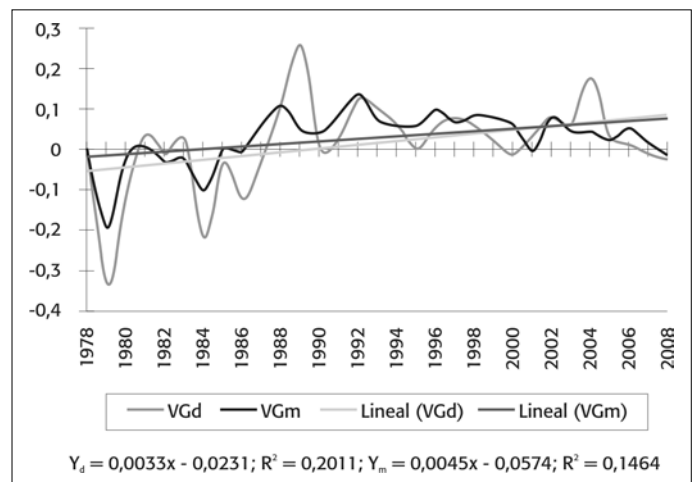
Componentes de varianza	Peso al nacimiento	Peso al destete	Peso a 480 días	Ganancia diaria de peso al destete	Ganancia diaria de peso posdestete
σ_a^2	1,482	247,03	168,19	4331,40	214,93
σ_m^2	0,533	87,92	61,32	1376,22	0,0015
σ_{pe}^2	0,235	31,03	75,76	583,6	34,89
σ_p^2	9,58	768,20	1127,46	13322,8	1028,37
σ_e^2	7,33	402,3	822,22	7051,35	1283,20
h^2_d	$0,15 \pm 0,055$	$0,32 \pm 0,054$	$0,14 \pm 0,065$	$0,32 \pm 0,051$	$0,16 \pm 0,032$
h^2_m	$0,05 \pm 0,040$	$0,11 \pm 0,041$	$0,054 \pm 0,039$	$0,10 \pm 0,036$	$0,0001 \pm 0,04$
h^2_t	0,182	0,378	0,176	0,376	0,167
c^2	$0,024 \pm 0,033$	$0,040 \pm 0,028$	$0,067 \pm 0,041$	$0,042 \pm 0,028$	$0,027 \pm 0,017$
e^2	$0,76 \pm 0,02$	$0,52 \pm 0,045$	$0,72 \pm 0,05$	$0,52 \pm 0,047$	$0,80 \pm 0,073$
t	0,207	0,419	0,176	0,376	0,197

σ_a^2 = varianza aditiva directa, σ_m^2 = varianza materna, σ_{pe}^2 = varianza de ambiente permanente, σ_p^2 = varianza fenotípica total, σ_e^2 = varianza del error, h^2_d = heredabilidad directa, h^2_m = heredabilidad materna, r_{am} = correlación entre el efecto directo y materno, h^2_t = heredabilidad total, p^2 = varianza de ambiente permanente como proporción de σ_p^2 , e^2 = varianza del error como proporción de σ_p^2 , t = repetibilidad.

de heredabilidad materna de $h^2_m = 0,054 \pm 0,039$; el efecto de ambiente permanente de la vaca contribuyó solamente con 6,7% de la varianza fenotípica total. También se analizaron las ganancias de peso desde el nacimiento hasta el destete y del destete hasta los 16 meses; en este estudio se encontró para la variable GPD valores altos para heredabilidad total ($h^2_t = 0,376$) y heredabilidad directa ($h^2_d = 0,32 \pm 0,051$) y bajo para la heredabilidad materna ($h^2_m = 0,10 \pm 0,054$). Por otra parte, en la GP16m se encontró una disminución drástica del valor de heredabilidad directa ($h^2_d = 0,16 \pm 0,032$), y total ($h^2_t = 0,167$) y no se encontró un efecto materno significativo ($h^2_m = 0,0001 \pm 0,04$), lo que indica mayor efecto del ambiente sobre la variación de esta característica.

Por otra parte, los valores de repetibilidad para el PN y P16m presentaron valores moderados ($t = 0,20$ y $t = 0,17$ respectivamente), pero estos fueron mayores para PD ($t = 0,419$) lo que indica que se requiere un número moderado de registros para poder seleccionar o descartar una hembra y poder predecir el futuro productivo de una hembra en el hato para estas características de crecimiento.

En cuanto a la tendencia de los valores genéticos anuales promedio para los efectos directos en la característica PN, se presentó un comportamiento muy variable a través de los años, con una tendencia creciente y un aumento anual promedio de 3,3 g/año ($R^2 = 0,20$; $P > 0,05$). Igualmente, los valores genéticos maternos para el PN presentan un comportamiento variable, con una tendencia creciente pero en este caso no significativa, con un aumento anual muy bajo y similar al encontrado para el efecto directo (4,5 g) ($R^2 = 0,146a$; $P > 0,05$) (figura 1).

**Figura 1.** Tendencias de los valores genéticos directos y maternos para peso al nacimiento en terneros criollos de la raza sanmartinero

La tendencia de los valores genéticos directos para la característica PD también muestra evidencia de progreso genético, ya que presentaron en promedio un incremento anual de 113 g/año, aunque con un bajo valor para el coeficiente de determinación ($R^2 = 0,23$; $P > 0,05$). Por su parte, la tendencia promedio de los valores genéticos maternos anuales presentaron un comportamiento variable, con una leve tendencia creciente, aunque no significativa, presentando un incremento anual en promedio de 71 g ($R^2 = 0,22$; $P > 0,05$) (figura 2).

El promedio anual de los valores genéticos para el P16m muestra un incremento de 56,8 g/año; y el coeficiente de determinación presenta un valor bajo ($R^2 = 0,11$; $P > 0,05$). Los promedios de los valores genéticos

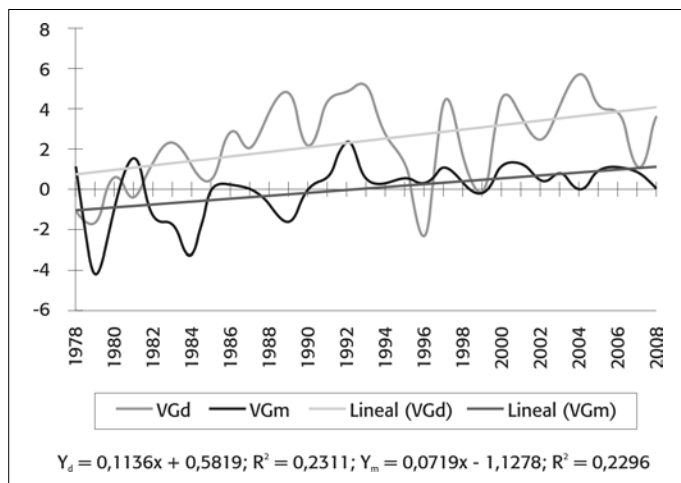


Figura 2. Tendencia de los valores genéticos directos y maternos para peso al destete en terneros de la raza criolla sanmartinero

maternos no presentan cambios significativos a través de los años; de esta forma a medida que se incrementan los valores genéticos directos, se nota un comportamiento estable de los valores genéticos maternos para esta característica (figura 3).

La tendencia de los valores genéticos directos y maternos para la GPD y GP16m tienen un comportamiento altamente variable en el período evaluado. Los valores genéticos directos presentan un comportamiento creciente aunque no significativo ($0,42 \text{ g/año}$), ($R^2 = 0,017$; $P > 0,05$); en general los valores genéticos anuales promedio presentaron valores positivos a partir de 1982, con descensos drásticos en 1996, 1998 y 1999, cuando fueron cercanos a cero. Los valores genéticos maternos anuales promedio tuvieron una tendencia levemente creciente y no significativa en el transcurso de los años (figuras 4 y 5).

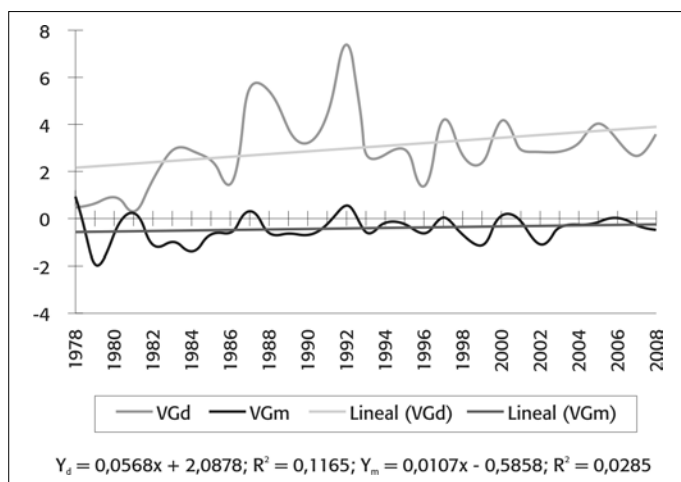


Figura 3. Tendencia de los valores genéticos directos y maternos para peso a los 16 meses en terneros criollos de la raza sanmartinero

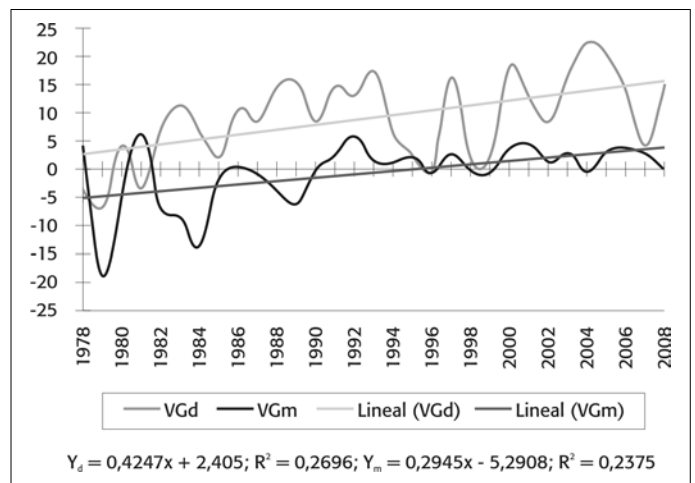


Figura 4. Tendencia de los valores genéticos directos y maternos para ganancia de peso predestete en terneros criollos de la raza sanmartinero

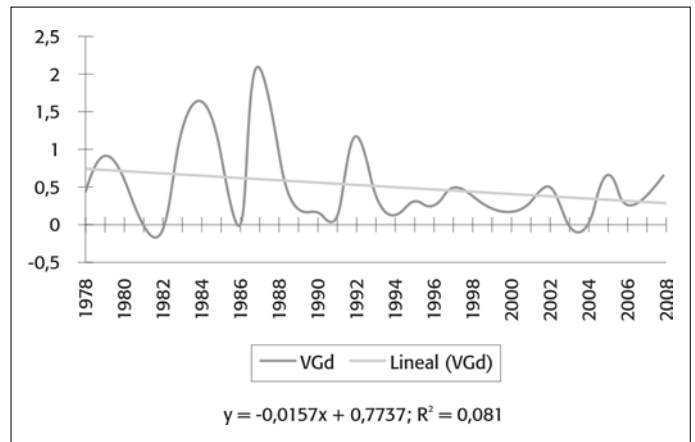


Figura 5. Tendencia de los valores genéticos directos y maternos para ganancia de peso desde el destete hasta los 16 meses en terneros criollos de la raza sanmartinero

DISCUSIÓN

En este trabajo se presentan los parámetros genéticos y las tendencias de los valores genéticos para los pesos al nacimiento, destete, 16 meses y las ganancias de peso antes y después del destete, para una población de bovinos criollos de la raza sanmartinero desde 1980 a 2008. Esta población está localizada en el piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia, y ha sido mantenida en condiciones semiextensivas, donde los efectos ambientales presentan un aporte importante a la variación fenotípica de las características de crecimiento.

Para la característica peso al nacimiento, en la presente investigación se encontraron valores reducidos de heredabilidad tanto directa como materna. Aunque dichos valores fueron inferiores a lo descrito por Plasse y colaboradores (2002) en ganado cebú Brahman (0,23 y 0,07 respectivamente), fueron superiores a lo reportado en

ganado costeño con cuernos por Martínez y Pérez (2006b) ($0,17 \pm 0,001$) y en ganado sanmartinero por Manrique y colaboradores (1999) ($h^2_t = 0,03$). Por su parte, Elzo y colaboradores (1998) reportaron en ganado romosinuano valores inferiores para el efecto directo ($h^2_d = 0,14$) y mayores para el efecto materno ($h^2_m = 0,18$); y la raza cebú valores superiores ($h^2_d = 0,24$ y $h^2_m = 0,18$), al igual que lo reportado por Mercadante y colaboradores (1995) para heredabilidad materna ($h^2_m = 0,12$) en la misma raza. Por otro lado, en esta investigación el efecto del ambiente permanente presentó un aporte muy bajo a la varianza fenotípica total, similar a lo reportado (3%) por Plasse y colaboradores (2002) y Martínez y colaboradores (2006) en la raza costeño con cuernos, que presentó un valor de 3,9%. Por último, la varianza residual alcanzó 76% de la varianza fenotípica, lo que implica que la mayor parte de la variación fenotípica total se encuentra afectada por factores no controlados.

Por el contrario, en la característica PD se obtuvieron valores intermedios para la heredabilidad directa, materna y total; en este caso, el efecto materno presentó un valor bajo, lo que demuestra el menor efecto que ejercen los genes maternos sobre el PD en terneros sanmartinero. Pero la heredabilidad directa y total presenta valores intermedios, con un moderado efecto del factor genético sobre la variación de esta característica. La estimación de heredabilidad directa fue superior a lo reportado por Manrique y colaboradores (1999) ($h^2_d = 0,11$) en la raza criolla sanmartinero; Splan y colaboradores (2002), en una población cruzada de animales de origen taurino, encontraron para el efecto directo un valor inferior ($h^2_d = 0,14$), pero superior en el efecto materno ($h^2_m = 0,19$). Iwasazki y colaboradores (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 superiores para el efecto materno ($h^2_m = 0,13$). Por otra parte, estos valores estimados son muy inferiores a los encontrados por Martínez y Pérez (2007) en una población de la raza romosinuano ($h^2_d = 0,43$) localizada en la zona de trópico bajo. Para esta característica, el efecto de ambiente permanente fue bajo, e inferior al promedio reportado por Mercadante y Lobo (1997) (0,11) y Plasse y colaboradores (2002) (0,1), lo cual indica que en las condiciones de explotación de esta raza, el ambiente permanente es de baja importancia a diferencia de lo que se ha notado en varios estudios en razas cebuanas (Plasse *et al.*, 2002).

El período posdestete implica una fase inicial de desaceleración de la velocidad de crecimiento producto del estrés del destete, cuando los animales no han sido suplementados. En las condiciones semiextensivas en que se ha mantenido esta población de ganado criollo sanmartinero, los efectos ambientales han presentado un

alto componente en la varianza fenotípica total, por lo que la heredabilidad estimada para la característica P16m fue bajo y principalmente los efectos maternos en esta etapa tiene muy poca participación, debido a que para esta edad son menos importantes las variaciones en el potencial de producción de leche de las vacas, que ofrecen mejores condiciones a los terneros que lactan. Por eso generalmente se considera que el pesaje a 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 y colaboradores (1995), Martínez y Pérez (2006b), Mercadante y Lobo (1997) y Plasse y colaboradores (2002) para efecto directo ($h^2_d = 0,16$) y materno ($h^2_m = 0,04$), y superiores a las descritas por Manrique y colaboradores (1999) ($h^2_t = 0,045$). El efecto de ambiente permanente de la vaca contribuyó con 6,7% de la varianza fenotípica, similar a lo reportado por Plasse y colaboradores (2002) (4%), pero superior a la descrito por Meyer y colaboradores (1993).

Para la variable GPD se encontraron valores altos de heredabilidad directa, pero bajos para la heredabilidad materna; valores que fueron muy superiores a los descritos por Elzo y colaboradores (1998) en ganado romosinuano y cebú para el efecto directo ($h^2_d = 0,10$), pero inferiores para el efecto materno en la raza romosinuano ($h^2_m = 0,23$), superiores 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 y colaboradores (2004) presentaron valores inferiores para el efecto directo ($h^2_d = 0,15$) y más altos para el efecto materno ($h^2_m = 0,19$); en este caso, la varianza de ambiente permanente, como proporción de la varianza fenotípica total tuvo valores inferiores a lo encontrado para PD (4,2%); este valor es inferior al reportado por Koch y colaboradores (2004) quienes encontraron un valor cercano a 26%.

En la característica GP16m se encontró una disminución drástica del valor de heredabilidad directa y no se encontró un efecto materno significativo, lo que indica un mayor efecto del ambiente sobre la variación de esta característica; contrario a lo reportado por Koch y colaboradores (2004) para el efecto directo ($h^2_d = 0,41$) y para el materno ($h^2_m = 0,03$); además el valor de varianza de ambiente permanente fue bajo ($0,016 \pm 0,026$).

Estos estimativos de heredabilidad directa y total indican que la GPD tiene un valor de heredabilidad media y está influenciada por la acción aditiva de los genes del propio individuo y en menor medida por la acción de los genes de la propia madre, y en el caso de la GPD dia-

ria posdestete, se encontró mayor influencia ambiental, dados sus bajos valores de heredabilidad.

En cuanto a la repetibilidad de estas características, se encontraron valores bajos para PN, P16m y GP16m, inferiores a lo reportado por Martínez y colaboradores (2006) en la raza romosinuano, quienes reportaron los siguientes valores de repetibilidad: 0,33 para PN; 0,61 para PD; 0,43 para P16m; 0,55 para GPD y 0,22 para GP16m. De igual manera, Gallego y colaboradores (2006) reportaron valores superiores en la raza criolla blanco orejinegro. Los valores registrados en esta raza para las características PD y GPD indican que se requiere un número reducido de registros productivos para poder seleccionar o descartar una hembra o predecir el futuro productivo de una hembra de esta población.

La estimación de tendencias genéticas es necesaria para monitorear y evaluar programas de selección, así como también para verificar que los parámetros genéticos y fenotípicos se mantienen constantes a través del tiempo, lo que indicaría el mantenimiento de la variabilidad genética en los programas de conservación. En esta investigación se evaluaron las tendencias genéticas para características de crecimiento a lo largo de 28 años de vida productiva de la población. La tendencia de los valores genéticos directos anuales promedio para PN presentó alta variabilidad a través de los años con un comportamiento creciente. Este valor de incremento anual es inferior a lo reportado por Gallego y colaboradores (2006) para la raza blanco orejinegro (7 g/año), y por Martínez y Pérez (2006a) para la raza romosinuano (18,4 g/año) y por Plasse y colaboradores (2002) en un núcleo de la raza cebú sometido un programa de mejoramiento (393 g/año). Koch y colaboradores (2004) encontraron un incremento anual de 0,7 % para PN en un período de 6 años evaluados. Esta baja tasa de cambio 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 con signo positivo por primera vez en 1982 y 1983, pero posteriormente siguieron presentando valores promedio negativos hasta 1998, cuando se presentó el mayor valor promedio registrado en la población; en 2007 y 2008 los valores genéticos promedio volvieron a presentar un comportamiento levemente negativo. Por su parte, los valores genéticos maternos se han encontrado muy próximos a cero, con tendencia creciente en el transcurso de los últimos años.

La tendencia de los valores genéticos directos para PD también muestran evidencia de progreso genético (incremento anual de 113 g/año), similar a lo reportado para la raza romosinuano que presentó un incremento anual de 116,4 g/año (Martínez y Pérez, 2006a), pero muy inferior a lo encontrado en la raza BON (263 g/año) (Gallego *et al.*, 2006). Los promedios anuales para los valores genéticos directos presentan signo positivo a partir de 1982 y continuaron con valores positivos a través de los años, con excepción de 1996, cuando se presentó un drástico descenso, al igual que en el año 1999, cuando estuvo muy cercano a cero; por el contrario, el más alto valor se presentó en el 2004.

Para el peso a los 16 meses, el promedio anual de los valores genéticos muestra un incremento bajo, comparado con lo reportado por Gallego y colaboradores (2006) en ganado BON (165 g/año), pero similar a lo reportado por Martínez y Pérez (2006) en la raza romosinuano (97,8 g/año). En esta investigación, los valores genéticos promedios anuales calculados entre 1978 y el 2008 se encuentran siempre positivos con fluctuaciones acentuadas hasta 1993, año en el que se presentó un descenso fuerte y a partir del cual las fluctuaciones han sido más moderadas. Los promedios anuales de los valores genéticos maternos no presentan cambios significativos, y se nota un comportamiento estable de éstos a medida que se incrementan los valores genéticos directos para esta característica.

Según Plasse y colaboradores (2002), la tendencia para los valores genéticos directos para pesos a 205 y 548 días en una población de ganado cebú seleccionada presentaron incrementos por año de 142 g ($P < 0,01$) y 263 g ($P < 0,01$), respectivamente, y la tendencia genética materna fue 115 g ($P < 0,01$) y 95 g ($P < 0,01$), respectivamente. En este caso, la tendencia genética en producción de leche se supuso a partir de la tendencia genética materna y muestra que la lactación anual produjo incremento lechero suficiente para soportar un aumento en los pesos al destete de 115 g/año.

En términos generales, las tendencias genéticas directas y maternas en la población de la raza sanmartinero presentaron un comportamiento altamente variable, pero de forma creciente; generalmente en los últimos años se han encontrado valores promedio positivos para todas las características, lo que indicaría que en la población existe mayor proporción de individuos con valores genéticos positivos, aspecto de gran importancia al momento de plantear un esquema de mejoramiento genético.

CONCLUSIONES

En la población evaluada de la raza sanmartinero, los valores de heredabilidad para PN, P16m y GP16m fueron bajos, con participación alta del efecto directo y baja

del efecto materno; y mínima influencia del ambiente permanente.

Los valores de heredabilidad fueron más altos para las características peso al destete y ganancia de peso predestete, lo que indica que en cuanto al componente genético dichas características son más adecuadas cuando en el futuro se desarrollen procesos de selección.

Las tendencias genéticas en las características peso al destete y ganancia de peso predestete muestran un comportamiento creciente con mayores tasas de cambio, a pesar de ser poblaciones en las que no se ha dado ninguna presión de selección.

En las características posdestete se encontró un alto efecto de factores ambientales en la estimación de parámetros genéticos lo que explica la alta variación en la tendencia de los valores genéticos promedio.

La variación de la tendencia de los valores genéticos se podría disminuir, mejorando las condiciones nutricionales y de manejo en el posdestete.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y al Instituto Colombiano Agropecuario –ICA- por el apoyo financiero mediante convenio No. 020 de 2008.

REFERENCIAS

- Boldman KG, Van Vleck LD. 1991. Derivative-free restricted maximum likelihood estimation in animal model with a sparse matrix solver. *Journal of Dairy Science* 74(12):4337-4343.
- Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Kachman SD. 1993. A Manual for Use of MTDFREML. A Set of Programs to Obtain Estimates of Variances and Covariances. ARS, USDA, Washington, D. C.
- Eler JP, Van Vleck LD, Ferraz JBS, Lobo RB. 1995. Estimation of Variances Due to Direct and Maternal Effects for Growth Traits of Nelore Cattle. *Journal of Animal Science* 73(11):3253-3258.
- Elzo MA, Martínez G, González F, Huertas H. 1999. Variabilidad y predicciones genéticas para características de carne en el rebaño multirracial Sanmartinero – Cebú de La Libertad. En: Memorias Seminario Internacional Caracterización Genética y Potencial Productivo del Ganado Criollo Sanmartinero. Villavicencio, Meta, pp. 54-80.
- Elzo MA, Manrique C, Ossa G, Acosta O. 1998. Additive and Nonadditive Genetic Variability for Growth Traits in the Turipana Romosinuano-Zebu Multibreed Herd. *Journal of Animal Science* 76(6):1539-1549.
- FAO/UNEP. World watch list for domestic animal diversity (1995) 2nd ed. Rome, Italy. Beate D. Scherf.
- Gallego J, Martínez R, Moreno F. 2006. Índice de consanguinidad y caracterización fenotípica y genética de la raza bovina criolla blanco orejinegro. *Revista Corpoica* 7(1):16-24.
- Gutiérrez WR, Martínez RA, Escobedo CD, Anzola HJ. 2003. Situación de los recursos zoogenéticos. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá, Colombia, p. 134.
- Henderson CR. 1975. Best Linear Unbiased Prediction under a selection model. *Biometrics* 31:423.
- Koch RM, Cundiff LV, Gregory KE, Van Vleck LD. 2004. 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. *Journal of Animal Science* 82:668-682.
- Köhler-Rollefson I. Implementing the convention on biodiversity with respect to domestic animal diversity. Report on the international workshop on animal and plant genetic resources in agriculture at the biosphere reserve. 2000. Schorfheide-Chorin, Germany, May 16–18. [Internet]. [cited 2007 July 19]. Disponible en: http://lifeinitiative.net/html/implementing_cbd.htm.
- Laguna E. 1991. El ganado español, un descubrimiento para América. SGT. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 237 p.
- Manrique PC, Martínez G, González F, Huertas H. 1999. Parámetros genéticos del ganado sanmartinero. En: Memorias Seminario Internacional Caracterización Genética y Potencial Productivo del Ganado Criollo Sanmartinero. Villavicencio, Meta, p. 28-30.
- Martínez R, Pérez JE. 2006a. Parámetros y tendencias genéticas para características de crecimiento en el ganado criollo colombiano romosinuano. *Revista Corpoica* 7:25-32.
- Martínez R, Pérez JE. 2006b. Evaluación fenotípica y genética para características de crecimiento en la raza criolla colombiana costeño con cuernos. *Revista Corpoica* 7(2): 12-20.
- Martínez R, Pérez J, Herazo T. 2006. Estimation of genetic parameters and variance components For growth traits in costeño con cuernos cattle in Colombian humid tropic. 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 13-18, 2006, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Martínez R, Pérez J, 2007. Estimation of genetic parameters and variance components for growth traits in Romosinuano cattle in the Colombian humid tropics. *Genetics and Molecular Research* 6 (3): 482-491.
- Martínez CG. 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, Bogotá D.C. Colombia, p. 13-64.
- Mercadante MEZ, Lobo RB. 1997. Estimativa de (co)variâncias e parâmetros genéticos dos efeitos direto e materno de características de crescimento de fêmeas de um rebanho Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia* 26: 1124-1133.
- Mercadante MEZ, Lobo RB, Borges AR. 1995. Parámetros genéticos para características de crecimiento en cebuinos de carne. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 3:45-69.
- Meyer K, Carrick MJ, Donnelly BJP. 1993. Genetic Parameters for Growth Traits of Australian Beef Cattle from a Multibreed Selection Experiment. *Journal of Animal Science*. 71(10):2614-2622.
- Plasse D, Verde O, Arango J, Camaripano L, Fossi H, Romero R, Rodríguez C, Rumbos JL. 2002. (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a Brahman herd kept on floodable savanna. *Genetics and Molecular Research* 1(4):282-297.
- Smith SP, Graser HU. 1986. Estimating variance components in a class of mixed models by restricted maximum likelihood. *Journal of Dairy Science* 69(4):1156-1165.
- Splan RK, Cundiff LV, Dikeman ME, Van Vleck LD. 2002. Estimates of parameters between direct and maternal genetic effects for weaning weight and direct genetic effects for carcass traits in crossbred cattle. *Journal of Animal Science* 80:3107-3111.