

HEREDABILIDADES, CORRELACIONES Y TENDENCIAS GENÉTICAS PARA CARACTERÍSTICAS PRE Y POSDESTETE EN UNA POBLACIÓN MULTIRRACIAL DE GANADO DE CARNE EN COLOMBIA

Heritabilities, Correlations and Genetic Tendencies for Pre and Post Weaning Traits in a Colombian Multibreed Beef Cattle Population

Oscar Vergara-Garay^{1*}, Juan Simanca-Sotelo¹ y Roger Salgado-Otero²

¹Grupo de Investigación en Producción Animal Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. Montería, Córdoba. Colombia. ²Grupo de Investigación en Reproducción y Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. Montería, Córdoba. Colombia. * overgara@correo.unicordoba.edu.co

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue estimar los parámetros y tendencias genéticas para peso al nacer (PN), peso al destete ajustado a 240 días (PDA240) y ganancia de peso posdestete a los 18 meses de edad (GP18) en una población bovina multirracial de las razas Angus, Blanco Orejinegro, Cebú y Romosinuano. Los datos se analizaron usando un modelo mixto multi carácter que incluyó los efectos fijos de grupo contemporáneo (año-época-sexo; para GP18 se adicionó finca), edad de la madre al parto (sólo para PN y PDA240), efectos genéticos directos y maternos de la raza (sólo para PN y PDA240), heterosis individual y materna (sólo para PN y PDA240). Los efectos aleatorios para PN y PDA240 fueron genéticos aditivos directos, aditivos maternos, ambiente permanente materno y residual. Los efectos aleatorios para GP18 fueron genético aditivo directo y residual. Los estimados de componentes de varianza se realizaron usando el programa AIREML. Las tendencias genéticas se calcularon a través de la regresión lineal de los valores genéticos promedios anuales sobre año, mediante el procedimiento REG del programa estadístico SAS. Los estimados de heredabilidad para efectos genéticos aditivos directos fueron $0,13 \pm 0,002$, $0,27 \pm 0,002$ y $0,25 \pm 0,004$ para PN, PDA240 y GP18, respectivamente. Las heredabilidades maternas fueron $0,06 \pm 0,006$ para PN y $0,14 \pm 0,002$ para PDA240. Las correlaciones genéticas entre efectos genéticos directos y maternos fueron $-0,37 \pm 0,02$ para PN y $-0,42 \pm 0,008$ para PDA240. La correlación genética entre efectos genéticos di-

rectos para PN y PDA240 fue de $0,57 \pm 0,008$, mientras que para PN y GP18 fue cercana a cero ($-0,05 \pm 0,008$). Durante los años de estudio, las tendencias genéticas de los efectos genéticos directos para las crías fueron $-0,13 \pm 0,03$ para PN, $-0,46 \pm 0,20$ para PDA240 y $-0,30 \pm 0,27$ para GP18.

Palabras clave: Crecimiento posdestete, heterosis, peso al nacer, peso al destete.

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate genetic parameters and genetic trends for birth weight (BW), weaning weight adjusted to 240 days (WW240) and postweaning weight gain at 18 months of age (GW18) in a multibreed cattle population of the breeds Angus, Blanco Orejinegro, Zebu, and Romosinuano. Data were analyzed using a multiple trait mixed model procedure. This model included the fixed effects of contemporary group (year-season-sex; to GW18 herd was added), dam age (only was used for BW and WW240), breed direct genetic effects, breed maternal genetic effects (only for BW and WW240), individual heterosis and maternal heterosis (only for BW and WW240). Random effects for BW and WW240 were direct additive genetic, maternal additive, maternal permanent environmental, and residual. Random effects for GW18 were additive direct genetic and residual. Estimates of variance components were obtained by the AIREML software. Genetic trends were computed as a linear regression of weighted yearly means on year using the procedure REG of SAS software. The direct heritabilities were 0.13 ± 0.002 for PN, 0.27 ± 0.002 for WW240, and 0.25 ± 0.004 for GW18. Maternal heritabilities

were 0.06 ± 0.006 for BW and 0.14 ± 0.002 for WW240. The genetic correlation between direct and maternal genetic effects was -0.37 ± 0.02 for BW and -0.42 ± 0.008 for WW240. Genetic correlations between direct genetic effects for BW y WW240 was 0.57 ± 0.008 , while for BW y GW18 was close to zero (-0.05 ± 0.008). During the years of study, the genetic trends of direct genetic effects for breeding were -0.13 ± 0.03 for BW, -0.46 ± 0.20 for WW240, and -0.30 ± 0.27 for GW18.

Key words: Birth weight, heterosis, postweaning growth, weaning weight.

INTRODUCCIÓN

Colombia posee una gran variabilidad de climas, lo que ha llevado a que los productores, tanto de ganado vacuno (*Bos primigenius taurus* y *Bos primigenius indicus*) de carne como de leche hayan utilizado de un sinnúmero de razas y cruzamientos en busca del genotipo que mejor se adapte a las condiciones climáticas de cada región. Esta variabilidad en la constitución genética de los diferentes sistemas de producción, requiere de la implementación de modelos de evaluación genética, que además de los efectos genéticos aditivos utilizados en las evaluaciones de razas puras, consideren los efectos genéticos no aditivos y que también se pueda estimar el efecto de cada raza sobre las características de importancia económica.

Por otra parte, todo programa de mejoramiento genético debe ser monitoreado periódicamente para poder hacer ajustes y poder tomar correctivos en forma oportuna. Una de las formas de monitorear los resultados de un programa mejoramiento genético, es a través del cambio que tienen los valores genéticos de las características de interés en la población objeto de estudio [23]. Por medio del conocimiento de los parámetros genéticos y de los cambios de los valores genéticos en el tiempo, entendiéndose éstas como tendencias genéticas, se facilita la toma de decisiones y el direccionamiento de los apareamientos en las poblaciones, especialmente si son multirraciales, lo que en última instancia irá en beneficio económico de toda empresa ganadera.

De acuerdo a lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo estimar los parámetros genéticos y tendencias genéticas para características de crecimiento en una población multirracial de ganado de carne en Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y datos

Se utilizaron datos de crecimiento de ganado bovino de carne, obtenidos en 14 fincas, propiedad de una empresa ganadera privada (Custodiar SA, Medellín, Colombia), ubicadas en la costa Caribe y en regiones de Antioquia, Colombia. La

población estaba constituida por animales de diferentes proporciones de las razas Angus (A), Blanco Orejinegro (B), Cebú (C) y Romosinuano (R) (TABLA I).

Los datos se tomaron desde 1996 a 2006 y estaban constituidos por 9.825 datos de peso al nacer (PN), 9.668 de peso al destete y 1.383 de ganancia de peso del destete a los 18 meses (mes). El peso al destete (PD) se ajustó a los 240 días (d) (PDA240) [5]. Para calcular la GDPD a los 18 mes, se ajustó el peso a los 18 mes [5], y la ganancia de peso posdestete (GP18) se calculó por la diferencia entre el peso ajustado a los 18 mes (540 d) y el peso ajustado a los 240 d (PDA240). La TABLA I muestra el número de animales para cada una de las características, según el grupo genético del padre y de la madre.

Manejo y alimentación

Los terneros de los diferentes grupos genéticos nacieron y se mantuvieron hasta el destete en una sola finca ubicada en el municipio de Caucasia, Antioquia, Colombia, cuya temperatura promedio era de $30,2^{\circ}\text{C}$, precipitación de 2.130 mm/año y una altitud de 60 msnm, perteneciente a la zona de vida de bosque húmedo tropical [21]. Después del destete, los animales fueron trasladados a 14 fincas diferentes en los departamentos de Antioquia y Córdoba, en las cuales las temperaturas oscilaban entre 27 y 32°C , alturas sobre el nivel del mar entre 0 y 800 m, precipitaciones entre 1.000 y 2.200 mm/año, en zonas clasificadas como bosque húmedo subtropical, bosque húmedo tropical o bosque seco tropical [21].

Las vacas y los terneros predestete se mantuvieron en potreros (*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola* y *Brachiaria brizhanta*) bajo un sistema de pastoreo rotacional. Durante la época seca, el ganado se suplementó con ensilaje de maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum vulgare*) o pasto elefante (*Pennisetum violaceum*).

La alimentación durante el posdestete se basó en pastoreo rotacional en praderas (*B. decumbens*, *B. humidicola*, *B. brizhanta* y *Dichanthium aristatum*) y suplementación con ensilaje de maíz y sorgo o pasto elefante durante la época seca.

Predicciones genéticas y parámetros genéticos

Los datos fueron analizados mediante un modelo mixto multi carácter [19, 20, 35]. Los componentes de varianza y covarianza se calcularon utilizando el procedimiento de máxima verosimilitud restringida [18], mediante el software ALREMLF90 [28,43] de la Universidad de Georgia, Estados Unidos de América (EUA), el cual utiliza algoritmo de información promedio.

El modelo incluyó los efectos genéticos aditivos directos, maternos y de ambiente permanente materno para PN y PDA240, mientras que para GP18 sólo incluyó efectos genéticos aditivos directos. El modelo animal multi carácter fue el siguiente:

TABLA I
NÚMERO DE ANIMALES PARA PN, PDA240 Y GP18, SEGÚN EL GRUPO GENÉTICO DEL PADRE Y DE LA MADRE

Grupo genético de la madre	Carácter	Grupo genético del padre										
		A	B	R	C	AxB	AxC	BxA	CxA	5/8Ax3/8C	3/4Ax1/4C	3/4Cx1/4A
B	PN	3	47		13							
	PDA240	3	45		13							
	GP18	1	14		2							
R	PN	9	9	23	7				1			
	PDA240	9	9	23	7				1			
	GP18	2		6	1							
C	PN	2179	196	257	2312	4	50	1	1			9
	PDA240	2114	196	257	2279	4	49	1	1	5		9
	GP18	207	73	92	148	1	1				1	
AxB	PN				2							
	PDA240				1							
	GP18	19										
AxC	PN	273	713	549	1649	134	333	4	20	39	335	
	PDA240	271	703	546	1622	134	329	4	20	38	333	
	GP18		281	159	152	30	13		2		71	
BxC	PN	125	19	14	42	4	1	1	7		1	
	PDA240	122	19	14	42	4	1	1	7		1	
	GP18	30	2	3	4							
RxC	PN	24	13	12	37	3			6			
	PDA240	24	13	12	37	3			6			
	GP18	3			4	1						
Ax(BxC)	PN				1							
	PDA240				1							
Bx(AxC)	PN	7	3	1	9							
	PDA240	7	3	1	9							
	GP18	2	1									
Rx(AxC)	PN	4	2	1	8				1			
	PDA240	4	2	1	7				1			
5/8Ax3/8C	PN	1			2							
	PDA240	1			2							
	GP18											
3/4Ax1/4C	PN		2		7	2			1		1	
	PDA240		2		7	2			1			
	GP18		1		8						2	
3/4Cx1/4A	PN	136	32	43	57	4	3		6	5	7	
	PDA240	133	32	43	56	4	3		6		7	
	GP18	23	14	9								

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & 0 \\ 0 & X_2 & 0 \\ 0 & 0 & X_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{gD1} & Z_{gM1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{gD2} & Z_{gM2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & Z_{gD3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{D1} \\ b_{M1} \\ b_{D2} \\ b_{M2} \\ b_{D3} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} H_{D1} & H_{M1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & H_{D2} & H_{M2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & H_{D3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{D1} \\ h_{M1} \\ h_{D2} \\ h_{M2} \\ h_{D3} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{cD1} & Z_{mM1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{cD2} & Z_{mM2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & Z_{cD3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{D1} \\ d_{M1} \\ c_{D2} \\ d_{M2} \\ c_{D3} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{peM1} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{peM2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} pe_{M1} \\ pe_{M2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

donde:

y_i = vector de observaciones para PN ($i= 1$), PDA240 ($i = 2$) y GP18 ($i = 3$);

f_i = vector de efectos fijos del grupo contemporáneo (año-época-sexo-finca) para PN, PDA240 y GP18, y edad de la madre al parto (PN y PDA240); finca = 1 a 14, año = 1996 a 2006; época: 1 = seca, 2 = lluvia; sexo: 1 = macho, 2 = hembra;

b_{Di} = vector de efectos fijos directos de raza para PN, PDA240 y GP18; 4 razas: Angus, Blanco Orejinegro, Cebú y Romosinuano;

b_{M1} = vector de efectos fijos maternos de raza para PN y PAD240; 4 razas: Angus, Blanco Orejinegro, Cebú y Romosinuano;

h_{Di} = vector de efectos fijos directos de heterosis para PN, PAD240 y GP18;

h_{M1} = vector de efectos fijos maternos de heterosis para PN y PDA240;

c_{Di} = vector de efectos aleatorios genéticos aditivos directos para PN, PDA240 y GP18;

d_{M1} = vector de efectos aleatorios genéticos aditivos maternos para PN y PDA240;

pe_{M1} = vector de efectos aleatorios de ambiente permanente materno para PN y PDA240;

e = vector de residuos para PN, PDA240 y GP18;

X_i = matriz de incidencia relacionada a efectos del grupo contemporáneo para PN, PDA240 y GP18;

Z_{bDi} = matriz de incidencia relacionada a efectos directos de raza a través de las fracciones de raza esperadas en los terneros para PN, PDA240 y GP18;

Z_{bM1} = matriz de incidencia relacionada al efecto materno de raza a través de las fracciones de raza esperadas en los terneros para PN y PDA240;

H_{Di} = matriz de incidencia de efectos directos de heterosis para PN, PDA240 y GP18, a través de heterocigosis esperada en los terneros, donde heterocigosis directa esperada = prob (raza j del padre) x prob (raza k de la madre) + prob (raza k del padre) x prob (raza j de la madre), $j \neq k$ = Angus, Blanco Orejinegro, Cebú y Romosinuano;

H_{M1} = matriz de incidencias de efectos maternos de heterosis para PN y PDA240, a través de heterocigosis esperada en los terneros, donde la heterocigosis esperada materna = prob (raza j del abuelo materno) x prob (raza k de la abuela materna) + prob (raza k del abuelo materno) x prob (raza j de la abuela materna), $j \neq k$ = Angus, Blanco Orejinegro, Cebú y Romosinuano;

Z_{cDi} = matriz de incidencia relacionada a efectos genéticos aditivos directos para PN, PDA240 y GP18;

Z_{dM1} = matriz de incidencia relacionada a efectos genéticos aditivos maternos para PN y PDA240;

Z_{peM1} = matriz de incidencia relacionada a efectos del ambiente permanente materno para PN y PDA240.

La varianza del vector de efectos genéticos aleatorios, $G = A * G_0$, donde G_0 fue una matriz 5 x 5 de varianzas y covarianzas aditivas entre c_{D1} , d_{M1} , c_{D2} , d_{M2} y c_{D3} . La varianza del vector efectos maternos de ambiente permanente pe_{M1} , $R_{peM1} = I * \sigma_{peM1}^2$ y pe_{M2} , $R_{peM2} = I * \sigma_{peM2}^2$. La varianza del vector de residuos, $R = I * \sigma_{ei}^2$.

Se asumió que:

$$\text{var} \begin{bmatrix} c_{D1} \\ c_{D2} \\ c_{D3} \\ d_{M1} \\ d_{M2} \\ pe_{M1} \\ pe_{M2} \end{bmatrix} = G = \begin{bmatrix} g_{11}A & g_{12}A & g_{13}A & g_{14}A & g_{15}A & 0 & 0 \\ g_{21}A & g_{22}A & g_{23}A & g_{24}A & g_{25}A & 0 & 0 \\ g_{31}A & g_{32}A & g_{33}A & g_{34}A & g_{35}A & 0 & 0 \\ g_{43}A & g_{42}A & g_{43}A & g_{44}A & g_{45}A & 0 & 0 \\ g_{51}A & g_{52}A & g_{53}A & g_{54}A & g_{55}A & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_{pe1}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I\sigma_{pe2}^2 \end{bmatrix} = G_0 \otimes A$$

donde:

g_{ij} = ij-ésimo elemento de matriz G_0 , la cual representa las varianzas y covarianzas para los efectos aleatorios del animal, con cada elemento definido como:

g_{11} = varianza genética aditiva directa para PN;

g_{22} = varianza genética aditiva directa para PDD240;

g_{33} = varianza genética aditiva directa para GP18;

g_{44} = varianza genética aditiva materna para PN;

g_{55} = varianza genética aditiva materna para PDA240;

A = matriz de relaciones genéticas aditivas de tamaño nxn;

\otimes = producto directo.

y:

$$\text{var} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}$$

r_{ij} = elementos de la matriz de varianzas y covarianzas (R_0) para los efectos residuales;

I = matriz identidad de tamaño nxn.

Las predicciones genéticas se calcularon como la suma ponderada de efectos genéticos raciales y efectos aleatorios [13]. Por lo tanto, el valor genético estimado para el animal ij puede ser igual a:

donde:

$$\hat{u}_{ij} = g_i^0 + \hat{c}_{ij}$$

\hat{u}_{ij} = predicción genética para el animal ij.

g_i^0 = grupo genético i.

\hat{c}_{ij} = predicción genética del animal ij como desviación de g_i .

Los grupos genéticos en esta población multirracial se definieron como la suma ponderada de los efectos de raza, tal que:

dónde:

$$g_i^0 = \sum_{i=1}^B p_{ij} b_i^0$$

B = número de razas.

p_{ij} = fracción de la raza i en el animal ij.

b_i^0 = solución para la raza i.

Las estimaciones de varianzas y covarianzas se utilizaron para calcular las heredabilidades para PN, PDA240 y GP18, y las correlaciones genéticas y fenotípicas entre PN, PDA240 y GP18. Los errores estándar de las estimaciones de heredabilidad y correlaciones se calcularon utilizando el método Delta [12].

Tendencias genéticas

Las tendencias genéticas se calcularon a través de la regresión lineal de los valores genéticos promedios anuales sobre año, mediante el procedimiento REG de programa Statistical Analysis System [41].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de los datos

El peso promedio y la desviación estándar (DE) para PN en este trabajo fue de $30,6 \pm 3,7$ kg. Este resultado es similar

($31,78 \pm 4,67$ kg; $31,4 \pm 0,2$; $33,16 \pm 5,81$) al reportado en dos poblaciones de ganado cruzado en Venezuela y Uruguay, respectivamente [2,23]. Resultados superiores fueron reportados en una población Brahman-Angus (36,5 kg) en EUA [36], en ganado Brangus ($33,16 \pm 5,81$ kg) en Sur África [30] y en ganado cruzado ($37,4 \pm 5,5$) en México [44]. Valores inferiores para PN fueron reportados en animales F1 Angus x Brahman (28,0 kg) y Angus x Tuli (28,5 kg) por Chase y col. [8] y por Oxford y col. [32] en ganado Angus-Red Poll (27,4 kg) en EUA.

La media y DE para PD240 fue de $169,5 \pm 25,2$ kg. Este resultado fue superior al reportado en una población de ganado multirracial ($134,0 \pm 0,9$ kg) en Uruguay [22] y una de ganado Brangus ($149,57 \pm 29,18$ kg) en Sur África [23,30]. Mientras que, en Colombia fueron encontrados resultados superiores ($196,3 \pm 31,4$ kg; $207,82 \pm 45,10$ kg y $191,23 \pm 35,54$ kg) en una población de ganado Blanco Orejinegro, una de Romosinuano y una Multirracial, respectivamente [7, 25, 26].

La media y DE para GP18 fue de $84,5 \pm 51,1$ kg. Resultados superiores ($101,6 \pm 26,7$; $197,87 \pm 36,45$) fueron reportados en una población de ganado Tropicarne ($101,6 \pm 26,7$ kg) en México [10] y una de ganado Brangus ($197,87 \pm 36,45$ kg) en Sur África [30]. Las diferencias en los promedios de pesos y GDP entre el presente trabajo y la literatura citada se atribuyen a las diferencias entre razas y manejo dados a los animales en las diferentes poblaciones. Para aumentar la GDP pre y posdetete en la población de estudio, se requiere mejorar la calidad y disponibilidad de los forrajes, tanto para las crías como para las madres, además, de mejorar los planes de suplementación durante la época seca.

Efecto de heterosis

Los resultados de efectos genéticos directos de heterosis para PN, PDA240 y GP18 son presentados en la TABLA II. El valor de heterosis directa para PN fue inferior al encontrado en animales F1 Angus x Brahman ($5,1 \pm 1,2$), en Brahman-Angus (2,6 kg) y en Británico-Cebú (2,4 kg) [17,36,45]. Similar al reportado en animales Angus-Hereford ($0,3 \pm 0,5$) [23] y superior al encontrado en ganado Angus-Santa Gertrudis ($-6,1$ kg) [32].

Para PDA240, Oxford y col. [32] y Lema y col. [23] encontraron valores de heterosis directa inferiores al de este estudio (3,6 y 5,3 kg) en poblaciones Angus-Hereford. Valores superiores fueron reportados en animales Brahman-Angus (20,5 kg) y Británico-Cebú (23,0 kg) [36,45]. Para GP18, Kippert y col. [22] reportaron un valor de heterosis directa menor al de este estudio en una población Angus-Nelore (22,3 kg = 64,52 g/d). Los valores de heterosis directa encontrados para PDA240 y GP18 sugieren que, podría ser ventajoso en este sistema de producción, explotar los valores de heterocigosis en la progenie a la hora de planear los apareamientos, con el fin de aprovechar el efecto que tiene la heterosis sobre estas características.

TABLA II
ESTIMADOS PARA EFECTOS DIRECTO Y MATERNO DE HETEROSIS Y DE RAZAS (COMO DESVIACIÓN DE CEBÚ, KG)
PARA PESO AL NACER (PN), PESO AL DESTETE (PDA) Y GANANCIA DE PESO DEL DESTETE
A LOS 18 MESES DE EDAD (GP18)

Heterosis	PN	PDA240	GP18
Directa	0,43 ± 0,17	17,19 ± 1,27	29,83 ± 4,97
Materna	0,18 ± 0,23	4,67 ± 1,76	
Efecto de Raza Directo			
Angus	-2,21 ± 0,29	-13,86 ± 3,77	-24,50 ± 8,45
Blanco Orejinegro	-3,54 ± 0,35	-14,21 ± 4,31	-7,14 ± 8,224
Romosinuano	-4,12 ± 0,37	-13,59 ± 4,64	-21,25 ± 10,03
Efecto de Raza Materno			
Angus	1,05 ± 0,50	-7,31 ± 4,11	
Blanco Orejinegro	1,58 ± 0,43	-6,61 ± 3,79	
Romosinuano	1,94 ± 0,45	-16,35 ± 3,99	

El valor de heterosis materna fue inferior al reportado para PN por Lema y col. [23] y Oxford y col. [32] en animales Angus-Hereford (1,8 y 2,3 kg) y por Williams y col. [45] en animales Británico-Cebú (1,5 kg). Un valor similar fue reportado por Rodríguez-Almeida y col. [38] en una población multirracial (0,08 kg).

Para PDA240 fueron reportados valores superiores para el efecto de heterosis materna en poblaciones Angus-Hereford en Uruguay (11,9 kg) y Estados Unidos (13,1 y 13,8 kg) [23,33,38]. Por su parte, Franke y col. [17] reportaron un valor inferior (-1,1 kg). El valor de la heterosis directa para PN fue dos veces superior que la materna y para PDA240 cuatro veces superior, lo que sugiere que la habilidad materna de las vacas fue menos afectada por la heterocigosis, que la habilidad propia de las crías para crecer hasta el destete.

Efecto de raza

Los efectos directos y maternos de raza para Angus, Blanco Orejinegro y Romosinuano se estimaron como desviaciones del Cebú (TABLA II). Los efectos de raza directos de esta población fueron negativos para PN, PDA240 y GP18, respecto a Cebú, lo que indica que animales puros Cebú o con altas proporciones de Cebú tienen mayor capacidad de crecimiento que las otras razas, bajo las condiciones del trópico bajo colombiano.

Franke y col. [17] encontraron en una población Angus-Brahman-Charolais-Hereford, que Angus fue inferior a Brahman para el efecto directo de la raza para PN (5,6 ± 1,3 kg). Por su parte, Riley y col. [36] encontraron que Brahman fue superior a Angus (9,2 kg) y a Romosinuano (11,2 kg). Resultados inferiores de Angus respecto a Hereford (2,1 kg), Simmental (10,9 kg) y Gelbvieh (7,9 kg) fueron reportados en EUA [38]. Para el efecto directo de raza del peso al destete, Franke y col. [17], reportaron desempeños similares para Angus y Brahman (0,0 ± 5,8; PD205). Sin embargo, Riley y col. [36] encontraron que Brahman fue superior para el peso al destete (ajustado a 205 d), respecto a Angus (10,8 kg) y Romosinuano

(35,0 kg). Por su parte, Kippert y col. [22] encontraron para el peso al destete un desempeño superior de Angus (31,1 kg) respecto a Nelore en una población Angus-Nelore.

Para el efecto materno de la raza para PN, se han reportado valores similares a este estudio, donde Angus (6,9 y 7,2 kg) fue superior a Brahman [17,36], al igual que Romosinuano (9,9 kg) respecto a Brahman [36]. Para el efecto materno del peso al destete, los resultados encontrados coinciden con los reportados por Riley y col. [36], al ser Brahman superior a Romosinuano (5,3 kg) y a Angus (40,2 kg). Así mismo, Franke y col. [17] y Kippert y col [22] reportaron que Brahman (12,9 kg) y Nelore fueron superiores a Angus (4,8 kg).

Heredabilidad y correlaciones genéticas

En la TABLA III se presentan las estimaciones de heredabilidad para efectos genéticos aditivos directos, efectos aditivos maternos y correlaciones genéticas para PN, PDA240 y GP18. El valor estimado de la heredabilidad directa para PN fue similar a la reportada (0,12 ± 0,07) en una población de ganado Tropicarne en México [10]. Valores superiores fueron estimados por Mourão y col. [30] en cruces *Bos taurus* x *Bos indicus* (0,33), Brandt y col. [6] en Angus-Simmental (0,23), Naser y col. [30] en Brangus (0,21) y Vega-Murillo y col. [44] en Simmental-Brahman (0,28). La heredabilidad materna estimada fue similar a la hallada en una población de ganado Brangus (0,087 ± 0,03) en Sur África y una de ganado Romosinuano (0,05 ± 0,010) en Colombia [30,33]. Resultados superiores fueron reportados en Angus-Simmental (0,14) y Hereford cruzado (0,15) [6,40]. Los valores de heredabilidad directa y materna para PN, sugieren que se puede lograr poco progreso genético para esta característica en la población, por lo que habría que mejorar la alimentación de los animales en la población. Aunque, hay que tener en cuenta que animales con altos pesos al destete pueden causar partos distócicos.

La heredabilidad directa para PDA240 (TABLA III) fue superior al estimado por Arboleda y col. [4] en una población

de ganado de carne cruzado (0,08) y por Nesor y col. [30] en Brangus (0,23). Valores similares fueron reportados por Silva y col. [39] en Angus-Nelore (0,29), Mourão y col. [29] en animales cruzados *Bos taurus* x *Bos indicus* (0,26), Araújo y col. [3] en Angus-Nelore (0,30), Vega-Murillo y col. [44] en Simmental-Brahmn (0,28). Valores superiores fueron encontrados por Skrypzeck y col. [39] en Hereford cruzado (0,54), Abera y col. [1] en Horro-Holstein-Jersey (0,52). La heredabilidad materna estimativa para PDA240 fue similar a la hallada en una población de ganado Brangus ($0,11 \pm 0,009$) en Sur África y una de ganado Romosinuano ($0,12 \pm 0,03$) en Colombia [30, 33]. Resultados inferiores fueron encontrados en dos poblaciones de ganado Nelore ($0,05 \pm 0,01$ y $0,06 \pm 0,011$; PDA205) en Brasil [24,42]. El valor doble de la heredabilidad directa respecto a la materna para PDA240 sugiere que, en esta población tiene mayor influencia sobre el peso al destete la capacidad de crecimiento de las crías, que la habilidad que tienen las madres para criar un ternero. Además, el valor de la heredabilidad directa para PDA240 indica que se puede lograr mejoramiento genético para esta característica y que mejorando el manejo nutricional y alimenticio se puede lograr que los animales expresen completamente su potencial genético para el crecimiento predestete.

TABLA III
ESTIMADOS DE PARÁMETROS GENÉTICOS PARA PESO AL NACER (PN), PESO AL DESTETE (PDA240) Y GANANCIA DE PESO DEL DESTETE A LOS 18 MESES DE EDAD (GP18)

	PN	PDA240	GP18
h^2_d	$0,13 \pm 0,002$	$0,27 \pm 0,002$	$0,25 \pm 0,004$
h^2_m	$0,06 \pm 0,006$	$0,14 \pm 0,002$	
$r_{d,m}$	$-0,37 \pm 0,02$	$-0,42 \pm 0,008$	
$r_{dPN, dPDA - mPDA}$	$0,57 \pm 0,008$	$-0,23 \pm 0,008$	
$r_{mPN, mPDA - GP18}$	$0,28 \pm 0,0080$		$0,16 \pm 0,008$
$r_{dPD, mPN - GP18}$	$0,06 \pm 0,008$		$-0,05 \pm 0,008$
$r_{dPN, GP18}$			$-0,05 \pm 0,008$
$r_{mPD, GP18}$			$0,12 \pm 0,009$

El estimado de heredabilidad directa para GP18 fue similar a la encontrada en una población de ganado Tropicarne ($0,21 \pm 0,08$) en México [10] y en una de ganado Brangus ($0,29 \pm 0,029$) en Sur África [30]. El valor de heredabilidad directa para GP18, sugiere que es posible lograr mejoramiento genético para esta característica en la población y al igual que para el PD, se puede lograr mayor crecimiento posdestete mejorando la alimentación de los animales.

Los estimados de correlaciones genéticas entre efectos directos y efectos maternos para PN y para PDA240 fueron negativas (TABLA III), lo que sugiere que hay una relación antagonica entre estos dos efectos para estas características o esto pudo ser causado por prácticas de manejo o factores ambientales que ocasionaron covarianza negativa entre el efecto

directo y el materno [27], o también a una gran variación entre padres y madres, ya sea debido a una mayor variabilidad genética o a confusión de efectos ambientales, quizás porque en el modelo no se consideraron algunos efectos fijos que podrían influir sobre las características [37]. Correlaciones negativas entre efectos genético directos y maternos para PN han sido reportadas por Domínguez y col. [11] en ganado Tropicarne ($-0,97$), Abera y col. [1] en ganado Holstein-Jersey ($-0,72$) y Vega-Murillo y col. [44] en ganado Simmental-Brahman ($-0,74$). Correlaciones genéticas positivas fueron halladas en una población de ganado Brahman (0,22) [34], en ganado de carne cruzado (0,47) [9], y en Angus-Simmental (0,32) [6]. Correlaciones negativas entre efectos genéticos directos y maternos para PDA en diferentes poblaciones de ganado de carne cruzado fueron estimadas por Skrypzeck y col. [40], Silva y col. [39], y Vega-Murillo y col. [44]. Cañas y col. [7] y Domínguez y col. [11] también encontraron correlación negativa en ganado Blanco Orejinegro y Tropicarne.

La correlación entre efectos directos para PN y PDA240 fue positiva (0,57), esto indica que terneros que nacen más pesados por su propia capacidad de crecimiento, dicha capacidad también tenderá a verse reflejada en el peso al destete. Valores positivos para esta correlación han sido reportados en una población de ganado Angus-Simmental (0,20) y Brangus (0,78) [6,29]. El valor de correlación entre efectos directos para PN y efectos maternos para PDA fue negativo ($-0,23$), esto sugiere que terneros que tienden a nacer más pesados por su propia capacidad de crecimiento, sus madres tienen menor capacidad de producción de leche para alimentar a sus crías hasta el destete. Elzo y col. [15], también encontraron una correlación negativa en ganado Sanmartinero ($-0,52$). Correlaciones positivas fueron halladas en ganado Angus-Simmental (0,82) y Romosinuano (0,02) [6,14].

Los valores de correlaciones entre efectos maternos para PN y PDA (0,28), efectos maternos para PN y GP18 (0,16) y efectos maternos para PDA y GP18 (0,12) fueron positivos (TABLA III). Las correlaciones entre efectos maternos para PN y PDA, y entre efectos maternos para PDA y GP18 fueron inferiores a las reportadas en una población de ganado Gudali (0,72 y 0,99) en Camerún [30], mientras que entre efectos maternos para PN y GP18 fue superior ($-0,81$) [31]. La correlación positiva entre efectos maternos para PN y PDA240, sugiere que las madres que le proporcionan un adecuado ambiente intrauterino al feto, tienden a tener una buena producción de leche para alimentar a sus crías del nacimiento al destete.

Tendencias genéticas

Todos los valores genéticos directos del presente estudio en las crías, los padres y las madres fueron negativos para PN, PDA240 y GP18 (TABLA IV). Estos resultados son inferiores para PDA205 (0,134; 0,34 y 0,1654 kg/año) y GP18 (0,276; 0,267 y 0,6171 kg/año) a los reportados en tres poblaciones de ganado de carne en Brasil, respectivamente [16, 24, 42].

TABLA IV
TENDENCIAS DE VALORES GENÉTICOS DIRECTO (KG/AÑO) PARA PESO AL NACER (PN), PESO AL DESTETE (PDA) Y GANANCIA DE PESO DEL DESTETE A LOS 18 MESES DE EDAD (GP18)

	PN	PDA	GP18
Crías	-0,13 ± 0,03 (P<0,01)	-0,46 ± 0,20 (P<0,05)	-0,30 ± 0,27 (P=0,29)
Padre	-0,19 ± 0,06 (P<0,01)	-0,58 ± 0,37 (P=0,15)	-0,10 ± 0,54 (P=0,86)
Madre	-0,07 ± 0,007 (P<0,01)	-0,36 ± 0,06 (P<0,01)	-0,49 ± 0,11 (P<0,01)

Las FIGS. 1, 2 y 3 muestran que las pendientes de valores genéticos directos para PN, PDA240 y GP18, desde los años 1996 al 2006, fueron más pronunciados en las crías y en los toros que en las madres, indicando que existe una mayor asociación entre las crías y los toros. El mayor grado de asociación que hubo entre los padres y las crías sugiere que los criterios utilizados para seleccionar toros como sementales tuvieron una mayor influencia en los valores genéticos de los descendientes directos para PN, PDA240 y GP18. Los valores negativos de las tendencias genéticas fueron causados principalmente por el uso intensivo de algunos padres de diferentes grupos genéticos, cuyos valores genéticos fueron bajos durante 1995 al 2006. Lo anterior indica que en el periodo de estudio no hubo progreso genético para las características evaluadas, lo que sugiere replantear los apareamientos en la población, en los cuales se tengan en cuenta los valores genéticos de los animales.

CONCLUSIONES

Los valores de heredabilidad directa y materna para PN sugieren que, se puede lograr poco mejoramiento genético para esta característica, por lo que habría que mejorar la alimentación de los animales en la población. Los estimados de heredabilidad para PDA y GP18, sugieren que es posible lograr mejoramiento genético para dichas características en esta población, pero se podría mejorar el manejo nutricional y alimenticio en el periodo pre y posdestete, con el fin de que la cría exprese completamente su potencial de crecimiento.

Bajo las condiciones de estudio, animales puros Cebú o con altas proporciones de Cebú tienen mayor capacidad de crecimiento que las otras razas. Además, los estimados de heterosis directa para PDA240 y GP18 sugieren que, podría ser ventajoso en la población bajo estudio, explotar los valores de heterocigosis en la progenie a la hora de planear los apareamientos.

Durante los años de estudio, las tendencias genéticas de los efectos genéticos directos para cría, padre y madre fueron negativos, lo que sugiere la necesidad de implementar un programa de selección que involucre las características estudiadas.

AGRADECIMIENTO

A la Empresa Custodiar SA, por facilitar la información para desarrollar esta investigación.

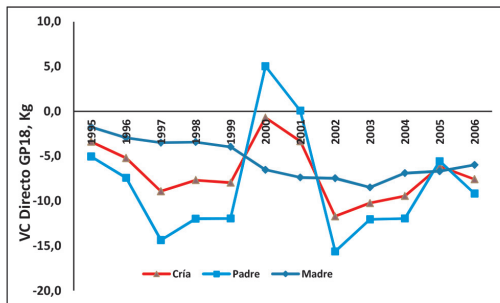


FIGURA 1

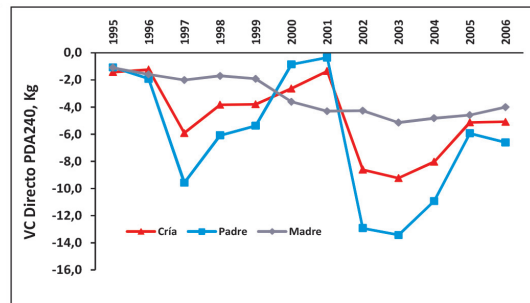


FIGURA 2

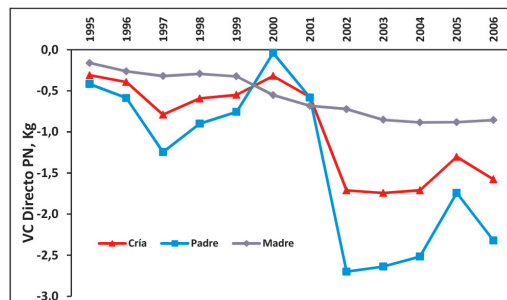


FIGURA 3

FIGURAS 1, 2 y 3. TENDENCIAS DE VALORES GENÉTICOS DIRECTO (KG/AÑO) PARA PESO AL NACER (PN), PESO AL DESTETE (PDA) Y GANANCIA DE PESO DEL DESTETE A LOS 18 MESES DE EDAD (GP18).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABERA, H.; ABEGAZ, S.; MEKASHA, Y. Genetic parameter estimates of pre-weaning weight of Horro (Zebu) and their crosses with Holstein Friesian and Jersey cattle breeds in Ethiopia. **Int. J. Livest. Prod.** 2: 84-91. 2011.
- [2] ARANGUREN-MÉNDEZ, J.; ROMÁN, R.; VILLASMIL, Y.; CHIRINOS, Z.; ROMERO, J.; SOTO, E. Componentes de (Co)varianza y parámetros genéticos para características de crecimiento en animales mestizos de doble propósito. **Rev. Cientif. FCV-LUZ.** XVI(1): 55-61. 2006.
- [3] ARAÚJO, RO.; NOGARA, PR.; WEBER, T.; EVERLING, DM., SILVA, J.; DE ALMEIDA, M. Genetic parameters and phenotypic and genetic trends for weight at weaning and visual scores during this phase estimated for Angus-Nellore crossbred young bulls. **Rev. Bras. Zoot.** 39: 2398-2408. 2010.
- [4] ARBOLEDA, EM.; VERGARA, OD.; RESTREPO, LF. Growth traits in crossbred beef cattle in northern Colombia. 2007. *Livest Res Rural Dev* 9:68. 2007; En línea: <http://cipav.org.co/lrrd/lrrd19/5/arbo19068.htm>. 12/08/2013.
- [5] CREWS, D.; DIKEMAN, M.; NORTH CUTT, S.; GARRICK, D.; MARSTON, T.; MACNEIL, M.; OLSON, L.; PASCHAL, J.; WEABER, B.; WHEELER, T.; SHACKELFORD, S.; WILLIAMS, R.; WILSON, D. Animal evaluation. In: **Guidelines for uniform beef improvement programs.** Cundiff L.V.; Van Vleck, L.D.; Hohenboken, W.D. (Eds). 9th Ed. North Carolina State University, Raleigh, NC. Pp 16-56. 2010.
- [6] BRANDT, H.; MÜLLENHOFF, A.; LAMBERTZ, C.; ERHARDT, G.; GAULY, M. Angus and Simmental beef cattle and the reciprocal crosses Estimation of genetic and crossbreeding parameters for preweaning traits in German. **J. Anim. Sci.** 88: 80-86. 2010.
- [7] CAÑAS, J.; RAMIREZ, J.; ARBOLEDA, O.; OCHOA, J.; VERGARA, O.; CERÓN-MUÑOZ, M. Estimación de parámetros genéticos para peso al destete en ganado Blanco Orejinegro (BON) en el noroccidente colombiano. **Rev. MVZ Córdoba.** 13: 1138-1145. 2008.
- [8] CHASE, CCJR.; RILEY, DG.; OLSON, TA.; COLEMAN, SW.; HAMMOND, AC. Maternal and reproductive performance of Brahman x Angus, Senepol x Angus, and Tuli x Angus cows in the subtropics. **J. Anim. Sci.** 82: 2764-2772. 2004.
- [9] DEMEKE, S.; NESERA, FWC.; SCHOEMAN, SJ. Variance components and genetic parameters for early growth traits in a mixed population of purebred *Bos indicus* and crossbred cattle. **Livest. Prod. Sci.** 84: 11-21. 2003.
- [10] DOMÍNGUEZ, J.; NÚÑEZ, R.; RAMÍREZ, R.; RUÍZ, A. Influencias ambientales e índice de constancia para características de crecimiento en ganado bovino Tropicar-ne. **Tec. Pec. Mex.** 41: 1-18. 2003.
- [11] DOMÍNGUEZ, J.; NÚÑEZ, R.; RAMÍREZ, R.; RUÍZ, A. Genetic evaluation of growth traits in Tropicar carne cattle: 1. Model selection. **Agrocien.** 37: 323-335. 2003.
- [12] ELZO, M.A. Asymptotic variances of functions of ML and REML estimates of variance and covariance components. 1998. *Animal Breeding Mimeograph Series N° 28.* University of Florida. En Línea: <http://www.animal.ufl.edu/elzo/Publications/Mimeographs/mimeo028a.pdf>. 06/05/2014.
- [13] ELZO, M.A.; WAKEMAN, D.L. Covariance components and prediction for additive and nonadditive preweaning growth genetic effects in an Angus-Brahman multibreed herd. **J. Anim. Sci.** 76: 1290-1302. 1998.
- [14] ELZO, M.A.; MANRIQUE, C.; OSSA, G.; ACOSTA, O. Additive and nonadditive genetic variability for growth traits in the Turipana Romosinuano-Zebu multibreed herd. **J. Anim. Sci.** 76: 1539-1549. 1998.
- [15] ELZO, M.A.; MARTÍNEZ, G.; GONZÁLES, F.; HUERTAS, H. Additive, nonadditive, and total genetic variation and genetic predictions for growth traits in the Sanmartinero-Zebu multibreed herd of La Libertad. **Rev. Corpoica.** 3: 51-64. 2001
- [16] FERRAZ-FILHO, P.B.; RAMOS, A.A.; SILVA, L.O.C.; SOUZA, J.C.; ALENCAR, M.M.; MALHADO, C.H.M. Tendência genética dos efeitos direto e materno sobre os pesos à desmama e pós-desmama de bovinos da raça Tabapuã no Brasil. **Rev. Bras. Zoot.** 31: 635-640. 2002.
- [17] FRANKE, D.E.; HABET, O.; TAWAH, L.C.; WILLIAMS, A.R.; DEROUEN, S.M. Direct and maternal genetic effects on birth and weaning traits in multibreed cattle data and predicted performance of breed crosses. **J. Anim. Sci.** 79: 1713-1722. 2001.
- [18] HARVILLE, D.A. Maximum likelihood approaches to variance component estimation and to related problems. **J. Am. Stat. Assoc.** 72: 320-340. 1977.
- [19] HENDERSON, C.R. Multiple trait sire evaluation using the relationship matrix. **J. Dairy Sci.** 59: 769-774. 1976.
- [20] HENDERSON, C.R.; QUAAS, R.L. Multiple trait evaluation using relative's records. **J. Anim. Sci.** 43: 1188-1197. 1976.
- [21] HOLDRIDGE, L.R. El diagrama de las zonas de vida. In: **Ecología basada en zonas de vida.** 5th Ed. Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura - IICA, San José de Costa Rica. 13-26 pp. 2000.
- [22] KIPPERT, C.; RORATO, P.; LOPES, J.; WEBER, T.; BOLIGON, A. Direct, maternal additive genetic and heterozygotic effects for pre- and post-weaning traits in a

- multi-breed Aberdeen Angus–Nelore population. **Rev. Bras. Zoot.** 37: 1383-1391. 2008.
- [23] LEMA, O.M.; GIMENO, D.; DIONELLO, N.J.L.; NAVAJAS, E.A. Pre-weaning performance of Hereford, Angus, Salers and Nelore crossbred calves: Individual and maternal additive and non-additive effects. **Livest. Prod. Sci.** 142: 288-297. 2011.
- [24] LIRA, T.; PEREIRA, L.S.; LOPES, F.B.; FERREIRA, J.L.; LÓBO, R.B.; SANTOS, GC. Tendências genéticas para características de crescimento em rebanhos Nelore criados na região do trópico úmido do Brasil. **Cien. Anim. Bras.** 14: 23-31. 2013.
- [25] MARTÍNEZ, R.A.; PÉREZ, J.E. Parámetros y tendencias genéticas para características de crecimiento en el ganado criollo colombiano Romosinuano. **Rev. Corpoica.** 7: 25-32. 2006.
- [26] MARTÍNEZ, C.; MANRIQUE, C.; ELZO, M.; JIMÉNEZ, A. Efectos aditivos de grupo genético y heterosis sobre crecimiento y composición corporal en bovinos cruzados en el sur del Cesar (Colombia). **Rev. Colomb. Cien. Pec.** 25: 377-390. 2012.
- [27] MEYER, K.; CARRICK, M.J.; DONNELLY, B.J.P. Genetic parameters for growth traits of Australian beef cattle from a multibreed selection experiment. **J. Anim. Sci.** 71: 2614-2622. 1993.
- [28] MISZTAL, I. BLUPF90 - a flexible mixed model program in Fortran 90. 1997. University of Georgia. En línea: <http://nce.ads.uga.edu/html/projects/blupf90.pdf>. 06/04/2013.
- [29] MOURÃO, G.B.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; BALIEIRO, J.C.C.; BUENO, R.S; MATTOS, E.C.; FIGUEIREDO, L.G.G. Genetic parameters for growth traits of a Brazilian *Bos taurus* x *Bos indicus* beef composite. **Genet. and Molec. Res.** 6: 1190-1200. 2007.
- [30] NESER, F.W.C.; VAN WYK, J.B.; FAIR, M.D.; LUBOUT, P.; CROOK, B.J. Estimation of genetic parameters for growth traits in Brangus cattle. **S. Afr. J. Anim. Sci.** 42: 469-473. 2012.
- [31] NDOFOR, H.M.; EBANGI, A.L.; AGU, C.I.; OKENYI, N. Estimation of genetic parameters for preweaning and postweaning growth traits in the Gudali beef cattle using multiple trait derivative free restricted maximum likelihood. **Afr. J. Biotechnol.** 11(78): 14410-14416. 2012.
- [32] OXFORD, E.L.; BROWN, A.H.; JOHNSON, Z.B.; TABLER, G T.; KUTZ, B.R. Preweaning performance, heterosis, and direct and maternal breed effects in Angus, Hereford, Red Poll, Santa Gertrudis, and reciprocal-cross calves. **Prof. Anim. Sci.** 25: 529-535. 2009.
- [33] OSSA, G.A.; SUÁREZ, M.A.; PÉREZ, J.E. Efectos del medio y la herencia en los pesos al nacimiento, al destete y a los 16 meses de edad en terneros de la raza Romosinuano. **Rev. Corpoica.** 8: 81-92. 2007.
- [34] PLASSE, D.; VERDE, O.; ARANGO, J.; CAMARIPANO, L.; FOSSI, H.; ROMERO, R.; RODRIGUEZ, C.; RUMBOS, J. (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a Brahman herd kept on floodable savanna. **Genet. and Molec. Res.** 1(4): 282-297. 2002.
- [35] QUAAS, R.L.; POLLAK, E.J. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. **J. Anim. Sci.** 51: 1277-1287. 1980.
- [36] RILEY, D.G.; CHASE, C.C.; COLEMAN, S.W.; OLSON, T.A. Evaluation of birth and weaning traits of Romosinuano calves as purebreds and crosses with Brahman and Angus. **J. Anim. Sci.** 85: 289-298. 2007.
- [37] ROBINSON, D. L. Estimation and interpretation of direct and maternal genetic parameters for weights of Australian Angus cattle. **Livest. Prod. Sci.** 45: 1–11. 1996.
- [38] RODRIGUEZ–ALMEIDA, F.A.; VAN VLECK, L.D.; GREGORY, K.E. Estimation of direct and maternal breed effects for prediction of expected progeny differences for birth and weaning weights in three multibreed populations. **J. Anim. Sci.** 75: 1203-1212. 1997.
- [39] SILVA, J.; NOGARA, P.R.; WEBER, T.; DE ARAÚJO, R.O.; DE ALMEIDA, M.; GRIGOLLETO, J. Pre-weaning performance evaluation of a multibreed Aberdeen Angus x Nelore population using different genetic models. **Rev. Bras. Zoot.** 39: 2418-2425. 2010.
- [40] SKRYPZECK, H.; SCHOEMAN, S.J.; JORDAAN, G.F.; NESER, W.C. Pre-weaning growth traits of the Hereford breed in a multibreed composite beef cattle population. **S. African J. Anim. Sci.** 30(3): 220-229. 2000.
- [41] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). SAS/STAT User's Guide (Relase 9.0), USA. 2001.
- [42] SOUZA, J.C.; SILVA, L.O.C.; GONDO, A.; FREITAS, J.A.; MALHADO, C.H.M.; FERRAR FILHO, P.B.; SERENO, J.R.B.; WEABER, R.L.; LAMBERSON, W.R. Parâmetros e tendências genéticas do peso de bovinos criados á pasto no Brasil. **Arch. Zoot.** 60: 457-465. 2011.
- [43] TSURUTA, S. A modification of REMLF90 with computing by the Average-Information Algorithm. 1999. University of Georgia. En línea: http://nce.ads.uga.edu/html/projects/Readme.aireml_06/04/2013.
- [44] VEGA-MURILLO, V.; RÍOS, A.; MONTAÑO, M.; MARTÍNEZ, G. Multiple-breed genetic evaluation of growth traits in Simmental and Simbrah cattle. **Trop. Subtrop. Agroecosyst.** 15: 403-414. 2012.
- [45] WILLIAMS, J.L.; AGUILAR, I.; REKAYA, R.; BERTRAND, J.K. Estimation of breed and heterosis effects for growth and carcass traits in cattle using published crossbreeding studies. **J. Anim. Sci.** 88: 460-466. 2010.