

PARÁMETROS Y TENDENCIAS GENÉTICAS PARA CARACTERÍSTICA DE CRECIMIENTO PREDESTETE EN UNA POBLACIÓN BOVINA MULTIRRACIAL EN COLOMBIA

Parameters and Genetic Trends for Preweaning Growth Traits in a Multibreed Cattle Population in Colombia

Oscar D. Vergara^{*1}, Nicolás A. Martínez^{*}, Roberto Almanza^{**},
René M. Patiño^{***} y Alfonso Calderon^{*}

^{*}Grupo de Investigación en Producción Animal Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba, Colombia. ^{**}Gencaribe, Hacienda Abastecedora de Carnes S.A, Córdoba, Colombia.

^{***}Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Sucre, Colombia

Correo-E:overgara@correo.unicordoba.edu.co

Recibido: 05/06/14 - Aprobado: 20/11/14

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo estimar las heredabilidades, correlaciones, heterosis y tendencias genéticas para peso al nacer (PN) y al destete ajustado (PDA; 270 d) en una población multirracial Angus × Brahman en el Trópico bajo colombiano. Se utilizaron 561 registros de pesos al nacer y al destete entre los años 1999 al 2010. Los datos fueron analizados mediante un modelo bivariado que incluyó los efectos fijos de grupo contemporáneo (año-época de nacimiento-sexo), edad de la madre, efectos genéticos directos y maternos de raza, heterosis individual y materna; y los efectos aleatorios genéticos directos y maternos del animal, ambiente permanente materno y residual. Los componentes de varianza se estimaron por el método de máxima verosimilitud restringida, mediante el programa AIREML. Las heredabilidades directas estimadas para PN y PDA fueron $0,08 \pm 0,005$ y $0,10 \pm 0,006$, respectivamente. La heredabilidad materna para PN fue de $0,04 \pm 0,002$ y $0,08 \pm 0,005$ para PDA. Se encontraron correlaciones genéticas negativas entre efectos directos y maternos para PN ($-0,51 \pm 0,02$) y PDA ($-0,21 \pm 0,03$) y entre efectos directos para PN y maternos para

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate heritabilities, correlations, heterosis, and genetic trends for birth weight (BW) and adjusted weight at weaning (AWW, 270 d) in a multibreed Angus × Brahman population in the Colombian tropical lowlands. A total of 561 records of BW and weaning weight from 1999 to 2010 were used. Data were analyzed using a bivariate model, which included the fixed effects of contemporary group (year-season of birth-sex), age of mother, direct genetic effects and maternal effects of breed, individual and maternal heterosis; and the direct and maternal genetic random effects of the animal, maternal permanent environment, and residuals. Variance components were estimated by the restricted maximum likelihood method, using the AIREML program. Estimates of direct heritability for BW and AWW were 0.08 ± 0.005 and 0.10 ± 0.006 , respectively. The maternal heritability for BW was 0.04 ± 0.002 and 0.08 ± 0.005 for AWW. Negative genetic correlations were found between direct and maternal effects for BW (-0.51 ± 0.02) and AWW (-0.21 ± 0.03), and between direct effects for BW and maternal for AWW (-0.50 ± 0.02). The genetic trends for

¹ A quien debe dirigirse la correspondencia (To whom correspondence should be addressed)

PDA (-0,50 ± 0,02). Las tendencias genéticas para efectos directos y maternos fueron cercanas a cero y no significativas ($P > 0,05$). Las heredabilidades directas y maternas para ambas características, sugieren que se deben mejorar y homogenizar en la población las condiciones de nutrición y manejo para mejorar el crecimiento de los animales en la fase predestete. Las tendencias genéticas indican, que la intensidad de selección aplicada a esta población multirracial no fue suficiente para influir sobre los valores de cría directos y maternos durante los años de estudio.

(Palabras clave: Herencia genética; correlación genérica; peso al destete; peso al nacimiento; mejoramiento animal; razas de ganado; Colombia

INTRODUCCIÓN

Las estimaciones de la variación genética y la evaluación de los animales para las características de importancia económica pueden ayudar a mejorar el comportamiento productivo de los rebaños y aumentar los ingresos para los productores, ya que los animales se seleccionarían de acuerdo a su valor genético. En Colombia son muchas las estimaciones realizadas sobre parámetros genéticos y predicciones de los valores de cría de los animales, pero han sido principalmente en poblaciones unirraciales, por lo que se requiere la implementación de modelos de evaluación genética multirracial [1].

Por otro lado, la elección de la raza o cruce a utilizar es una decisión importante en la construcción de un sistema de producción ganadero, tanto en la finca como a nivel regional. Las diferencias entre razas para la producción, reproducción, supervivencia, vida productiva, y características de adaptación son un recurso natural que debe ser aprovechado para mejorar la eficiencia económica de los sistemas de producción [2]. Considerando esto y que la población de bovinos de carne en Colombia está formada principalmente por animales multirraciales, provenientes de cruzamientos entre *Bos taurus* y *Bos indicus*, así como de razas criollas de origen *Bos taurus*, la evaluación genética de animales puros y cruzados se hace necesaria [3]. Por lo que, el objetivo de esta investigación fue estimar las heredabilidades, correlaciones, heterosis y tendencias genéticas para

direct and maternal effects were closed to zero and not statistically significant ($P > 0.05$). The direct and maternal heritabilities for both traits suggest that nutrition conditions and management should be improved and homogenize in the population to improve animal growth in the pre-weaning phase. Genetic trends indicate that the selection intensity applied to this multiracial population was not enough to exert an influence on the direct breeding and maternal values during the years of the study.

(Key words: Genetic inheritance; genetic correlation, weaning weight; birth weight; animal breeding; livestock breeds; Colombia)

características de crecimiento predestete en una población bovina multirracial en el trópico bajo colombiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar la presente investigación, se utilizó información de los años 1999 al 2010, de la base de datos de la hacienda La Abastecedora, ubicada en el municipio de Planeta Rica, departamento de Córdoba, Colombia. Este municipio se ubica geográficamente a una Latitud de 8°17'15" N y una Longitud de 75°73'55" W, a una altura de 100 msnm, con una temperatura promedio de 34°C y humedad relativa promedio del 85%. Esta zona corresponde a la clasificación de bosque húmedo tropical (bh-T).

La hacienda cuenta con 1350 hectáreas divididas en cuatro fincas, y un total de 2000 animales; éstos se encuentran en potreros y son alimentados con agua, sal y pastos como *Braquiaria* (*Braquiaria decumbens*, *Braquiaria humidicola*), Angletón (*Dichantium aristatum*), Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), Admirable (*Braquiaria mutica*) y otro tipo de *Braquiaria* (*Braquiaria dictyoneura*). En los periodos críticos se utiliza el heno de *Dichantium aristatum* con silo de maíz (*Zea mays*).

La población vacuna de la hacienda está constituida por animales que tienen diferentes proporciones de las razas Angus, Blanco Orejinegro, Brahman, Braunvieh y Romosinuano. Para este

estudio solamente se utilizaron animales cruzados de las razas Angus y Brahman (Cuadro 1). La base de datos que se utilizó disponía de 561 pesos al nacer y al destete y 1162 animales en la matriz de parentesco.

Los datos fueron analizados usando un modelo multicarácter [4-6]. Las características de crecimiento analizadas fueron peso al nacer (PN) y peso al destete ajustado (270 d, PDA). Los estimados de componentes de varianza y covarianza se obtuvieron a través del procedimiento de máxima verosimilitud restringida. Para ello, se utilizó el programa de la Universidad de Georgia (AIREMLF90), el cual utiliza el algoritmo de información promedio [7, 8].

En forma matricial el modelo animal que se utilizó fue:

$$y = X\beta + Q_1\theta + Q_M\phi + S\gamma + Z_1a + Z_Mm + Wp + e$$

Se asume que:

$$E[y] = X\beta + Q_1\theta + Q_M\phi + S\gamma \quad y$$

$$Var = \begin{bmatrix} a \\ m \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{aaa} * A & G_{oam} * A & 0 & 0 \\ G_{oma} * A & G_{omm} * A & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_p * I & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_e * I \end{bmatrix}$$

Donde:

y = vector de observaciones para PN y PDA;

β = vector de efectos fijos de grupo contemporáneo (año-época de nacimiento-sexo) y edad de la madre al parto; año = 1999 a 2010; época: 1 = seca, 2 = lluvia; sexo: 1 = macho, 2 = hembra;

θ = vector de efectos fijos directos de raza; 2 razas: Angus y Brahman;

ϕ = vector de efectos fijos maternos de raza; 2 razas: Angus y Brahman;

γ = vector de efectos fijos de heterosis directa y materna;

a = vector de efectos aleatorios genéticos aditivos directos;

m = vector de efectos aleatorios genéticos aditivos maternos;

p = vector de efectos aleatorios de ambiente permanente materno;

e = vector de residuales;

X = matriz incidencia que relaciona los registros a los efectos fijos de grupo contemporáneo;

Q_1 = matriz incidencia que relaciona PN y PDA

a los efectos directos de la raza a través de la fracción de raza esperada en las crías;

Q_M = matriz incidencia que relaciona PN y PDA a los efectos directos de la raza a través de la fracción de raza esperada en las madres;

S = matriz incidencia que relaciona PN y PDA a los efectos directos y maternos de heterosis a través de la heterocigosis esperada en las crías o en las madres, respectivamente, donde la heterocigosis esperada directa = 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, Brahman; y heterocigosis esperada materna = prob(raza j del abuelo materno) x prob(raza k de abuela materna) + prob(raza k del abuelo materno) x prob(raza j de la abuela materna), $j \neq k$ = Angus, Brahman;

Z_1 = matriz incidencia que relaciona PN y PDA a los efectos aleatorios genéticos aditivos directos;

Z_M = matriz incidencia que relaciona PN y PDA a los efectos aleatorios genéticos aditivos maternos;

W = matriz incidencia que relaciona PN y PDA a los efectos aleatorios de ambiente permanente materno;

Para la definición de las matrices de covarianzas se tiene: * = producto directo; A = matriz de relaciones genéticas aditivas; de tal forma que la matriz de covarianzas entre los efectos genéticos aditivos directos entre PN y PDA fue:

$$G_{aaa} = \begin{bmatrix} \sigma_{a1,a1} & \sigma_{a1,a2} \\ \sigma_{a2,a1} & \sigma_{a2,a2} \end{bmatrix}; 1 = PN \text{ y } 2 = PDA$$

La matriz de covarianzas entre los efectos genéticos aditivos directos para PN y efectos genéticos aditivos maternos para PDA fue:

$$G_{oam} = \begin{bmatrix} \sigma_{a1,m1} & \sigma_{a1,m2} \\ \sigma_{a2,m1} & \sigma_{a2,m2} \end{bmatrix};$$

La matriz de covarianzas entre los efectos genéticos aditivos maternos para PN y efectos genéticos aditivos directos para PDA estuvo dada por: ;

$$G_{oma} = \begin{bmatrix} \sigma_{m1,a1} & \sigma_{m1,a2} \\ \sigma_{m2,a1} & \sigma_{m2,a2} \end{bmatrix}$$

La matriz de covarianzas entre los efectos genéticos aditivos maternos para PN y PDA estuvo dada por:

Cuadro 1. Número de animales de acuerdo a la proporción de Angus para PN y PDA

Grupo genético de la madre	Grupo genético del padre				
	B	A x B	A	3/4A x1/4B	3/4B x1/4A
B	41	44	136	79	4
3/4B x1/4A	11	7	16	9	2
A x B	142	3	3	5	57
5/8B x 3/8A	1				1

B = Brahman; A x B = F1 Angus x Brahman; A = Angus

$$G_{omm} = \begin{bmatrix} \sigma_{m1,m1} & \sigma_{m1,m2} \\ \sigma_{m2,m1} & \sigma_{m2,m2} \end{bmatrix}$$

La matriz de covarianzas entre los efectos de ambiente permanente maternos para PN y PDA estuvo dada por:

$$R_{op} = \begin{bmatrix} \sigma_{p1,p1} & 0 \\ 0 & \sigma_{p2,p2} \end{bmatrix}$$

La matriz de covarianzas entre los efectos residuales para PN y PDA fue:

$$R_{oe} = \begin{bmatrix} \sigma_{e1,e1} & 0 \\ 0 & \sigma_{e2,e2} \end{bmatrix};$$

Las predicciones genéticas fueron calculadas como una suma ponderada de los efectos genéticos de la raza y los efectos aleatorios [9], tal que, el valor de cría para el animal ij podría ser igual a:

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

Donde,

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

g_{i0} = grupo genético i, y

\hat{a}_{ij} = predicción genética para el animal ij como una desviación de g_i .

Los grupos genéticos en esta población multirracial fueron definidos como una suma ponderada de los efectos de raza, es decir,

$$g_i^0 = \sum_{j=1}^B p_j b_j^0$$

Donde:

B = número de razas,

p_{ij} = fracción de raza i en el animal ij, y

b_i^0 = solución para la raza i.

Los estimados de componentes de varianza y covarianza fueron usados para calcular las heredabilidades y las correlaciones genéticas y fenotípicas de los caracteres estudiados. Los errores estándar de los estimados de heredabilidad y correlaciones fueron calculados usando el método Delta [10].

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 *Statistical Analysis System* [11].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Medias Estimadas del Peso al Nacer y Peso al Destete

El promedio y desviación estándar para PN fue de $36,3 \pm 3,4$ kg. Éste fue superior al reportado por Bolívar *et al.* [12] en una población multirracial, Angus x Blanco Orejinegro x Cebú x Holstein x Simmental x Romosinuano, por Martínez *et al.* [13] en animales Blanco Orejinegro x Braunvieh x Brahman x Guzerat x Limousin x Normando x Romosinuano x Simmental en Colombia y por Nesor *et al.* [14] en ganado Brangus en Sur Africa ($30,8 \pm 4,0$; $33,2 \pm 5,8$; y $33,1 \pm 4,6$ kg, respectivamente). Valores superiores fueron encontrados por Brandt *et al.* [15] en animales F1 Angus x Simmental en Alemania y por Vega-Murillo *et al.* [16] en una población Simmental x Simbra en México ($43,9 \pm 4,9$ y $37,4 \pm 5,5$ kg, respectivamente). Un valor similar ($36,5$ kg) fue encontrado en crías Brahman x Angus en Estados Unidos [17].

El promedio y desviación estándar para PDA fue de $151,0 \pm 35,7$ kg. El promedio del peso al destete fue inferior al reportado por Arboleda *et al.* [18] y Vergara *et al.* [19] en poblaciones multirraciales Angus x Cebú x Holstein x Simmental x Criollo

(191 ± 32 kg, a los 240 d) y Angus × Cebú × Blanco Orejinegro × Romosinuano (177,6 ± 29 kg, a los 240 d) en Colombia; así como, Riley et al. [17] en animales Angus × Romosinuano × Brahman en Estados Unidos (219,9 ± 35,2 kg a los 229 d) y Kippert et al. [20] en Brasil una población de animales cruzados Angus y Nelore (medias entre 162 a 183 kg, a los 205 d).

Efecto Genético de la Raza

Los efectos genéticos directos y maternos para PN y PDA fueron estimados como desviaciones del Brahman. El efecto genético directo para PN fue de $-0,83 \pm 0,05$ kg ($P=0,68$). Esto indica que bajo las condiciones tropicales de esta población, crías Brahman o con altas proporciones de Brahman, tienen similares desempeños para PN, respecto a animales Angus. Un efecto directo negativo de Angus fue encontrado por Rodríguez-Almeida et al. [21] respecto a las razas Hereford, Braunvieh, Limousine y Charolais ($-2,1$ a $-10,4$ kg) y por Perotto et al. [22] respecto a Nelore ($-1,2 \pm 2-1$). Así mismo, Franke et al. [2] y Riley et al. [17] reportaron valores negativos de Angus respecto a Brahman ($-5,6$ y $-9,2$ kg, respectivamente).

Para PDA, el efecto genético directo fue de $4,93 \pm 0,94$ kg ($P=0,78$), lo que sugiere que para el peso al destete, las razas Angus y Brahman tienen similares desempeños bajo las condiciones de estudio. El mismo efecto ($0,0 \pm 5,8$ kg, a los 205 d) fue encontrado por Franke et al. [23]. Por su parte, Riley et al. [17] y Vergara et al. [19], reportaron mayor valor para el efecto genético directo de la raza Brahman respecto a Angus (10,8 y 15,1 kg, a los 205 y 240 d, respectivamente). Perotto et al. [22] encontraron menor valor directo de la raza Angus ($-14,9 \pm 11,5$ kg) respecto a Nelore. Estimados de efecto directo de la raza, en el cual Angus fue superior (31,1 kg), fue reportado por Kippert et al. [20] en una población Angus × Nelore en Brasil.

El estimado del efecto genético materno de PN fue de $0,05 \pm 0,94$ kg ($P=0,92$), lo que sugiere que madres Brahman o con altas proporciones de Brahman y que madres con altas proporciones de Angus, tienden a tener crías con similares pesos al nacer. Rodríguez-Almeida et al. [21] encontraron efecto negativo de Angus respecto a las razas Hereford ($2,32 \pm 1,12$ kg), Pinzgauer ($5,24 \pm 1,59$ kg) y Red Poll ($4,47 \pm 1,28$ kg). Por su parte,

Franke et al. [23], reportaron valores superiores de Angus respecto a las razas Brahman ($-6,9 \pm 1,2$ kg), Charolais ($-0,5 \pm 0,9$ kg) y Hereford ($-0,9 \pm 0,9$ kg). Al igual que Riley et al. [17] y Williams et al. [24], respecto a Brahman ($-7,2$ y $-3,2$ kg, respectivamente).

Para efecto materno de PDA, el valor estimado fue de $-5,4 \pm 0,40$ kg ($P=0,38$), sugiriendo esto que madres Brahman o con altas proporciones de Brahman y madres con altas proporciones de Angus, tiene similar habilidad materna para destetar sus crías. Esto puede explicarse, debido a que en la población en estudio no había madres puras Angus, por lo que el valor de esta raza pudo haber sido sobrestimado. Valores superiores de Brahman respecto a Angus, para el efecto materno de la raza, fue encontrado por Franke et al. [23], 12,9 kg, Riley et al. [17], 37,2 kg, Vergara et al. [19], 25,1 kg y Williams et al. [24], 6,63 kg.

Efecto de Heterosis

Tanto para el PN como para el PDA, los estimados maternos de heterosis fueron cercanos a cero, lo que sugiere que la habilidad materna es poco influenciada por los efectos genéticos no aditivos interraciales, respecto al efecto directo en la población estudiada. Para PN, Vergara et al. [25] encontraron similar efecto ($0,13 \pm 0,3$). Así mismo, Vergara et al. [19], encontraron efecto no significativo de la heterosis materna sobre el peso al destete.

La heterosis directa para PN fue de $-0,32 \pm 0,03$ kg ($P=0,53$), lo cual indica que el cruzamiento no tiene efecto sustancial sobre esta variable. Valores negativos de heterosis para PN fue encontrado por Oxford et al. [26] en ganado Angus × Santa Gertrudis ($-6,1$ kg). Por su parte, Riley et al. [17], Williams et al. [24] y Brandt et al. [15] encontraron valores positivos en animales Brahman × Angus (2,6 kg), Británico × Cebú (2,4 kg) y Angus × Simmental (1,6 kg), respectivamente.

La heterosis directa para PDA fue de $7,3 \pm 0,6$ kg ($P=0,52$). Aunque fue no significativa, los resultados sugieren que se puede aprovechar los valores esperados de heterocigosis, ya que esto podría ser económicamente ventajoso a la hora de planear los apareamientos. Valores negativos de heterosis directa para PDA fueron reportados en poblaciones Angus × Simmental ($-1,9$ kg) y Angus × Santa Gertrudis ($-3,0$ kg) [15, 26]. Valores positivos fueron

encontrados por Riley *et al.* [17] en una población Brahman × Angus (20,5 kg), Kippert *et al.* [20] en Angus × Nelore (13,29 kg), Williams *et al.* [24] en Británico × Cebú (23,0 kg), Vergara *et al.* [19] en Angus × Cebú × Blanco Orejinegro × Romosinuano (17,3 kg), Silva *et al.* [27] en Angus × Nelore (14,6 kg) y Bueno *et al.* [28] en Cebú × Británico (13,6 kg).

Heredabilidades y Correlaciones

En el Cuadro 2, se observan los valores de heredabilidad directa y materna para PN y PDA. Estos valores sugieren que se deben mejorar las condiciones de alimentación y manejo para mejorar las características mencionadas, especialmente el peso al destete en esta población. La heredabilidad directa y materna para el PN sugiere que es mayor el efecto directo, respecto al materno. En relación a los valores de heredabilidad directa y materna para el PDA, indican que en el componente genético de esta característica, está influyendo tanto la habilidad que tienen las crías para su propio crecimiento, como la habilidad de las madres para criar un ternero.

Valores de heredabilidad directa para PN, cercanos al encontrado en este estudio, fueron reportados por Rosales *et al.* [29] en ganado Simmental × Brahman (0,05) y por Vergara *et al.* [25] en animales Angus × Cebú × Blanco Orejinegro × Romosinuano. Valores superiores fueron encontrados por Skrypzeck *et al.* [30] en Hereford cruzado (0,72), Mourão *et al.* [31] en cruces *Bos taurus* × *Bos indicus* (0,33), Bolívar *et al.* [12] en Cebú × Angus × Romosinuano-Blanco Orejinegro × Holstein × Senepol (0,24), Brandt *et al.* [15] en Angus × Simmental (0,23), Nesar *et al.* [14] en Brangus (0,21) y Vega-Murillo *et al.* [16] en Simmental × Brahman (0,28).

Para la heredabilidad materna para PN, Mourão *et al.* [31] en ganado *Bos taurus* × *Bos indicus*, Bolívar *et al.* [12] en ganado de carne cruzado, Nesar *et al.* [14] en Brangus y Vega-Murillo *et al.* [16] en Simmental × Brahman, encontraron valores similares a los del presente estudio (0,05, 0,01, 0,05 y 0,08, respectivamente). Skrypzeck *et al.* [30] en Hereford cruzado, Brandt *et al.* [15] en Angus-Simmental reportaron valores superiores (0,15 y 0,14, respectivamente). Los valores de heredabilidad directa y materna para PN encontrados en este estudio, sugieren que las condiciones ambientales

tienen un alto efecto sobre la expresión fenotípica del mismo.

El valor de la heredabilidad directa para PDA fue similar al estimado por Arboleda *et al.* [18] en una población de ganado de carne cruzado (0,08). Valores superiores fueron encontrados por Skrypzeck *et al.* [30] en Hereford cruzado (0,54), Mourão *et al.* [31] en animales cruzados *Bos taurus* × *Bos indicus* (0,26), Vergara *et al.* [19] en Angus × Cebú × Blanco Orejinegro × Romosinuano (0,20), Silva *et al.* [27] en Angus × Nelore (0,29), Nesar *et al.* [14] en Brangus (0,23) y Vega-Murillo *et al.* [16] en Simmental × Brahman (0,28).

Respecto a la heredabilidad materna para PDA, valores similares fueron observados por Arboleda *et al.* [18] en ganado de carne cruzado (0,08) y Nesar *et al.* [14] en Brangus (0,11). Valores superiores fueron encontrados por Skrypzeck *et al.* [30] en Hereford cruzado (0,21), Mourão *et al.* [31] en cruzamientos *Bos taurus* × *Bos indicus* (0,20), Vergara *et al.* [19] en ganado de carne cruzado (0,14), Silva *et al.* [27] en Angus × Nelore (0,26) y Vega-Murillo *et al.* [16] en Simmental × Brahman (0,14). Al igual que el PN, el PDA está altamente influenciado por las condiciones ambientales.

En relación a las correlaciones genéticas (Cuadro 2), los valores negativos entre efectos directos y maternos para PN y PDA, sugieren que hay antagonismos entre estos efectos, lo que podría dificultar hacer selección teniendo en cuenta ambos efectos. Sin embargo, esta correlación negativa pudo originarse por prácticas de manejo o factores ambientales que causaron covarianza negativa entre el efecto directo y el materno [32], o también a una gran variabilidad entre padres y madres, ya sea por una mayor variación genética o a confusión de efectos ambientales, o quizás porque en el modelo no se consideraron algunos efectos fijos que podrían influir sobre las características [33].

De acuerdo a los resultados, un antagonismo al momento de hacer selección se podría presentar entre los efectos genéticos directos para PN y maternos para PDA. De las correlaciones estimadas, la que tendría mayor impacto productivo negativo sería entre efectos directos y maternos para PDA, pero afortunadamente no es tan alta, por lo que se podrían presentar individuos para seleccionar con valores genéticos directos positivos altos y valores positivos no muy bajos para efectos genéticos maternos.

Cuadro 2. Heredabilidades y correlaciones genéticas, ambiental y fenotípica, para peso al nacer (PN) y peso al destete ajustado (PDA)

Parámetro	PN*	PDA*
h^2 Directa	0,08 ± 0,005	0,10 ± 0,006
h^2 Materna	0,04 ± 0,002	0,08 ± 0,005
Correlaciones genéticas		
$r_{PNd,PDAd}$	0,18 ± 0,03	
$r_{PNd,PNm}$	-0,51 ± 0,02	
$r_{PNd,PDAm}$	-0,50 ± 0,02	
$r_{PDAd,PNm}$	0,07 ± 0,03	
$r_{PDAd,PDAm}$	-0,21 ± 0,03	
$r_{PNm,PDAm}$	0,28 ± 0,03	
Correlación ambiental	0,04 ± 0,04	
Correlación fenotípica	0,03 ± 0,03	

* Valores después de ± indican el error estándar; h^2 = heredabilidad; $r_{PNd,PDAd}$ = correlación genética entre efectos genéticos directos para PN y PDA; $r_{PNd,PNm}$ = correlación genética entre efectos genéticos directos y maternos para PN; $r_{PNd,PDAm}$ = correlación genética entre efectos genéticos directos para PN y maternos para PDA; $r_{PDAd,PNm}$ = correlación genética entre efectos genéticos directos para PDA y maternos para PN; $r_{PDAd,PDAm}$ = correlación genética entre efectos genéticos directos y maternos para PDA; $r_{PNm,PDAm}$ = correlación genética entre efectos genéticos maternos para PN y PDA.

Correlaciones negativas entre efectos directos y maternos para PN han sido reportadas por diferentes autores [16, 30, 31]. Una correlación positiva fue encontrada por Brandt *et al.* [15] en Angus × Simmental (0,32). Correlaciones negativas entre efectos genéticos directos y maternos para PDA en diferentes poblaciones de ganado de carne cruzado fueron estimadas por Vega-Murillo *et al.* [16], Vergara *et al.* [19], Silva *et al.* [27] y Skrypzeck *et al.* [30].

La correlación positiva entre efectos genéticos directos para PN y PDA (Cuadro 2), facilitaría el proceso de selección entre estos caracteres, ya que no es muy alta, disminuyendo la posibilidad de que se presenten partos distócicos al hacer mayor presión de selección sobre el PDA, que es la característica de mayor impacto económico. Al igual que este estudio, valores positivos para la correlación genética entre efectos directos para PN y PDA fueron estimadas por Naser *et al.* [14] en Brangus (0,78), Brandt *et al.* [15] en Angus × Simmental (0,20), Rosales *et al.* [29] en Simmental (0,73), Elzo *et al.* [34] en Romosinuano (0,15) y Elzo *et al.* [35] en Cebú (0,08).

Correlaciones positivas entre efectos genéticos maternos para PN y directos para PDA fueron encontradas por Brandt *et al.* [15] en Angus × Simmental (0,15) y Elzo *et al.* [34] en Romosinuano (0,05). Correlaciones negativas han sido reportadas por Rosales *et al.* [29] en Simmental (-0,02) y Elzo *et al.* [35] en Cebú (-0,03). Similar a este estudio (Cuadro 2), para efectos genéticos maternos entre PN y PDA, se han encontrado correlaciones positivas [15, 34, 35].

Tendencias Genéticas

Todas las tendencias genéticas fueron no significativas. Las tendencias genéticas para las medias anuales de los valores de cría de efectos directos fueron positivas para PN y PDA, pero muy bajas; mientras que las de efectos maternos fueron negativas (Cuadro 3; Figuras 1 y 2). De acuerdo a lo anterior, para mejorar el progreso genético para PN y PDA en esta población, debería ser implementarse una evaluación genética conjuntamente con un sistema de selección de acuerdo al valor de cría de los padres y madres de reemplazo.

Cuadro 3. Tendencias genéticas para efectos directos y maternos de peso al nacer (PN) y peso al destete ajustado (PDA)

Efecto	Característica	
	PN, kg/año	PDA, kg/año
Directo	0,004 ± 0,005 (P = 0, 41)	0,035 ± 0,107 (P = 0, 75)
Materno	-0,002 ± 0,001 (P = 0, 27)	-0,044 ± 0,064 (P = 0, 51)

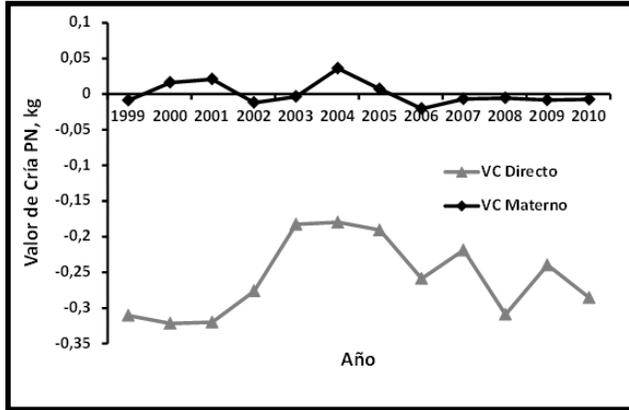


Figura 1. Tendencias genéticas para efectos directos y maternos para peso al nacer

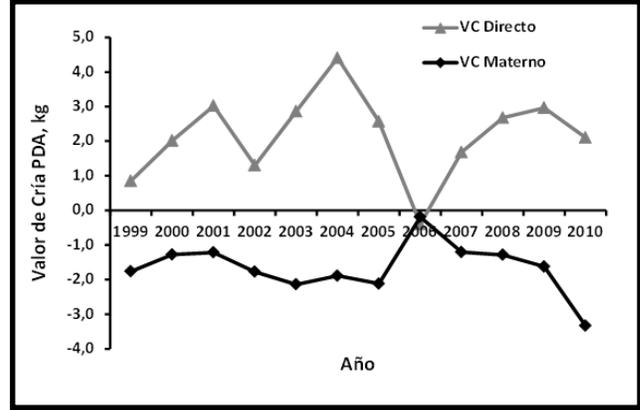


Figura 2. Tendencias genéticas para efectos directos y maternos para peso al destete

CONCLUSIONES

Los estimados de heredabilidades directas y maternas para peso al nacer y peso al destete, sugieren que en la población estudiada se debe estandarizar el manejo alimenticio a los animales y además, hacer correctivos en las condiciones de nutrición y manejo para mejorar el crecimiento de los animales en la fase predestete. Las tendencias genéticas estimadas en esta población indican que la intensidad de selección aplicada no fue suficiente para lograr cambios significativos sobre los valores de cría directos y maternos durante los años de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los propietarios y personal administrativo de la hacienda La Abastecedora, en el municipio de Planeta Rica, Córdoba, Colombia por facilitar la base de datos para desarrollar esta investigación.

REFERENCIAS

1. Vergara OD. Efectos genéticos aditivos y no aditivos para características de crecimiento y reproductivas en una población multirracial en Colombia. Tesis doctoral.

2. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, Medellín, Colombia. 2009. p. 84.
2. Madalena FE. Estrategias de cruzamiento. En: FAO. La utilización sostenible de hembras F1 en la producción del ganado lechero tropical. Roma, Italia. 1993; p. 11-36.
3. Elzo MA, Famula TR. Multibreed sire evaluation procedure within a country. *J Anim Sci.* 1985; 60:942-952.
4. Henderson CR. Multiple trait sire evaluation using the relationship matrix. *J Dairy Sci.* 1976; 59(4):769-774.
5. Henderson CR, Quaas RL. Multiple trait evaluation using relative's records. *J Anim Sci.* 1976; 43:1188-1197.
6. Quaas RL, Pollak EJ. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. *J Anim Sci.* 1980; 51:1277-1287.
7. Misztal, I. BLUPF90- a flexible mixed model program in Fortran 90. University of Georgia [Internet] 1997. [acceso 6 de marzo de 2013]; p. 1-24. Disponible en: <http://nce.ads.uga.edu/html/projects/blupf90.pdf>.
8. Tsuruta S. A modification of REMLF90 with computing by the Average-Information Algorithm. University of Georgia [Internet] 1999. [acceso 6 de marzo de 2013]; p. 1-2. Disponible en: <http://nce.ads.uga.edu/html/projects/Readme.aireml>.
9. Elzo MA, Wakeman DL. Covariance components and prediction for additive and nonadditive preweaning

- growth genetic effects in an Angus-Brahman multibreed herd. *J Anim Sci.* 1998; 76:1290-1302.
10. Elzo MA. Asymptotic variances of functions of ML and REML estimates of variance and covariance components. *Animal Breeding Mimeograph Series*, University of Florida [Internet] 1998. [acceso 23 de Julio de 2013]; N°28. Disponible en: http://animal.ifas.ufl.edu/elzo/publications/mimeographs/docs/1998_2_elzo.pdf
 11. Statistical Analysis System. SAS OnlineDoc 9.1.3. SAS Institute Inc, Cary, NC, USA. 2007.
 12. Bolívar DM, Ramírez EJ, Vergara OD, Restrepo LF, Arboleda EM, Cerón-Muñoz MF. Parámetros genéticos para el control del peso al nacimiento en bovinos de carne: cruzados en el trópico bajo colombiano. *Rev Lasallista de Invest.* 2009; 6(2):14-23.
 13. Martínez CA, Elzo MA, Manrique C, Jiménez A. Genetic parameters and breeding values for live weight using random regression models in a *Bos taurus-Bos indicus* multibreed cattle population in Colombia. *Rev Colomb Cienc Pecu.* 2012; 25:548-565.
 14. Naser FWC, Van Wyk JB, Fair MD, Lubout P, Crook BJ. Estimation of genetic parameters for growth traits in Brangus cattle. *S Afr J Anim Sci.* 2012; 42(Suppl 1): 469-473.
 15. Brandt H, Müllenhoff A, Lambertz C, Erhardt G, Gauly M. Estimation of genetic and crossbreeding parameters for preweaning traits in German Angus and Simmental beef cattle and the reciprocal crosses. *J Anim Sci.* 2010; 88:80-86.
 16. Vega-Murillo V, Ríos-Utrera A, Montaña-Bermúdez M, Martínez-Velázquez G. Multiple-breed genetic evaluation of growth traits in Simmental and Simbrah cattle. *Trop and Subtrop Agroecosyst.* 2012; 15:403-414.
 17. Riley DG, Chase CC, Coleman SW, Olson TA. Evaluation of birth and weaning traits of Romosinuano calves as purebreds and crosses with Brahman and Angus. *J Anim Sci.* 2007; 85:289-298.
 18. Arboleda EM, Vergara OD, Restrepo LF. Growth traits in crossbred beef cattle in northern Colombia. *Livest Res Rural Dev* [Internet] 2007 Mayo. [acceso 26 de Julio de 2013]; 19(5) Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd19/5/arbo19068.htm>.
 19. Vergara OD, Elzo MA, Cerón-Muñoz MF, Arboleda EM. Weaning weight and post-weaning gain genetic parameters and genetic trends in a Blanco Orejinegro-Romosinuano-Angus-Zebu multibreed cattle population in Colombia. *Livest Sci.* 2009; 124:156-162.
 20. 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-Nellore population. *Rev Bras Zootec.* 2008; 37:1383-1391.
 21. Rodríguez-Almeida FA, Van Vleck LD, Gregory KE. 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.* 1997; 75:1203-1212.
 22. Perotto D, Abrahão J, Cubas A. Breed and heterozygosity effects on body weight traits of Nellore and Crossbred Red Angus × Nellore Calves. *Rev Bras Zootec.* 1999; 28:504-511.
 23. Franke DE, Habet O, Tawah LC, Williams AR, DeRouen SM. Direct and maternal genetic effects on birth and weaning traits in multibreed cattle data and predicted performance of breed crosses. *J Anim Sci.* 2001; 79:1713-1722.
 24. Williams JL, Aguilar I, Rekaya R, Bertrand JK. Estimation of breed and heterosis effects for growth and carcass traits in cattle using published crossbreeding studies. *J Anim Sci.* 2010; 88:460-466.
 25. Vergara O, Flórez JM, Hernández MJ, Yaguna CJ, Manco C, Barrios TE, Rico J. Efectos raciales, de heterosis y parámetros genéticos para peso al nacer en una población multirracial de ganado de carne en Colombia. *Livest Res Rural Dev* [Internet] 2014 Marzo. [acceso 21 de Octubre de 2014]; 26(3) Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd26/3/verg26058.html>.
 26. Oxford EL, Brown AHJr, Johnson ZB, Tabler GT, Kutz BR. Preweaning performance, heterosis, and direct and maternal breed effects in Angus, Hereford, Red Poll, Santa Gertrudis, and Reciprocal-cross calves. *The Profess Ani Sci.* 2009; 25:529-535.
 27. Silva J, Nogara PR, Weber T, De Araújo RO, De Almeida M, Grigolito J. Pre-weaning performance evaluation of a multibreed Aberdeen Angus × Nellore population using different genetic models. *Rev Bras Zootec.* 2010; 39:2418-2425.
 28. Bueno RS, De Almeida R, Serman JB, Lopes PS, Pereira J, Barreto G, De Almeida M, Chicaroni E. Métodos de estimação de efeitos genéticos não-aditivos para características de peso e perímetro escrotal em bovinos de corte mestiços. *Rev Bras Zootec.* 2012; 41:1140-1145.
 29. Rosales J, Elzo MA, Montaña M, Vega V, Reyes A. Parámetros genéticos para pesos al nacimiento y destete en ganado Simmental - Brahman en el subtrópico mexicano. *Tec Pecu Mex.* 2004; 42(3):333-346.
 30. Skrypzeck H, Schoeman SJ, Jordaan GF, Naser WC. Pre-weaning growth traits of the Hereford breed in a multibreed composite beef cattle population. *S African J Anim Sci.* 2000; 30(3):220-229.
 31. Mourão GB, Ferraz JBS, Eler JP, Balieiro JCC, Bueno RS, Mattos EC, Figueiredo LGG. Genetic parameters for growth traits of a Brazilian *Bos taurus* x *Bos indicus* beef composite. *Genet and Molec Res.*

- 2007; 6:1190-1200.
32. Meyer K, Carrick MJ, Donnelly, BJP. Genetic parameters for growth traits of Australian beef cattle from a multibreed selection experiment. *J Anim Sci.* 1993; 71:2614-2622.
33. Robinson DL. Estimation and interpretation of direct and maternal genetic parameters for weights of Australian Angus cattle. *Livest Prod Sci.* 1996; 45:1-11.
34. Elzo MA, Manrique C, Ossa G, Acosta O. Additive and nonadditive genetic variability for growth traits in the Turipana Romosinuano–Zebu multibreed herd. *J Anim Sci.* 1998; 76:1539-1549.
35. Elzo MA, Martínez G, González 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.* 2001; 3:51-64.