

## Modelos con y sin covarianza genética entre efecto materno y directo en ganado Blanco Orejinegro (BON)

Naranjo, L.F.<sup>1</sup>; López-Herrera, A.<sup>2</sup>; Rincón, J.<sup>3</sup> y González-Herrera, L.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Colombia.

<sup>2</sup> Departamento de Producción Animal. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Colombia.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. Colombia.

### PALABRAS CLAVE

Correlación.  
Evaluación genética.  
Heredabilidad.  
Valores genéticos.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Correlation.  
Genetic evaluation.  
Heritability.  
Genetic values.

### INFORMACIÓN

Cronología del artículo.  
Recibido/Received: 16.02.2021  
Aceptado/Accepted: 10.10.2023  
On-line: 15.10.2023  
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:  
lfnaranjog@unal.edu.co

### RESUMEN

Se estimaron los componentes de (co)varianza y parámetros genéticos para tres características de crecimiento predestete; peso a los 4 meses (P4M, N = 214), ganancia diaria de peso entre los 4 meses y el destete (GDP4MD, N = 175) y peso al destete (PD, N = 485), en cuatro hatos de ganado Blanco Orejinegro (BON) de Colombia, con el objetivo de comparar dos modelos (con y sin covarianza genética entre efecto materno y directo) para la evaluación genética de estas características. Se seleccionaron los modelos que presentaron mejor descripción de los componentes de varianza y parámetros genéticos, de acuerdo con que se considerara covarianza igual a cero o diferente de cero entre los efectos genéticos aditivo y materno. Finalmente, se realizó la evaluación genética y correlación de Spearman. Se encontraron los siguientes valores: para P4M, heredabilidad aditiva directa ( $h2a$ ) de  $0.46 \pm 0.40$ ;  $0.0 \pm 0.15$  ( $cov = 0$ ) y heredabilidad materna ( $h2m$ )  $0.40 \pm 0.48$ ;  $0.0 \pm 0.24$  ( $cov \neq 0$ ); para PD,  $h2a$   $0.56 \pm 0.17$ ;  $0.06 \pm 0.08$  ( $cov = 0$ ) y  $h2m$   $0.58 \pm 0.22$ ;  $0.09 \pm 0.14$  ( $cov \neq 0$ ) y para GDP4MD,  $h2a$   $0.61 \pm 0.56$ ;  $0.03 \pm 0.21$  ( $cov = 0$ ) y  $h2m$   $0.19 \pm 0.44$ ;  $0.35 \pm 0.46$  ( $cov \neq 0$ ). La correlación de Spearman obtenida entre el valor genético directo y materno de los modelos con  $cov = 0$  y  $cov \neq 0$  para las características P4M y PD fue alta (0.91 a 0.99), mientras que para GDP4MD fue baja y negativa -0.33.

### Molecular dynamics at the interface of polysaccharide, lipid and protein metabolism

### SUMMARY

The (co) variance components and genetic parameters were estimated for three pre-weaning growth traits; weight at 4 months (P4M, N = 214), daily weight gain between 4 months and weaning (GDP4MD, N = 175) and weaning weight (PD, N = 485), in four herds of cattle Blanco Orejinegro (BON) from Colombia, with the objective of comparing two models (with and without genetic covariance between maternal and direct effect) for the genetic evaluation of these traits. The models that present the best description of the variance components and genetic parameters were selected, according to which the covariance is considered equal to zero or different from zero between the additive and maternal genetic effects. Finally, the genetic evaluation and Spearman correlation were performed. The following values were found: for P4M, direct additive heritability ( $h2a$ ) of  $0.46 \pm 0.40$ ;  $0.0 \pm 0.15$  ( $cov = 0$ ) and maternal heritability ( $h2m$ )  $0.40 \pm 0.48$ ;  $0.0 \pm 0.24$  ( $cov \neq 0$ ); for PD,  $h2a$   $0.56 \pm 0.17$ ;  $0.06 \pm 0.08$  ( $cov = 0$ ) and  $h2m$   $0.58 \pm 0.22$ ;  $0.09 \pm 0.14$  ( $cov \neq 0$ ) and for GDP4MD,  $h2a$   $0.61 \pm 0.56$ ;  $0.03 \pm 0.21$  ( $cov = 0$ ) and  $h2m$   $0.19 \pm 0.44$ ;  $0.35 \pm 0.46$  ( $cov \neq 0$ ). The Spearman correlation obtained between the direct and maternal genetic value of the models with  $cov = 0$  and  $cov \neq 0$  for the P4M and PD traits was high (0.91 to 0.99), while for GDP4MD it was low and negative -0.33.

### INTRODUCCIÓN

La raza Blanco Orejinegro (BON) se caracteriza fenotípicamente por presentar pelaje de color blanco sobre piel negra en todo el cuerpo, con orejas y morro negro. La importancia de esta raza radica en el proceso de adaptación que ha tenido por más de 500 años a las condiciones ambientales de Colombia, que le

han proporcionado características importantes como rusticidad, utilización eficiente de pastos bastos y pobres, resistencia a ectoparásitos, longevidad, habilidad materna, fertilidad, docilidad, excelente resistencia a enfermedades virales y bacterianas (Lopez-herrera *et al.*). Lo anterior, junto con una correcta aplicación de programas de mejoramiento genético que permitan seleccionar los animales más sobresalientes de la raza con

base en el valor genético, puede ser una herramienta clave para que el productor mejore características de importancia económica relacionadas con el crecimiento predestete y por consiguiente que mejore la productividad. Sin embargo, en la raza BON no hay programas de mejoramiento con base en valores genéticos y la selección se realiza esencialmente con base en el fenotipo de los animales, situación que no es adecuada, porque no se considera realmente en la elección de animales a ser reproductores, el mérito genético propio del animal para determinada característica.

Algunos autores mencionan que la selección del modelo genético para llevar a cabo el análisis de los datos, llega a ser una de las principales fuentes de error en las evaluaciones genéticas, ocasionando problemas al momento de estimar los parámetros genéticos (Clément *et al.*, 2001), por esta razón es importante identificar el modelo que mejor describa la estructura de los datos y la variabilidad genética de la población, sin importar el grado de complejidad del modelo, para obtener las estimativas con el mayor grado de confiabilidad (Clément *et al.*, 2001).

Las características predestete como peso a los 4 meses (P4M), ganancia diaria de peso entre los 4 meses y el destete (GDP4M-D) y peso al destete (PD), se ven influenciadas por el genotipo del animal, su madre y el ambiente en que el animal se desarrolla. Algunos autores recomiendan la inclusión del efecto materno y ambiente permanente, o al menos uno de estos en evaluaciones genéticas para características de crecimiento predestete (Cabrera *et al.*, 2001). Por otro lado, algunos autores recomiendan incluir la covarianza igual a cero entre los efectos aditivo directo y aditivo materno, ya que se han reportado correlaciones grandes y negativas entre estos dos efectos, que se asocian con sobrestimaciones de las varianzas genéticas aditiva directa y aditiva materna (De Albuquerque & Meyer, 2001).

El objetivo de este trabajo fue comparar dos modelos con y sin covarianza genética entre efecto materno y directo para verificar cuál de las dos estructuras permite una adecuada evaluación genética de características productivas predestete, en ganado BON de cuatro hatos colombianos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para este trabajo se utilizó información genealógica y productiva de cuatro hatos de ganado BON de Colombia (identificados como A, B, C, D por confidencialidad), ubicados en los departamentos de Risaralda, Caldas y Antioquia; a alturas que van de los 450 a 2500 m.s.n.m, con temperaturas que varían entre 14 a 28°C, con pastoreo rotacional y pastos como *Brachiaria toledo*, *Brachiaria decumbens*, *Cynodon plectostachyus*, *Brachiaria brizanta*, *Brachiaria humidicola*, *Panicum máximum tanzania*, *Panicum máximum mombaza*, Tifton 78, gramas nativas y pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinum*).

La información genealógica y productiva se recolectó a partir de bases de datos físicas y electrónicas desde el año 2000 hasta el 2018, la cual fue digitalizada en el programa Excel y posteriormente depurada y analizada estadísticamente en el programa R Project versión

3.5.2 (R Core Team, 2018), eliminando datos fuera de los rangos biológicamente posibles o valores extremos. Las características de crecimiento predestete evaluadas fueron: P4M, PD y GDP4M-D. Para P4M se conservaron pesos entre 60 y 150 kg, para PD se dejaron pesos entre 100 y 350 kg; finalmente, para GDP4M-D se dejaron ganancias mayores a 0 kg y menores a 1 kg/día.

El modelo lineal implementado fue seleccionado con base a un estudio previo (Naranjo, L *et al.*), e incluyó como efectos fijos el número de parto, época de pesaje o nacimiento, grupo contemporáneo compuesto por la concatenación de sexo y hato para GDP4M-D y sexo, hato y año de pesaje para P4M y PD. Se incluyó la edad al momento del pesaje como covariable (con efecto lineal) para PD y edad agrupada en cuatro categorías (efecto fijo) para P4M. La información analizada para los modelos seleccionados contó con un total de 1977 animales en genealogía, 125 padres y 558 madres diferentes. Además, después de la edición de los datos se contó con 214 registros para P4M, 485 registros para PD y 175 registros para ganancia diaria de peso entre los 4 meses y el destete.

Se llevaron a cabo las estimativas de componentes de varianza y la evaluación genética, para verificar cuál de los modelos evaluados para GDP4M-D y para P4M y PD, presentaba mejores estimativas. Estos modelos fueron trabajados en el programa MTDFREML (Boldman *et al.*, 1995), usando el modelo animal con inclusión del efecto materno. En primer lugar, se evaluaron los modelos tomando un valor de cero para la covarianza entre efecto materno y directo y se tomaron valores supuestos de las varianzas. Cada modelo se ejecutó varias veces, hasta alcanzar la convergencia. Este mismo procedimiento se realizó cuando se consideró la covarianza entre efecto materno y directo diferente de cero, con la diferencia de que los valores iniciales para las varianzas y covarianzas fueron basadas en las estimativas obtenidas en las corridas con covarianza diferente de cero. Para determinar cuál de los modelos planteados se ajustó mejor a la estructura de la población, se utilizaron como criterios de comparación la media de confiabilidad de los valores genéticos y las estimativas de los parámetros genéticos y sus respectivos errores estándar. Para el criterio de selección con base al error estándar, se evaluó este como un porcentaje de la estimativa media de heredabilidad (aditiva directa y materna). A continuación, se presenta el modelo general que incluye todos los efectos fijos y aleatorios tenidos en cuenta durante los análisis en el programa MTDFREML (Boldman *et al.*, 1995).

$$Y_{ijklmn} = \mu + NP_i + GC_j + EP_{k'} + ED_l + a_m + m_n + \varepsilon_{ijklmn}$$

$$\text{cov} \neq 0 \text{ o } \text{cov} = 0$$

Donde:  $Y_{ijkl}$  es la característica evaluada (P4M, PD o GDP4M-D);  $\mu$ , es la media de la población para la característica;  $NP_i$ , es el efecto fijo del  $i$ -ésimo parto ( $i = 1, 2, 3, \dots, 7$ , con parto 7 = ó > 7);  $GC_j$ , es el efecto fijo del  $j$ -ésimo grupo contemporáneo, compuesto por hato, sexo y año de pesaje para P4M y PD, y por hato y sexo para GDP4M-D ( $j = 1, 2, \dots, n$ );  $EP_{k'}$ , es el efecto fijo de la  $k$ -ésima época de pesaje ( $k = 1, 2, 3, 4$ ) para PD

y GDP4M-D;  $ED_i$ , es el efecto de la  $i$ -ésima edad agrupada, o como covariable para las características P4M y PD,  $a_m$ , efecto genético aditivo directo (aleatorio),  $m_m$ , efecto genético aditivo materno (aleatorio),  $\varepsilon_{ijklmn}$ , es el error aleatorio asociado a cada observación,  $cov \neq 0$ , covarianza entre efecto genético directo y materno diferente de cero,  $cov = 0$ , covarianza entre efecto genético directo y materno igual a cero. Finalmente, con los resultados obtenidos a partir del uso de los modelos seleccionados para cada característica, se realizó una correlación de Spearman entre los valores genéticos aditivo directo y aditivo materno obtenidos para cada característica, cuando se evaluó covarianza igual a cero y diferente de cero, con la finalidad de ver si el ranking se mantenía en los modelos evaluados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de los componentes de varianza y de parámetros genéticos obtenidos para los modelos utilizados con covarianza entre efecto genético aditivo directo y aditivo materno igual y diferente de cero, se reportan en la **Tabla I**, donde se observa que en general existen problemas en la estimación de los parámetros genéticos, al incluir el efecto materno en las características evaluadas. Sin embargo, esta situación es más clara en la característica P4M, en la que no se logró estimar valores de heredabilidad para el efecto materno (modelo 1 y 2). Además, se puede observar que los componentes de varianza y los parámetros genéticos se ajustaron mejor para P4M cuando la covarianza genética entre efecto genético aditivo y materno fue cero (modelo 1) en el que adicionalmente, se reportó un menor error estándar como porcentaje de la  $h^2_a$  con valores de 87% ( $cov = 0$ ) vs 120% ( $cov \neq 0$ ). Sin embargo, se evidencia que en general la inclusión del efecto materno supone dificultades para estimar de manera adecuada los componentes de varianza y por ende los parámetros genéticos en esta característica. Resultados similares se observaron para la raza Nelore, en donde se encontró que la proporción de madres con información individual fenotípica conocida y el número de progenies por madre, influyeron significativamente en las estimaciones de  $h^2_a$  y  $h^2_m$  y dado que, la covarianza genética entre efectos genéticos directos y maternos depende de la forma en que están estructurados los datos, la covarianza se debe establecer a cero cuando se estiman parámetros genéticos para rasgos tempranos obtenidos de datos con estructura insuficiente (Meyer, 1997).

Debido a que no se hallaron trabajos para la característica P4M en la raza BON, se harán comparaciones con otras razas. Las  $h^2_a$  encontradas en este trabajo para P4M ( $0.46 \pm 0.40$  y  $0.40 \pm 0.48$ ), al compararlas con estudios de la raza Nelore son similares a los resultados de De Lira *et al.*, (2013) en el que la  $h^2_a$  varió entre 0.22 a 0.61 y difieren de las encontradas Pereira *et al.*, (2017) considerando-se datos zootécnicos obtenidos entre 2012 y 2013. Foram analizadas as características de crescimento relacionadas aos pesos aos 120 (P120, donde se reportan valores entre 0.07 a 0.28 y con los de Souza *et al.*, (2011) con valores de  $0.18 \pm 0.02$ ; los valores acá reportados también difieren de los hallados para la

raza Tabapua 0.26, 0.32 y 0.37 (Campelo *et al.*, 2003) y de 0.27 para ganado cebuino (De Lira *et al.*, 2008).

De otro lado, para la  $h^2_m$  en la característica P4M se observan que los valores encontrados fueron de  $0.0 \pm 0.15$ , cuando la correlación entre el efecto aditivo directo y materno fue igual a cero y de  $0.0 \pm 0.24$  para correlación entre el efecto aditivo directo y materno diferente de cero (**Tabla I**). Estos valores son similares a los reportados para la raza Nelore, donde se encontraron heredabilidades maternas de  $0.06 \pm 0.02$  (Souza *et al.*, 2011), aunque con menor error estándar; para ganado cebuino con valores de 0.08 (De Lira *et al.*, 2008).

La correlación genética entre el efecto aditivo directo y el aditivo materno cuando la covarianza fue diferente a cero en P4M fue igual a 1 (ram, Tabla I), valor que difiere a otros estudios, cuyas correlaciones genéticas entre efecto aditivo directo y aditivo materno para P4M en ganado Nelore fueron de  $-0.40 \pm 0.09$  (Souza *et al.*, 2011), que variaron de -0.63 a 0.02 (Pereira *et al.*, 2017).

Por otro lado, en la **Tabla I** se puede observar que para el PD (Modelos 3 y 4), característica que tuvo una mayor cantidad de registros fenotípicos ( $N = 485$ ), se obtuvo una mejor estimación de los componentes de varianza y por ende de los parámetros genéticos al incluir la covarianza genética entre el efecto aditivo y materno igual a cero, ya que se presentaron menores errores estándar en términos de porcentaje, de las estimativas de  $h^2_a$  (30% vs 38%) y  $h^2_m$  (130% vs 156%). Para el modelo 3 que evaluó la covarianza entre efecto aditivo directo y aditivo materno igual a cero, se encontraron valores de  $h^2_a$  de  $0.56 \pm 0.17$  y de  $h^2_m$  de  $0.06 \pm 0.08$  y para el modelo 4 con covarianza entre efecto aditivo directo y aditivo materno diferente de cero, la  $h^2_a$  fue  $0.58 \pm 0.22$  y la  $h^2_m$  fue  $0.09 \pm 0.14$  con una correlación entre ambos efectos de  $-0.14 \pm 0.62$ . Estos valores difieren de los encontrados en un estudio de la raza BON, donde se reportaron valores de  $h^2_a$  de  $0.63 \pm 0.36$  y  $h^2_m$  de  $0.22 \pm 0.19$ , con una correlación entre ambas de  $-0.78 \pm 0.21$  (Cañas *et al.*, 2008). A su vez, son mayores que los reportados en un estudio en la raza Romosinuano, donde se encontraron valores de  $0.14 \pm 0.05$  para  $h^2_a$  y de  $0.122 \pm 0.034$  para  $h^2_m$  (Ossa *et al.*, 2008).

En un estudio realizado en la raza Nelore para peso al destete (210 días), se encontraron valores de  $h^2_a$  variando entre 0.30 y 0.57 y  $h^2_m$  entre 0.03 y 0.13 (De Lira *et al.*, 2013), similares a los reportados en este estudio. Sin embargo, nuestros resultados difieren con los encontrados por Pereira *et al.*, (2017) en Nelore, con valores de 0.12 a 0.35 para  $h^2_a$  y similares para  $h^2_m$  con valores de 0.01 a 0.14. Entre tanto, en otro estudio se reportó un valor de  $h^2_a$  menor a la materna para peso al destete a los 205 días con estimativas de  $h^2_a = 0.35 \pm 0.08$  y  $h^2_m = 0.39 \pm 0.11$  (De Lira *et al.*, 2008). Otros autores reportaron valores de  $0.14 \pm 0.02$  para  $h^2_a$  y  $0.05 \pm 0.01$  para  $h^2_m$  para la característica PD (Souza *et al.*, 2011).

En la **Tabla I** se observa para PD cuando se usó covarianza diferente de cero (modelo 4), una correlación genética negativa entre el efecto genético aditivo y materno y una estimativa de  $h^2_a$  alta. Esta situación

**Tabla I.** Estimativas medias de los componentes de varianza y parámetros genéticos para peso a los 4 meses (P4M), peso al destete (PD) y ganancia diaria de peso entre los 4 meses y el destete (GDP4MD) en ganado BON (Mean estimates of variance components and genetic parameters for weight at 4 months (P4M), weaning weight (PD) and daily weight gain between 4 months and weaning (GDP4MD) in BON cattle).

Modelo	Componentes de varianza					Parámetros genéticos						
	$\sigma^2_a$	$\sigma^2_m$	$\sigma^2_{am}$	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_p$	$h^2_a$	e.e.	% e.e.	$h^2_m$	e.e.	% e.e.	ram
1	87.2	0.0002	0	100	187	0.46	0.40	87	0	0.15	-	0
2	75.0	0.26	4.48	105	185	0.40	0.48	120	0	0.24		1
3	343.5	38.3	0	229	611	0.56	0.17	30	0.06	0.08	133	0
4	355.8	52.3	-18.8	222	612	0.58	0.22	38	0.09	0.14	156	-0.14
5	0.001	0.0007	0	0.008	0.02	0.61	0.56	92	0.03	0.21	700	0
6	0.003	0.007	-0.005	0.014	0.019	0.19	0.43	231	0.35	0.46	131	-1

P4M: 1, cov = 0 y 2, cov  $\neq$  0; PD: 3, cov = 0 y 4, cov  $\neq$  0; GDP4M-D: 5, cov = 0 y 6, cov = 0;  $\sigma^2_a$ , varianza genética directa;  $\sigma^2_m$ , varianza genética materna;  $\sigma^2_{am}$ , covarianza genética entre efecto aditivo y materno;  $\sigma^2_e$ , varianza residual;  $\sigma^2_p$ , varianza fenotípica.  $h^2_a$ , heredabilidad en sentido estrecho; e.e., error estándar para heredabilidad materna y directa;  $h^2_m$ , heredabilidad materna; ram, correlación genética entre efectos aditivos y materno.

fue reportada en ganado Nelore, donde encontraron correlaciones entre efecto aditivo directo y aditivo materno negativas para peso a los 120, 240 y 365 días de edad y un aumento en las heredabilidades, cuando este parámetro se incluyó en el modelo, utilizando un modelo animal de rasgo único y el método de máxima verosimilitud (REML) (Cabrera *et al.*, 2001). Otros investigadores han reportado correlaciones de  $-0.33 \pm 0.11$  (Souza *et al.*, 2011),  $-0.68$  (Filho *et al.*, 2001) y valores entre  $-0.61$  y  $0.39$  (Pereira *et al.*, 2017).

Para la característica GDP4M-D (Tabla I, modelos 5 y 6), se presentó de igual manera, dificultad en la estimación de componentes de varianza y parámetros genéticos. Esto pudo deberse a la poca cantidad de observaciones registradas para esta característica (175 datos). Por otro lado, no existen trabajos en la raza BON, en los que se evaluó la GDP4M-D por tanto los resultados obtenidos en este trabajo serán comparados con los encontrados en otras razas. La presente investigación reporta valores para  $h^2_a$  de  $0.61 \pm 0.56$  con un error estándar como porcentaje de la heredabilidad de 92% (cov=0) y de  $0.19 \pm 0.43$  con un error estándar como porcentaje de la heredabilidad de 231% (cov $\neq$ 0), para la  $h^2_m$  se hallaron valores de  $0.03 \pm 0.21$  (700%) (cov=0) y de  $0.35 \pm 0.46$  (131%) (cov $\neq$ 0).

En la raza Nelore se encontraron valores de  $h^2_a$  y  $h^2_m$  de 0.32 y 0.13, respectivamente, para ganancia diaria de peso entre los 120 y los 240 días (Paneto *et al.*, 2002). Por otro lado, estudios realizados para la ganancia diaria de peso entre el nacimiento y el destete, reportan valores de  $h^2_a$  de 0.20 y  $h^2_m$  de 0.06 (Simonelli *et al.*, 2004) y para ganancia diaria de peso entre el nacimiento y los 4 meses, se han reportado estimativas de 0.21 para  $h^2_a$  y de 0.15 para  $h^2_m$  (Gunski *et al.*, 2001).

Dentro de las características analizadas, es importante identificar para cuál de ellas se obtuvieron mejores estimativas de heredabilidad y correlación, para definir por cuál de ellas realizar selección en los hatos involucrados en este estudio. La característica PD fue la que presentó estimativas más confiables, tomando valores de  $h^2_a$  de  $0.56 \pm 0.17$  (cov= 0) y de  $0.58 \pm 0.22$  (cov $\neq$ 0) y  $h^2_m$  de  $0.06 \pm 0.08$  (cov=0) y  $0.09 \pm 0.14$

(cov $\neq$ 0), con una correlación entre ambas de 0 y -0.14, respectivamente. Al seleccionar por valores de media a alta heredabilidad directa, se está teniendo en cuenta que gran parte de la varianza fenotípica del animal está siendo explicada por la genética aditiva. Si sumado a esto se tiene en cuenta el efecto materno, el progreso genético esperado puede ser mayor. Algunos autores mencionan que, el conocimiento de la influencia de los efectos maternos sobre los pesos predestete y la correlación entre los efectos genético directo y materno, son clave para lograr obtener estimaciones de heredabilidad precisas que ayuden en la definición de los métodos de selección y en la obtención de progresos genéticos adecuados (Ossa *et al.*, 2008; Elzo & Verga, 2012). Por otro lado, la característica PD generalmente cuenta con una mayor cantidad de datos, debido a que suele ser una práctica común por parte de los ganaderos. Además, en algunas ganaderías el PD se toma como un criterio de selección de los futuros reproductores y a su vez permite seleccionar que vacas serán programadas a toro con base en el desempeño que tuvieron como madres.

En la Tabla II, se presenta la correlación de Spearman entre los valores genéticos de las características evaluadas cuando la covarianza es igual a cero o diferente de cero. Para la característica P4M se obtuvo un valor de  $h^2_m$  igual a cero cuando la covarianza entre efecto aditivo directo y materno fue igual y diferente de cero. Esta situación llevó a que no se estimaran valores genéticos maternos. Por tanto, no se llevó a cabo la correlación de Spearman entre los valores genéticos maternos para esta característica. Por otro lado, se puede observar que, para cuatro de los cinco casos evaluados, la correlación de Spearman fue alta. Esta situación muestra que al usar un modelo que involucre covarianza entre el efecto aditivo directo y el efecto aditivo materno igual o diferente de cero en la población estudiada, el ranking de los valores genéticos se va a mantener, en la mayoría de los animales, sugiriendo poca variación en la jerarquización de estos. De esta manera, es posible utilizar con menor grado de incertidumbre, los modelos que incluyeron la covarianza igual a cero para el caso de las características P4M y PD,

**Tabla II.** Correlación de Spearman entre los valores genéticos obtenidos para las características evaluadas (Spearman correlation between the genetic values obtained for the evaluated characteristics).

VALORES GENÉTICOS COMPARADOS	CORRELACIÓN DE SPEARMAN
VGDP4M (cov = 0) – VGDP4M (cov ≠ 0)	0.9981
VGDPD (cov = 0) – VGDPD (cov ≠ 0)	0.9983
VGMPD (cov = 0) – VGMPD (cov ≠ 0)	0.9734
VGDDP4M-D (cov = 0) – VGDDP4M-D (cov ≠ 0)	-0.3322
VGMGDP4M-D (cov = 0) - VGMGDP4M-D (cov ≠ 0)	0.9134

VGDP4M: valor genético directo para peso a los 4 meses; VGMPD: valor genético materno para peso a los 4 meses; VGDDP4M-D: valor genético directo para ganancia de peso entre los 4 meses y el destete; VGMGDP4M-D: valor genético materno para ganancia de peso entre los 4 meses y el destete.

ya que además de lo mencionado anteriormente, fueron los modelos que mejores estimativas presentaron en este estudio y con promedio de confiabilidad de los valores genéticos, mayores. Por el contrario, la correlación de Spearman realizada entre los valores genéticos directos obtenidos a partir de la consideración de covarianza igual o diferente de cero entre el efecto genético directo y materno para GCP4M-D, presentó una correlación muy baja; situación que muestra una marcada diferencia entre la jerarquización de los animales, sin embargo, esto puede estar relacionado con la poca cantidad de datos, con la estructura de estos y con la dificultad que presentó el programa para estimar correctamente los componentes de varianza y parámetros genéticos. Por lo tanto, la estructura de los datos y el modelo genético empleado en los análisis es un elemento importante al momento de realizar evaluaciones genéticas, ya que de esta depende que se estimen adecuadamente los componentes de varianza, los parámetros genéticos y por ende los valores genéticos de las características evaluadas.

## CONCLUSIONES

Incluir el efecto materno con covarianza igual a cero con el efecto genético directo, mostró ser una buena estrategia para estimar valores y parámetros genéticos con mayor confiabilidad.

En general las características evaluadas en este estudio presentaron heredabilidades directas altas, pero maternas bajas.

## AGRADECIMIENTOS

A los propietarios de los hatos que permitieron el uso de sus datos y al Minciencias por financiar el proyecto "Conociendo nuestros recursos criollos: análisis genómico y búsqueda de regiones del genoma asociadas a características productivas, reproductivas y de salud en ganado Blanco Orejinegro", con código de Colciencias 110177658049 y número de contrato P44842-015-2018.

## Bibliografía

Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tasell CP & Kachman SD 1995. A manual for use of MTDFREML: a set of programs to obtain estimates of variance and covariance. (Draft). U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. p. 120.

Cabrera, M., Garnera, A. V., Lôbo, R. B., & Gunska, R. J. 2001. 'Efecto de la incorporación de la covarianza genética directa-materna en el

análisis de características de crecimiento en la raza Nelore'. *Livestock Research for Rural Development*, 13(3). Disponible en: <<https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd13/3/cabr133.htm>>. Acceso el 2 de febrero de 2018.

Campelo, J. E. G., Lopes, P. S., Torres, R. A., Silva, L. O. C., Euclides, R. F., Araújo, C. V., & Pereira, C. S. 2003. 'Influência da heterogeneidade de variâncias na avaliação genética de bovinos de corte da raça Tabapuã'. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 55(6), 685–693. Disponible en: <<https://doi.org/10.1590/S0102-09352003000600006>>. Acceso: 8 de marzo de 2018. doi: 10.1590/S0102-09352003000600006.

Cañas, J., Ramirez, J., Arboleda, O., Ochoa, J., Vergara, O., & Cerón-muñoz, M. 2008. 'Peso al destete en ganado Blanco Orejinegro (BON) en el noroccidente colombiano'. *Rev. MVZ Córdoba*, 13(1), 1138–1145. Disponible en: <<https://doi.org/10.21897/rmvz.405>>. Acceso: 2 de febrero del 2018. doi: 10.21897/rmvz.405.

Clément, V., Bibé, B., Verrier, É., Elsen, J. M., Manfredi, E., Bouix, J., & Hanocq, É. 2001. 'Simulation analysis to test the influence of model adequacy and data structure on the estimation of genetic parameters for traits with direct and maternal effects'. *Genetics Selection Evolution*, 33(4), 369–395. Disponible en: <<https://doi.org/10.1186/1297-9686-33-4-369>>. Acceso: 8 de marzo del 2018. doi:10.1186/1297-9686-33-4-369.

De Albuquerque, L. G., & Meyer, K. 2001. 'Estimates of direct and maternal genetic effects for weights from birth to 600 days of age in Nelore cattle'. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 118(2), 83–92. Disponible en: <<https://doi.org/10.1046/j.1439-0388.2001.00279.x>>. Acceso: 11 de abril del 2018. doi: 10.1046/j.1439-0388.2001.00279.x.

De Lira, T., Eliane, M., & Del Valle, E. 2008. 'Parâmetros genéticos de características produtivas e reprodutivas em zebuinos de corte'. *Ciência Animal Brasileira*, 27, 1–22. Disponible en: <<https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/3655>>. Acceso: 8 de marzo del 2018.

de Lira, T. S., Pereira, L. de S., Lopes, F. B., Ferreira, J. L., Lôbo, R. B., & Santos, G. C. de J. 2013. 'Tendências genéticas para características de crescimento em rebanhos nelore criados na região do trópico úmido do Brasil'. *Ciencia Animal Brasileira*, 14(1), 23–31. Disponible en: <<https://doi.org/10.5216/cab.v14i1.16785>>. Acceso: 8 de febrero del 2018 doi: 10.5216/cab.v14i1.16785.

Elzo, M., & Vergara, O. 2012. 'Modelos animales con efectos maternos, de ambiente común y de dominancia'. In *Modelación aplicada a las ciencias animales: II. Evaluaciones genéticas* (Vol. 2, p. 136).

Filho, E., Martins, G., Rocha, J., Ribeiro, N., & Martins, R. 2001. 'Estimativas de herdabilidade de efeitos direto e materno de Características de crescimento de bovinos Guzerá, no estado de Paraíba'. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(4), 1220–1223. Disponible en: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000500013>>. Acceso: 8 de marzo del 2018. doi: 10.1590/S1516-35982001000500013.

Gerstmayr, S. 1992. 'Impact of the data structure on the reliability of the estimated genetic parameters in an animal model with maternal effects'. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, v. 109, p. 321–336, Disponible en: <<https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1992>>.

- fb00412.x>. Acceso: 12 de febrero del 2018. doi: 10.1111/j.1439-0388.1992.fb00412.x.
- Gunski, R. J., Garnero, A. del V., Borjas, A. de los R., Framantino, L. A., & Barbosa, R. 2001. 'Estimativas de parâmetros genéticos para características incluídas em critérios de seleção em gado Nelore'. *Ciência Rural*, Santa Maria, 31(4), 603–607. Disponible en: < <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000400007>>. Acceso: 2 de marzo del 2018. doi: 10.1590/S0103-84782001000400007.
- López-Herrera, A., Saldarriaga, O., Arango, A., Rúgeles López, M., Zuluaga Tobón, Fabio., Olivera Ángel, M., Bermúdez, N., Bedoya, G., Ossa Londoño, J. 2001. 'Ganado Blanco Orejinegro (BON): Una alternativa para la producción en Colombia'. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, v. 14, n. 2, p. 121–128 Disponible en: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3243458>>. Acceso: 12 de febrero del 2018.
- Meyer, K. 1997. 'Estimates of genetic parameters for weaning weight of beef cattle accounting for direct-maternal environmental covariances'. *Livestock Production Science*, 52(3), 187–199. Disponible en: <[https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00144-9](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00144-9)>. Acceso: 2 de marzo del 2018. doi: 10.1016/S0301-6226(97)00144-9.
- Naranjo, L., López Herrera, A., Rincon, J., González, L. 'Identificación de un modelo lineal adecuado para evaluar características pre-destete en ganado criollo colombiano Blanco Orejinegro'. *Scientia et Technica*, sometido el 23 de mayo de 2020.
- Ossa, G. A., Suárez, M. A., & Pérez, J. E. 2008. 'Efectos del medio y la herencia sobre los pesos al nacimiento, al destete y a los 16 meses de edad en terneros de la raza criolla Romosinuano'. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 81–92. Disponible en: < [https://doi.org/10.21930/rcta.vol8\\_num2\\_art:98](https://doi.org/10.21930/rcta.vol8_num2_art:98)>. Acceso: 2 de marzo del 2018. doi: 10.21930/rcta.vol8\_num2\_art:98.
- Paneto, J. C. D. C., Lemos, D. C., Bezerra, L. A. F., Martins Filho, R., & Lôbo, R. B. 2002. 'Estudo de características quantitativas de crescimento dos 120 aos 550 dias de idade em gado Nelore'. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(2), 668–674. Disponible en: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000300017>>. Acceso: 11 de abril del 2018. doi: 10.1590/S1516-35982002000300017.
- Pereira, C., Faria, C. U., & Lôbo, R. 2017. 'A importância da qualidade da informação na predição de valores genéticos para características de crescimento em bovinos da raça Nelore'. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 69(2), 465–473. Disponible en: <<https://doi.org/10.1590/1678-4162-8942>> Acceso: 11 de abril del 2018. doi: 10.1590/1678-4162-8942
- R Core Team. 2018. 'A Language and Environment for Statistical Computing'. R Foundation for Statistical Computing. Disponible en: <<https://www.r-project.org>>. Acceso: 11 de abril del 2018.
- Simonelli, S. M., Silva, M. A., Silva, L. O. C., Pereira, J. C. C., Souza, J. E. R., Ventura, R. V., & Valente, B. D. 2004. 'Critérios de seleção para características de crescimento em bovinos da raça Nelore'. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 56(3), 374–384. Disponible en: < <https://doi.org/10.1590/S0102-09352004000300014>>. Acceso: 11 de abril del 2018. doi: 10.1590/S0102-09352004000300014.
- Souza, J. C., Silva, L. O. C., Gondo, A., Freitas, J. A., Malhado, C. H. M., Ferrar, F. P. B., Sereno, J. R. B., Weaber, R. L., & Lamberson, W. R. 2011. 'Parâmetros e tendências genéticas do peso de bovinos criados á pasto no Brasil'. *Archivos de Zootecnia*, 60(231), 457–465. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000300035>>. Acceso: abr. 2018. 10.4321/S0004-05922011000300035.