

Parámetros genéticos y fenotípicos para peso al año, circunferencia escrotal y talla en ganado Simmental y Simbrah en México

Genetic and phenotypic parameters for yearling weight, scrotal circumference and frame score in Simmental and Simbrah beef cattle from Mexico

José Antonio Torres-Vázquez^a, Coralia Inés Valentina Manzanilla Pech^b, Aurelio Borrayo Zepeda^c, Ángel Ríos-Utrera^d, Vicente Eliezer Vega-Murillo^d, Guillermo Martínez-Velázquez^c, Juan José Baeza Rodríguez^b, Moisés Montaña-Bermúdez^a

RESUMEN

El objetivo fue estimar los componentes de (co)varianza, heredabilidades y correlaciones genéticas y fenotípicas para peso al año (YW), circunferencia escrotal (SC) y talla (FS) en toros jóvenes Simmental y Simbrah de México. Todas las características se ajustaron a 305 días acorde a los lineamientos descritos por la Federación para el Mejoramiento Genético de los Bovinos de Carne (BIF). El archivo final de datos incluyó 1,949 registros Simmental y 1,259 Simbrah. Para estimar los componentes de (co)varianza y parámetros genéticos se usó un modelo animal de tres características. Para cada característica, el modelo incluyó los efectos fijos de hato-año-estación; como covariables se incluyeron la edad de la madre, proporción de genes de raza Simmental, heterocigosis y los efectos por pérdida de recombinación; los efectos de animal y residual se incluyeron como aleatorios. Las varianzas genéticas aditivas fueron $376.3 \pm 130.9 \text{ kg}^2$, $2.89 \pm 0.69 \text{ cm}^2$ y $0.37 \pm 0.08 \text{ unidades}^2$; y las heredabilidades fueron 0.33 ± 0.11 , 0.35 ± 0.08 y 0.42 ± 0.08 , para YW, SC y FS, respectivamente. Las correlaciones genéticas fueron 0.36 ± 0.19 , 0.47 ± 0.17 y 0.59 ± 0.12 para YW-SC, YW-FS, y SC-FS, respectivamente. Las estimaciones de heredabilidad muestran que puede existir una respuesta favorable en la selección para las características estudiadas. Las correlaciones genéticas indican que no existen antagonismos genéticos, sugiriendo que habría una respuesta correlacionada positiva en la selección de cualquiera de ellas.

PALABRAS CLAVE: Ganado de carne, Talla, Circunferencia escrotal, Correlaciones genéticas, Heredabilidad.

ABSTRACT

The objective of the present study was to estimate (co)variance components, heritabilities and genetic and phenotypic correlations for yearling weight (YW), scrotal circumference (SC) and frame score (FS) of Simmental and Simbrah young bulls from Mexico. All traits were adjusted to 365 d according to the Beef Improvement Federation (BIF). Final data file included 1,949 Simmental and 1,259 Simbrah records. A three-trait animal model was used to estimate (co)variance components and genetic parameters. For each trait, the model included fixed effects of herd-year-season, and the age of dam, gene proportion of Simmental breed, heterozygosity and recombination losses effects as covariates; animal and residual were included as random effects. Additive variances were $376.3 \pm 130.9 \text{ kg}^2$, $2.89 \pm 0.69 \text{ cm}^2$ and $0.37 \pm 0.08 \text{ units}^2$; and heritabilities were 0.33 ± 0.11 , 0.35 ± 0.08 and 0.42 ± 0.08 , for YW, SC and FS, respectively. Genetic correlations were 0.36 ± 0.19 , 0.47 ± 0.17 and 0.59 ± 0.12 , for YW-SC, YW-FS and SC-FS, respectively. Heritability estimates show that a favorable response would exist to selection for the studied traits. Genetic correlations indicate that no genetic antagonisms exist, suggesting that would be a positive correlated response to selection of any trait. It would be necessary the use of selection indices in order to avoid greater FS as correlated response due to direct selection of YW and SC.

KEY WORDS: Beef cattle, Frame score, Scrotal circumference, Genetic correlations, Heritability.

Recibido el 13 de junio de 2011. Aceptado el 13 de febrero de 2012.

^a CENIDFMA-INIFAP (Intituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. km 1 carretera a Colón, Ajuchitlán, Querétaro, México, 76280. Tel. (52) 419 292 0036 Ext. 151; Fax: (52) 419 292 0033. montano.moises@inifap.gob.mx. Correspondencia al último autor.

^b C.E. Mocochá-INIFAP.

^c S.E. El Verdineño-INIFAP.

^d C.E. La Posta-INIFAP

INTRODUCCIÓN

La circunferencia escrotal (SC) y el peso al año (YW) son características seleccionadas para incrementar las tasas de fertilidad y crecimiento en México. La talla (FS) es la altura de la cadera expresada como una medición lineal, y ayuda a los productores de ganado a evaluar la relación potencial grasa:carne; también se puede usar para proyectar el tamaño a la madurez y caracteriza el potencial rendimiento y requerimientos nutricionales de los animales^(1,2). Se han realizado pocos estudios basados en puntuaciones de talla en ganado de carne⁽³⁾. Debido a que existe considerable variación entre los animales de una raza para talla, es importante estudiar la magnitud de las asociaciones de talla con características de crecimiento y fertilidad en programas de mejoramiento genético animal.

En México, solamente hay un estimador de heredabilidad reportado para talla en toros jóvenes Charolais⁽⁴⁾. Además, se han registrado pocas estimaciones de parámetros genéticos para características de crecimiento en diferentes poblaciones de ganado de carne^(5,6,7), y la mayoría de éstas se han obtenido mediante modelos animales de una sola característica. Son preferibles los modelos animales de múltiples características, ya que estiman de manera insesgada las (co)varianzas y parámetros genéticos en las poblaciones de ganado de carne⁽⁸⁾. El objetivo del presente estudio fue estimar componentes de (co)varianza, heredabilidades y correlaciones genéticas y fenotípicas para peso al año, circunferencia escrotal y talla en toros jóvenes Simmental y Simbrah de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos

Se utilizó la información de animales registrados en la Asociación Mexicana Simmental Simbrah, nacidos entre 2005 y 2008. Las características analizadas fueron peso al año, circunferencia escrotal y talla. Sólo se analizó información de animales machos; y las características de peso al año, circunferencia escrotal y talla se tomaron entre

INTRODUCTION

Scrotal circumference (SC) and yearling weight (YW) are traits selected to increase fertility and growth rate in Mexico. Frame score (FS) is hip height expressed as a linear measurement and helps cattle producers to evaluate lean-to-fat ratio potential; it can also be used to project mature size and characterize performance potential and nutritional requirements of animals^(1,2). Few studies on beef cattle frame have been performed based on scores⁽³⁾. Since considerable variation exists among animals of a breed for frame size, it is important to study the magnitude of the relationship for frame score with growth and fertility traits in animal breeding programs.

In Mexico, there is only one heritability estimate reported for frame score in Charolais young bulls⁽⁴⁾. Besides, few estimates of genetic parameters for growth traits of different beef cattle populations have been reported^(5,6,7), and most of them have been obtained with single-trait animal models. Multi-trait animal models are preferable to single-trait models for unbiased estimation of (co)variances and genetic parameters in beef cattle populations⁽⁸⁾. The objective of the present study was to estimate (co)variance components, heritabilities, and genetic and phenotypic correlations for yearling weight, scrotal circumference and frame score in Simmental and Simbrah young bulls from Mexico.

MATERIALS AND METHODS

Data

Information of animals recorded in the Mexican Simmental Simbrah Association and born between 2005 and 2008 was used. Analyzed traits were yearling weight, scrotal circumference and frame score. Only information of male animals was analyzed; and the traits of yearling weight, scrotal circumference and frame score were obtained between 320 and 410 d of age. The three traits analyzed were adjusted to 365-d, according to the

los 320 y 410 días de edad. Las tres características analizadas se ajustaron a 365 días, acorde a los lineamientos descritos por la Federación para el Mejoramiento Genético de los Bovinos de Carne⁽¹⁾.

El archivo final de datos incluyó 1,209 registros para peso al año y 1,949 registros para circunferencia escrotal y talla, de animales Simmental; y para animales Simbrah, la misma base de datos incluyó 810 registros para peso al año y 1,259 para circunferencia escrotal y talla. El archivo de pedigrí consistió de 3,208 toros jóvenes, 704 padres y 3,048 madres.

Análisis estadísticos

Los datos se analizaron usando la metodología del Algoritmo Información Promedio-Máxima Verosimilitud Restringida (AI-REML) implementado en el programa ASReML desarrollado por Gilmour *et al*⁽⁹⁾.

Para estimar los componentes de (co)varianza se usó un modelo animal de tres características. Los valores iniciales para este análisis se obtuvieron mediante modelos animal de una sola característica. El modelo animal de tres características incluyó los efectos fijos de hat-año-estación; y como covariables se incluyeron la edad de la madre, la proporción de genes Simmental, la heterocigosis y los efectos por pérdida de recombinación⁽¹⁰⁾. Como efectos aleatorios se consideró el efecto genético aditivo y el residuo. Para Simmental, los números de combinaciones para hat-año-estación para YW, SC y FS fueron de 304, 266 y 263, respectivamente; y 205, 188 y 185, respectivamente, en Simbrah.

En notación matricial, el modelo animal de tres características puede ser representado como:

$$Y = Xb + Za + e$$

Donde **Y** representa el vector de registros para peso al año, circunferencia escrotal y talla; **b** es el vector de efectos fijos; **a** es el vector de efectos aleatorios genéticos aditivos de los animales; **e** es un vector desconocido de efectos aleatorios de

Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs⁽¹⁾.

Final data file included 1,209 records for yearling weight and 1,949 records for scrotal circumference and frame score, from Simmental animals; and for Simbrah animals, the same data file included 810 records for yearling weight and 1,259 records for scrotal circumference and frame score. The pedigree file consisted of 3,208 young bulls, 704 sires and 3,048 dams.

Statistical analyses

Data were analyzed using Average Information-Restricted Maximum Likelihood methodology (AI-REML) with the ASReML software developed by Gilmour *et al*⁽⁹⁾.

To estimate (co)variance components a three-trait animal model was used. Starting values for this analysis were obtained with single-trait animal models. The three-trait animal model included the fixed effects of herd-year-season; and the age of dam, gene proportion of the Simmental breed, heterozygosity and recombination losses effects as covariates⁽¹⁰⁾. Direct additive genetic and residual effects were included as random effects. For Simmental, the total number of combinations of herd-year-season for YW, SC and FS were 304, 266 and 263, respectively; and 205, 188 and 185, respectively for Simbrah.

In matrix notation, the three-trait animal model can be represented as:

$$Y = Xb + Za + e$$

Where **Y** represent the vector of records for yearling weight, scrotal circumference and frame score; **b** is the vector of fixed effects; **a** is the vector of random additive genetic effects of the animals; **e** is an unknown vector of random temporary environmental effects; **X** is a known incidence matrix relating observations to fixed effects in vector **b**; and **Z** is a known incidence matrix relating observations to random additive genetic effects in vector **a**.

ambiente temporal; **X** es una matriz de incidencia conocida que relaciona las observaciones a los efectos fijos en el vector **b**; y **Z** es una matriz de incidencia conocida que relaciona las observaciones a los efectos aleatorios genéticos aditivos en el vector **a**.

Las matrices de (co)varianza de los vectores aleatorios son descritas en las siguientes ecuaciones:

$$E \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad V \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \otimes G_0 & 0 \\ 0 & I \otimes R_0 \end{bmatrix}$$

Donde **G₀** y **R₀** denotan matrices de 3x3 de componentes de (co)varianzas genética aditiva y residual, respectivamente; **A** es la matriz de los numeradores de la fórmula de parentesco de Wright entre todos los animales del pedigrí; **I** es una matriz identidad; y \otimes es el producto de Kronecker.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan las estadísticas descriptivas de peso al año, circunferencia escrotal y talla.

En el Cuadro 2 se presentan los componentes de varianza y las heredabilidades para las características estudiadas. Las heredabilidades

The (co)variance matrices for random effects are described in the following equations:

$$E \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad V \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \otimes G_0 & 0 \\ 0 & I \otimes R_0 \end{bmatrix}$$

Where **G₀** and **R₀** denote 3x3 matrices containing additive genetic, and residual (co)variance components, respectively; **A** is the matrix of numerators of the Wright's formula about relationships among all animals in the pedigree; **I** is an identity matrix, and \otimes is the Kronecker product.

RESULTS AND DISCUSSION

Descriptive statistics for yearling weight, scrotal circumference and frame score are presented in Table 1.

Variance components and heritabilities for the studied traits are presented in Table 2. Heritability estimates show that a substantial additive genetic variation exists for the studied traits. The largest estimate of heritability was for FS (0.42 ± 0.08), followed by estimates for SC (0.35 ± 0.08) and YW (0.33 ± 0.11). Heritabilities estimated with single-trait animal models for YW, SC and FS

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas para peso al año, circunferencia escrotal y talla de toros jóvenes Simmental y Simbrah

Table 1. Descriptive statistics for yearling weight, scrotal circumference and frame score of Simmental and Simbrah young bulls

Trait	n	Mean	Min	Max	SD	CV (%)
Yearling weight (kg)						
Simmental	1209	372	168	623	78.9	21.2
Simbrah	810	334	187	529	55.1	16.5
Scrotal circumference (cm)						
Simmental	1949	31.9	19	44	4.1	12.9
Simbrah	1259	28.4	18	44	4.7	16.4
Frame score (units)						
Simmental	1949	5.3	0.5	9.5	1.6	29.7
Simbrah	1259	5.3	0.5	9.3	1.5	29.4

n = number of observations; Min= minimum value; Max= maximum value; SD= standard deviation; CV= coefficient of variation.

Cuadro 2. Componentes de varianza y heredabilidades para peso al año, circunferencia escrotal y talla en toros jóvenes Simmental y Simbrah

Table 2. Variance components and heritabilities for yearling weight, scrotal circumference and frame score in Simmental and Simbrah young bulls

Trait	σ^2_a	σ^2_e	σ^2_p	h^2
Yearling weight (kg ²)	376.3±130.9	755.8±116.8	1,132±43.8	0.33±0.11
Scrotal circumference (cm ²)	2.89±0.69	5.41±0.61	8.31±0.24	0.35±0.08
Frame score (units ²)	0.37±0.08	0.51±0.07	0.89±0.03	0.42±0.08

σ^2_a = additive genetic variance; σ^2_e = residual variance; σ^2_p = phenotypic variance; h^2 = heritability.

estimadas indican que existe suficiente variación genética aditiva en las características estudiadas. La estimación de heredabilidad más grande fue para FS (0.42 ± 0.08), seguida por las estimaciones de SC (0.35 ± 0.08) y YW (0.33 ± 0.11). Las heredabilidades estimadas mediante modelos animales univariados para YW, SC y FS fueron de 0.26 ± 0.11, 0.34 ± 0.08 y 0.42 ± 0.08, respectivamente.

El estimador de heredabilidad para YW se encuentra dentro del intervalo de 0.15 a 0.42 de valores estimados usando la metodología de Máxima Verosimilitud Restringida (REML) en diferentes poblaciones de ganado de carne^(11,12). También el estimador de heredabilidad para SC estuvo dentro del intervalo (de 0.15 a 0.54) de valores publicados en diferentes poblaciones de ganado de carne con la metodología de REML y usando modelos animales^(13,14,15). Ríos-Utrera *et al*⁽⁴⁾ usando REML, estimaron la heredabilidad para SC como 0.21 en toros jóvenes Charolais de México.

La estimación de heredabilidad para FS (0.42 ± 0.08) fue similar a las estimadas por Mercadante *et al*⁽¹⁶⁾, obtenidas mediante análisis univariados y multivariados en ganado Nelore de Brasil, las cuales fueron de 0.48 ± 0.04 y 0.60, respectivamente. Ríos-Utrera *et al*⁽⁴⁾ estimaron una heredabilidad para FS de 0.42 usando un modelo animal de una sola característica en toros jóvenes Charolais de México. En ganado Nelore de Brasil, Horimoto *et al*⁽³⁾ estimaron una heredabilidad para esta característica de 0.23 ± 0.03, usando las fórmulas recomendadas por la BIF⁽¹⁾, mediante un modelo animal univariado y la metodología de REML.

were 0.26 ± 0.11, 0.34 ± 0.08 and 0.42 ± 0.08, respectively.

The estimate of heritability for YW is within the range (from 0.15 to 0.42) of estimated values using Restricted Maximum Likelihood methodology (REML) in different beef cattle populations^(11,12). Also the estimate of heritability for SC was within the range (from 0.15 to 0.54) of published values obtained with REML methodology and animal models for different beef cattle populations^(13,14,15). Ríos-Utrera *et al*⁽⁴⁾ using REML, estimated the heritability for SC as 0.21 in Charolais young bulls from Mexico.

The estimate of heritability for FS (0.42 ± 0.08) was similar to that estimated by Mercadante *et al*⁽¹⁶⁾, obtained through single- and multi-trait analysis in Nelore cattle from Brazil, which were 0.48 ± 0.04 and 0.60, respectively. Ríos-Utrera *et al*⁽⁴⁾ estimated the heritability for FS as 0.42 using a single-trait animal model in Charolais young bulls from Mexico. In Nelore cattle from Brazil, Horimoto *et al*⁽³⁾ estimated the heritability for this trait as 0.23 ± 0.03, using the formulas recommended by the BIF⁽¹⁾, by using a single-trait animal model and REML methodology. On the other hand, for hip height, a measure indicative of frame size, several authors have estimated heritabilities with a wide range (0.27 to 0.63) in different beef cattle populations^(17,18,19).

Estimates of genetic, environmental and phenotypic correlations obtained by using a three-

Por otro lado, para altura a la cadera, una medida indicativa de talla, diferentes autores han estimado heredabilidades con un rango amplio (0.27 a 0.63) en diferentes poblaciones de ganado de carne^(17,18,19).

En el Cuadro 3 se presentan las estimaciones de las correlaciones genéticas, ambientales y fenotípicas usando un modelo animal de tres características. Todas las estimaciones de correlaciones genéticas, ambientales y fenotípicas fueron moderadas y positivas (de 0.28 a 0.59). Las correlaciones genéticas (de 0.36 a 0.59) indican que la expresión de estas características está determinada en parte por el mismo grupo de genes. La correlación genética más grande fue para SC con FS (0.59 ± 0.12). Las estimaciones de las correlaciones genéticas de YW con SC y de YW con FS fueron moderadas, con los errores estándares más grandes (0.36 ± 0.19 y 0.47 ± 0.17 , respectivamente). Todas las estimaciones de las correlaciones ambientales fueron moderadas (0.28 a 0.45); y las estimaciones de las correlaciones fenotípicas tuvieron un intervalo de 0.40 a 0.42.

La correlación genética estimada de YW con SC (0.36 ± 0.19) es similar a la correlación genética estimada por otros investigadores⁽¹⁵⁾ (0.31 ± 0.03), utilizando REML en animales Nelore criados en Brasil; y a la obtenida por Frizzas *et al.*⁽²⁰⁾, de 0.21 ± 0.13 en ganado Nelore usando un modelo animal de dos características y REML.

La correlación genética estimada de YW con FS fue 0.47 ± 0.17 (Cuadro 3). La covarianza genética

trait animal model are presented in Table 3. All estimates of genetic, environmental and phenotypic correlations were moderate and positive (ranging from 0.28 to 0.59). Genetic correlations (with a range from 0.36 to 0.59) indicate that the expression of these traits was determined by the same group of genes. The estimate of genetic correlation between SC and FS was the largest (0.59 ± 0.12). The estimates of genetic correlations between YW and SC and between YW and FS were moderate, with greater standard errors (0.36 ± 0.19 and 0.47 ± 0.17 , respectively). All estimates of environmental correlations were moderate and ranged from 0.28 to 0.45; and estimates of phenotypic correlations ranged from 0.40 to 0.42.

The estimate of genetic correlation between YW and SC (0.36 ± 0.19) was similar to that estimated by Boligon *et al.*⁽¹⁵⁾ (0.31 ± 0.03), by using REML in Nelore animals raised in Brazil; and to the obtained by Frizzas *et al.*⁽²⁰⁾, as 0.21 ± 0.13 for Nelore cattle by using a two-trait animal model and REML.

The estimate of genetic correlation between YW and FS was 0.47 ± 0.17 (Table 3). The genetic covariance estimated for this pair of traits (5.6 kg-units), agrees with the results of Horimoto *et al.*⁽³⁾, who estimated a positive covariance of 2.06 kg-units between the direct additive genetic effects for frame score with yearling weight in Nelore cattle from Brazil. On the other hand, Mercadante *et al.*⁽²¹⁾ estimated a positive correlated response as 0.25 ± 0.03 cm of changing hip height in female Nelore

Cuadro 3. Correlaciones genéticas, ambientales y fenotípicas para peso al año, circunferencia escrotal y talla en toros jóvenes Simmental y Simbrah

Table 3. Genetic, environmental and phenotypic correlations for yearling weight, scrotal circumference and frame score in Simmental and Simbrah young bulls

Traits	Genetic correlations	Environmental correlations	Phenotypic correlations
Yearling weight - Scrotal circumference	0.36 ± 0.19	0.45 ± 0.08	0.42 ± 0.02
Yearling weight - Frame score	0.47 ± 0.17	0.37 ± 0.10	0.41 ± 0.02
Scrotal circumference - Frame score	0.59 ± 0.12	0.28 ± 0.08	0.40 ± 0.02

estimada para este mismo par de características (5.6 kg-unidades), concuerda con los resultados de Horimoto *et al*⁽³⁾, quienes estimaron una covarianza positiva de 2.06 kg-unidades para los efectos genéticos aditivos de talla con peso al año en ganado Nelore de Brasil. Por otro lado, Mercadante *et al*⁽²¹⁾ estimaron una respuesta correlacionada positiva de 0.25 ± 0.03 cm de cambio de altura a la cadera en hembras Nelore de Brasil seleccionadas para peso al año. Todos los resultados indican que cuando se selecciona para incrementar peso al año se incrementará la talla de los animales.

La correlación genética estimada de FS con SC fue positiva (0.59 ± 0.12). Varios autores han estimado correlaciones genéticas similares de altura a la cadera con circunferencia escrotal^(22,23,24). Sin embargo, Horimoto *et al*⁽³⁾ estimaron correlaciones genéticas negativas y cercanas a cero mediante coeficientes de Pearson y Spearman (-0.01 y -0.02, respectivamente) de FS con SC en ganado Nelore de Brasil con 18 meses de edad; indicando pocos cambios en la talla de los animales bajo selección de circunferencia escrotal. Además, Yokoo *et al*⁽¹⁸⁾ estimaron correlaciones genéticas de altura a la cadera y circunferencia escrotal ajustada a 365 días mediante dos modelos, en el primero ajustaron para peso y edad y la estimaron como -0.19 y en el segundo ajustando circunferencia escrotal sólo por edad la estimaron como 0.21.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Las heredabilidades muestran que puede existir una respuesta favorable a la selección para las características estudiadas. Las correlaciones genéticas muestran que no hay antagonismos genéticos entre las características estudiadas, indicando que si los animales se seleccionan para peso al año podrían ser seleccionados indirectamente para incrementar la talla. En el caso de que no se deseara obtener un incremento de la talla, sería necesaria la utilización de índices de selección que eviten el aumento de la talla como respuesta correlacionada al mejoramiento de peso al año y circunferencia escrotal.

cattle from Brazil selected for yearling weight. All results indicate that selecting for greater yearling weight it will increase the animals' frame.

The estimate of genetic correlation between FS and SC was positive (0.59 ± 0.12). Several authors estimated similar genetic correlations between hip height and scrotal circumference^(22,23,24). However, Horimoto *et al*⁽³⁾ estimated negative and close to zero genetic correlations by using coefficients of Pearson and Spearman (-0.01 and -0.02, respectively) between FS and SC at 18 mo of age in Nelore cattle from Brazil; indicating little change in frame size of animals selected for scrotal circumference. Furthermore, Yokoo *et al*⁽¹⁸⁾ estimated genetic correlations between hip height and scrotal circumference at 365-d with two models, in the first one adjusting for weight and age the estimate was -0.19, and in the second adjusting scrotal circumference for age only, the estimate was 0.21.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Estimates of heritability showed that a favorable and positive response would exist to selection for the studied traits. The genetic correlations showed that there are no genetic antagonisms between traits studied, indicating that if animals are selected for yearling weight they could be indirectly selected for increasing the body structure. In case that was not desirable to increase the animal's frame, it would be necessary to built selection indices that avoid increase the frame score like response correlated to the improvement of yearling weight and scrotal circumference.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks the Mexican Simmental Simbrah Association for providing the information used in this work.

End of english version

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Asociación Mexicana Simmental Simbrah por proporcionar la información usada en este estudio.

LITERATURA CITADA

1. Beef Improvement Federation (BIF). Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs, 2002 [on line]. <http://www.beefimprovement.org>. Accessed February 7, 2011.
2. Dhuyvetter J. Beef cattle frame scores. North Dakota State University, 1995. [on line] <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/beef/as1091w.htm>. Accessed February 7, 2011.
3. Horimoto ARVR, Ferraz JBS, Balieiro JCC, Eler JP. Phenotypic and genetic correlations for body structure scores (frame) with productive traits and index for CEIP classification in Nelore beef cattle. *Genet Mol Res* 2007;6(1):188-196.
4. Ríos-Utrera A, Vega-Murillo VE, Martínez-Velázquez G, Montaña-Bermúdez M. Estimadores de componentes de varianza y parámetros genéticos para circunferencia escrotal y talla de bovinos Charolais mexicanos de registro. Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz, Veracruz, México. 2009:461-468.
5. Rosales-Alday J, Elzo MA, Montaña-Bermúdez M, Vega-Murillo VE. Parámetros y tendencias genéticas para características de crecimiento predestete en la población mexicana de Simmental. *Téc Pecu Méx* 2004;42:171-180.
6. Ríos-Utrera A, Martínez-Velázquez G, Tsuruta S, Bertrand JK, Vega-Murillo VE, Montaña-Bermúdez M. Estimadores de parámetros genéticos para características de crecimiento de ganado Charolais mexicano. *Téc Pecu Méx* 2007;45:121-130.
7. Domínguez-Viveros J, Rodríguez-Almeida FA, Ortega-Gutiérrez JA, Flores-Mariñelarena A. Selección de modelos, parámetros genéticos y tendencias genéticas en las evaluaciones genéticas nacionales de bovinos Brangus y Salers. *Agrociencia* 2009;43:107-117.
8. Thompson R. Estimation of quantitative genetic parameters. *Proc Biol Sci* 2008;275:679-686.
9. Gilmour AR, Cullis BR, Welham SJ, Thompson R. *ASReml User Guide (Release 2.0)*. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, UK. 2006.
10. Dickerson GE. Inbreeding and heterosis in animals. In: *Proceedings of Animal Breeding and Genetics Symposium in honor of Dr. J. L. Lush*. Champaign, IL, Amer Soc Anim Sci 1973;54-77.
11. Bishop SC. Phenotypic and genetic variation in body weight, food intake and energy utilisation in Hereford cattle. I. Performance test results. *Livest Prod Sci* 1992;30:1-18.
12. Meyer K. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livest Prod Sci* 1992;31:179-204.
13. Meyer K, Hammond K, Parnell PF, MacKinnon MJ, Sivarajasingam S. Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in Australian beef cattle. *Livest Prod Sci* 1990;25:15-30.
14. Gressler SL, Gressler MGM, Bergmann JAG. Evaluation of genetic associations between scrotal circumference and age at first calving when mating as yearling or two-year old Nelore female. *Proc 8th World Cong Genet Appl Livest Prod*. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil 2006;42-45.
15. Boligon AA, Silva JAV, Sesana RC, Junqueira JB, Albuquerque LG. Estimation of genetic parameters for body weights, scrotal circumference, and testicular volume measured at different ages in Nelore cattle. *J Anim Sci* 2010;88:1215-1219.
16. Mercadante ME, Razook AG, Cyrillo JN, Figueiredo LA. Caracterização do tamanho de animais Nelore com base na tabela da Federação Americana de Melhoramento de Gado de Corte (BIF). *Proc Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, Pirassununga, Brasil 2004* [on line]. <http://sbmaonline.org.br/anais/v/trabalhos/pdfs/bc007.pdf>. Accessed February 7, 2011.
17. Kriese LA, Bertrand JK, Benyshek LL. Genetic and environmental growth trait parameter estimates for Brahman and Brahman-derivative cattle. *J Anim Sci* 1991;69(6):2362-2370.
18. Yokoo MJ, Albuquerque LG, Lobo RB, Sainz RD, Carneiro Junior JM, Bezerra LAF, *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos para altura do posterior, peso e circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore. *Braz J Anim Sci* 2007;36(6):1761-1768.
19. Yokoo MJ, Lobo RB, Araujo FRC, Bezerra LAF, Sainz RD, Albuquerque LG. Genetic associations between carcass traits measured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. *J Anim Sci* 2010;88(1):52-58.
20. Frizzas OG, Grossi DA, Buzanskas ME, Paz CCP, Bezerra LAF, Lôbo RB, *et al.* Heritability estimates and genetic correlations for body weight and scrotal circumference adjusted to 12 and 18 months of age for male Nelore cattle. *Animal* 2009;3(3):347-351.
21. Mercadante MEZ, Packer IU, Razook AG, Cyrillo JNSG, Figueiredo LA. Direct and correlated responses to selection for yearling weight on reproductive performance on Nelore cows. *J Anim Sci* 2003;81(2):376-484.
22. Bergmann JAG, Zamborlini LC, Procópio CSO, Andrade VJ, Vale Filho VR. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça Nelore / Genetic parameters for testes size and growth in Nelore bulls. *Arq Bras Med Vet Zootec* 1996;48(1):69-78.
23. Cyrillo JN, Razook SG, Figueiredo LA, Bonilha Neto LM, Mercadante MEZ, Tonhati H. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, SP. *Rev Bras Zootec* 2001;30(1):56-65.
24. Vargas CA, Elzo MA, Chase CC, Chenoweth PJ, Olson TA. Estimation of genetic parameters for scrotal circumference, age at puberty in heifers, and hip height in Brahman cattle. *J Anim Sci* 1998;76(10):2536-2541