Parámetros genéticos de variables de crecimiento de ganado Brahman de registro en México

Genetic parameters for growth traits in registered Brahman cattle from Mexico

Gaspar Manuel Parra-Bracamonte* Juan Carlos Martínez-González* Eugenia Guadalupe Cienfuegos-Rivas*
Francisco Javier García-Esquivel* Eligio Ortega-Rivas**

Abstract

In order to estimate and report genetic parameters, an univariate animal model was adjusted for growth traits on standard ages of registered Mexican Brahman cattle. The traits evaluated were: birth weight (BWT), weaning adjusted to 205 days (WT205), yearling (WT365) and 550 days of age (WT550). The adjusted univariate animal model included the random effect of sire, dam and residual; fixed effect of contemporary group (herd, sex, year and birth season), and lineal and quadratic covariable of age of dam. The genetic parameters were estimated using MTDFREML set of programs. A previous likelihood ratio test was conducted to select the best model for genetic parameter estimation. Therefore, the reported genetic parameters were direct and maternal heritabilities (h^2_d and h^2_m, respectively), genetic correlation between them (r_{dm}), and proportion of environmental residual effects (e^2). Phenotypic means for BWT, WT205, WT365 and WT550, were 32.2 ± 1.8, 180.7 ± 32.6, 261.6 ± 57.4, and 352.2 ± 81.3 kg, respectively. The genetic parameter estimates of h^2_d and, h^2_m, were: for BWT of 0.32 and 0.16, respectively; for WT205 of 0.22 and 0.08; for WT365 of 0.25 and 0.20; and for WT550 of 0.23 y 0.13, respectively. The r_{dm} for BWT, WT365 and WT550 were, −0.86, −0.83 and −0.52, respectively. The proportion of environmental effects in relation to phenotypic variance e^2 fluctuated from 0.70 to 0.74. The results showed moderate direct effects for all the traits, potentially useful for genetic progress. The maternal effects were, apparently, more important for the traits that included in their model the genetic covariance, for which it should be taken with caution due to a probable effect of the data structure evaluated.

Key words: BRAHMAN, GENETIC PARAMETERS, MTDFREML.

Resumen

Se ajustó un modelo animal univariado para características de crecimiento de ganado Brahman de registro en México, con el propósito de estimar y notificar los parámetros genéticos para variables de crecimiento a edades estándar. Las variables analizadas fueron: peso al nacimiento (PN), al destete ajustado a 205 días (P205), al año (P365) y a los 550 días de edad (P550). El modelo animal univariado ajustado incluyó efectos aleatorios (semental, madre y residual), efectos fijos de grupo contemporáneo (hato-sexo-año y época de nacimiento) y la covariable lineal y cuadrática de edad de la madre. Los parámetros genéticos se estimaron con el programa MTDFREML. Antes del estudio se realizó una prueba de razón de verosimilitudes para determinar el mejor modelo para el informe de los parámetros genéticos estimados. Por lo tanto, los parámetros descritos fueron: índice de herencia directa (h^2_d) y materna (h^2_m), correlación genética entre ambas (r_{dm}), y proporción de los efectos ambientales residuales (e^2). Las medias fenotípicas para PN, P205, P365 y P550, fueron: 32.2 ± 1.8, 180.7 ± 32.6, 261.6 ± 57.4 y 352.2 ± 81.3 kg, respectivamente. Las estimaciones de parámetros genéticos para h^2_d y h^2_m, fueron para PN, 0.32 y 0.16, respectivamente; para P205, 0.22 y 0.08; para P365, 0.25 y 0.20, y para P550, 0.23 y 0.13, respectivamente. Las r_{dm}, para PN, P365 y P550 fueron, −0.86, −0.83 y −0.52, respectivamente. La proporción de efectos ambientales respecto de la varianza fenotípica (e^2) fue de entre 0.70 y 0.74. Los resultados indican un efecto directo moderado para todas las características, potencialmente útil para el progreso genético. El efecto materno fue más importante, aparentemente, para los caracteres que incluyeron en su modelo la covarianza genética, por ello debe tomarse con precaución un probable efecto de la estructura de los datos evaluados.

Palabras clave: BRAHMAN, PARÁMETROS GENÉTICOS, MTDFREML.

Recibido el 18 de mayo de 2006 y aceptado el 15 de noviembre de 2006.
*División de Estudios de Posgrado e Investigación, Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, 8 y 9 Matamoros s/n, 87000, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.
**Asociación Mexicana de Criadores de Cebú, Naranjo 1006, Col. Águila, 89230, Tampico, Tamaulipas, México.
Correspondencia a: Juan Carlos Martínez González, Centro Universitario, 8 y 9 Matamoros s/n, 87000, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, correo electrónico: jmartinez@uat.edu.mx

Introduction

The Brahman breed is the most numerous among the Zebu breeds in Mexico; it is from North American origin and is mainly a product of a cross between Guzerat and Nelore breeds, with certain proportions of other Zebu breeds and a small influence of European breed cows,[1] of British origin used during the improvement process such as: Hereford, Shorthorn and Aberdeen Angus breeds, as well as some dairy breeds like Ayrshire, Jersey, Holstein and Brown Swiss.[2]

The contribution of the Brahman breed in the productive systems of Mexico manifests itself in a very significant way on the tropical regions, where its inherent adaptation capacity is evident, since in these regions the extreme climatic conditions affect the production due to high temperatures and relative humidity, besides bad quality forages.[3]

In the Mexican tropic, Brahman breed stands out for its pureness as well as in crossbreeds with European breeds in meat production systems and dual-purpose, since it requires the utilization of animals with high capacity of adaptation, which have demonstrated efficiency and profitability in unfavorable conditions, such as the ones of the tropic.[4,5]

For this reason, the best reproductive animal models selected by their performance and genetic evaluations are required; for which the Mexican Association of Zebu Breeders (AMCC) utilized a program of genetic improvement that started on the 90´s with the organization of a Ponder Development Control Program (PDCP), which registers growth traits (birth weight, weaning, year and 550 days).

The disposition of information on genetic traits in Zebu cattle, particularly on Brahman breed, is limited, most of all for growth variables that are useful for the improvement of meat net production of productive systems.[6]

Studies done on Zebu breed[7-13] have reported the existence of an important proportion of the direct genetic effect (h^2_d) which goes from moderate to high (0.13 to 0.42), for growth traits, this indicates good genetic progress potential. Likewise, it has been shown that before weaning there is a significant motherhood genetic effect which is necessary to quantified, for it affects the phenotypic expression on the offspring. Besides, it has been shown that the omission of some genetic effect present in the variety of studied traits brings within the overestimation of genetic complements.[14]

The genes that directly affect growth, as well as the environment provided by the dam before and after birth (maternal effect) and other environmental effects inherent to the production systems, influence

Introducción

La raza Brahman es la más numerosa entre las razas Cebú de México; es de origen estadounidense, y es principalmente producto de una mezcla entre las razas Guzerat y Nelore, con cierta proporción de otras razas Cebú y pequeña influencia de vacas de razas europeas,[1] de origen británico, utilizadas durante el proceso de mejoramiento, como las razas Hereford, Shorthorn y Abeerden Angus, así como de algunas razas lecheras como Ayrshire, Jersey, Holstein y Pardo Suiza.[2]

La contribución de la raza Brahman en los sistemas productivos en México se manifiesta de manera muy significativa en las regiones tropicales, donde se encuentra evidencia de su capacidad inherente de adaptación, debido a que en estas regiones las condiciones climáticas extremas afectan la producción por las altas temperaturas y la humedad relativa, además de la mala calidad de los forrajes.[3]

En el trópico mexicano, la raza Brahman destaca tanto de manera pura como en cruzas con razas europeas en los sistemas de producción de carne y de doble propósito, ya que se requiere de la utilización de animales con gran capacidad de adaptación, que han demostrado eficiencia y rentabilidad en condiciones poco favorables, como las del trópico.[4,5]

Por esta razón, se requiere de mejores ejemplares reproductores seleccionados con base en su desempeño y evaluaciones genéticas; por lo cual la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú (AMCC) instrumentó un programa de mejoramiento genético que empezó a principios de la década de1990 con la organización de un Programa de Control de Desarrollo Ponderal (PCDP), que registra características de crecimiento (pesos al nacimiento, destete, año y 550 días).

La disponibilidad de información sobre características genéticas en ganado cebú, particularmente en la raza Brahman, es limitada, sobre todo para variables de crecimiento que son útiles para incrementar la producción neta de carne de sistemas productivos.[6]

En estudios con razas cebú[7-13] se ha informado que existe una importante proporción del efecto genético directo (h^2_d) que va de moderado a alto (0.13 a 0.42), para características de crecimiento, ello indica buen potencial de progreso genético. Asimismo, se ha indicado que durante el predestete se observa significativo efecto genético materno que es necesario cuantificar, pues afecta la expresión fenotípica en las crías. Además, se ha señalado que la omisión de algún efecto genético presente en la variación de las características estudiadas trae consigo la sobrestimación de los componentes genéticos.[14]

Tanto los genes que afectan directamente el cre-

on the production traits.[7] Likewise, in beef cattle these genetic components are of great importance for the selection; therefore, the relative value of the direct and maternal additive genetic effects should be considered during the formulation of breeding plans.[15] In this sense, the estimation of genetic parameters is essential in the genetic investigation of cattle populations, as well as in the design and application of practical breeding plans.[16]

Therefore, the aim of the present study was to assess estimated genetic parameters for growth variables in registered Brahma cattle in Mexico.

Material and methods

Source of information

The study was done with the information of the weight from calves of Brahman breed born between 1989 and 2003, that are found in PDCP of the AMCC.[17]

The management of animals, in general, previously described,[17,18] included weight and identification of calves at the moment of birth (first five days of life) and the identification with tattoo on the ear or a plastic ring. The calves remained with the dams until approximately eight months of age, some breeders have implemented the practice of complement feeding of the calves with concentrates during the pre-weaning stage in tramp stables. In this first period, animals received treatment against internal and external parasites, as well as first application of vaccines against endemic diseases, such as: blackleg, malignant edema, pasteurellosis, rabies; and in females, brucellosis. At the time of weaning, the animals were identified with a hot iron with the number of identity and the last digit of the year they were born, as well as the "iron" of property; this handling is also used to repeat treatment against the aforementioned diseases and registered weight at weaning. The animal's development is done in separate lots by sex; depending on the breeder, the animals are kept in grassing conditions, semi-stabled or stabled. For grassing, the breeders counted on a great variety of forages that change with time. The grasslands of Jaragua (*Hyparrhenia rufa*) Pangola (*Digitaria decumbens*) and Guinea (*Panicum maximum*) were more common during the 1970 and 1980 decades, later species like Star of Africa (*Cynodon nlemfuensis*), Bermuda (*Cynodon dactylon*), and cutting forages like Elephant (*Pennisetum purpureum*) and sugar cane (*Saccharum officinarum*) were introduced; recently, the new species are improved varieties of Sweet Signalgrass (*Brachiaria* spp) and Guinea (*Panicum maximum*).

cimiento, como el ambiente provisto por la madre antes y después del nacimiento (efecto materno) y otros efectos ambientales inherentes a los sistemas de producción, influyen en las características de producción.[7] Por ello, en ganado de carne estos componentes genéticos son tan importantes para la selección, por lo que el valor relativo de los efectos genéticos aditivos directos y maternos deben ser considerados durante la formulación de los planes de cría.[15] En este sentido, la estimación de parámetros genéticos es esencial en la investigación genética de las poblaciones ganaderas, así como en el diseño y aplicación de programas prácticos de crianza.[16]

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue notificar parámetros genéticos estimados para variables de crecimiento de ganado Brahman de registro en México.

Material y métodos

Fuente de información

El estudio se realizó con la información de los pesajes provenientes de becerros de la raza Brahman nacidos entre 1989 y 2003, que se encuentran en el PCDP de la AMCC.[17]

El manejo, de los animales, en general, descrito previamente,[17,18] incluyó el pesaje e identificación de los becerros al momento del nacimiento (primeros cinco días de vida) y la identificación con tatuaje en la oreja o mediante un arete de plástico. Los becerros permanecieron con sus madres hasta una edad aproximada de ocho meses, en algunas explotaciones se ha implementado la práctica de complementar la alimentación de los becerros con concentrados durante la fase de predestete en corrales trampa. En este primer periodo, los animales recibieron tratamientos contra parásitos internos y externos, así como la primera aplicación de vacunas contra enfermedades endémicas, como carbón sintomático, edema maligno, pasteurelosis, rabia; y en hembras, brucelosis. Al momento del destete, los animales fueron identificados con hierro candente con el número de identidad y el último dígito del año en que nacieron, así como el "fierro" de propiedad; este manejo se aprovecha para volver a dar los tratamientos contra dichas enfermedades y registrar el peso de destete. El desarrollo de los animales se realiza en lotes separados por sexo; dependiendo de la explotación (criador), los animales se mantienen en condiciones de pastoreo, semiestabulación o estabulación. Para el pastoreo, las explotaciones contaban con gran variedad de pastos, que cambian con el tiempo. Las praderas de Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), Pangola (*Digitaria decumbens*) y Guinea (*Panicum maximun*) fueron más comunes durante las décadas de

Data edition

The growth variables considered in this study were: birth weight (BWT), weight at weaning (WT205), yearling weight (WT365) and weight at 550 days (WT550).

The original data base was edited assigning to the animal registry random numbers, to provide a sequential registry of sires and their progeny. Incomplete animal registries were eliminated, as well as the unknown sires and dams. For the productive registries, extreme data were eliminated from the mean ± two standard deviations. The variables P205, P365 and P550 were adjusted according to the recommended formulas by the Beef Improvement Federation of the United States.[19]

The model for each variable included the contemporary group (herd, sex, year and birth season). The birth seasons were defined as: dry = January-June; and rain = July-December. The age of the dam was included as lineal and quadratic covariable. Before the genetic analysis, the genetic relationship between sires and contemporary groups were evaluated utilizing the MILC program,[20] from which the basis of related animals for each variable was derived. The number of animals for the analysis of each variable is shown in Table 1.

Statistic analysis

The animal model utilizes all the information of parental relationships available in the database, the additive component is estimated through one single animal registry; nevertheless, the maternal component depends on: the number of progeny per dam, the number of dams with productive registries and the number of generations in the registered data;[21] therefore, to be able to define which was the best model of adjustment for the report of the genetic parameters, a likelihood ratio test (LRT)[22] was performed between the models that included the covariance between direct and maternal effects ($\sigma_{dm} = 0$ y $\sigma_{dm} \neq 0$); as well as to precise the importance of the inclusion of permanent maternal environmental effect. Therefore, the animal model for each variable, that could be adjusted was:

$$y = X\beta + Zd + Wm + Mp + e$$

where:

y = vector of observations for BWT, WT205, WT365 or WT550;

X, Z, W and M = known matrices of incidence which relate the observations to their respective vectors of random and fixed effects;

β= vector of fixed effects (contemporary group and

1970 y 1980, después se introdujeron especies como Estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*), Bermuda (*Cynodon dactylon*) y forrajes de corte como el Elefante (*Pennisetum purpureum*) y Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*); recientemente, las nuevas especies son variedades mejoradas de pasto Braquiaria (*Brachiaria* spp) y Guinea (*Panicum maximun*).

Edición de los datos

Las variables de crecimiento consideradas en este estudio fueron: peso al nacimiento (PN), peso al destete (P205), peso al año (P365) y peso a los 550 días (P550).

La base de datos original fue editada asignando a los registros de los animales números aleatorios, para proveer un registro secuencial de padres e hijos. Se eliminaron registros incompletos de animales, así como los de padre o madre desconocidos. Para los registros productivos se eliminaron datos extremos de la media ± dos desviaciones estándar. Las variables P205, P365 y P550 se ajustaron de acuerdo con las fórmulas recomendadas por la Federación de Mejoramiento de Ganado de Carne de Estados Unidos.[19]

El modelo para cada variable incluyó al grupo contemporáneo (hato, sexo del animal, año y época de nacimiento). Las épocas de nacimiento se definieron como: secas = enero-junio; y lluvias = julio-diciembre. La edad de la vaca fue incluida como covariable lineal y cuadrática. Antes del análisis genético se evaluó la conexión genética de sementales entre grupos contemporáneos utilizando el programa MILC,[20] del cual derivaron las bases de animales conectados para cada variable. El número de animales para el análisis de cada variable se presentan en el Cuadro 1.

Análisis estadísticos

El modelo animal utiliza toda la información de relaciones de parentesco disponibles en la base de datos, el componente aditivo se estima a través de un solo registro del animal; sin embargo, el componente materno depende del número de progenie por vaca, del número de vacas con registros productivos y del número de generaciones en los datos registrados,[21] por lo que para definir cuál era el mejor modelo de ajuste para el informe de los parámetros genéticos, se realizó una prueba de razón de verosimilitudes (PRV)[22] entre los modelos que incluyeron la covarianza entre efectos directos y maternos ($\sigma_{dm} = 0$ y $\sigma_{dm} \neq 0$), así como para precisar la importancia de la inclusión del efecto materno de ambiente permanente. Por lo tanto, el modelo animal para cada variable, que pudo ajustarse fue:

Cuadro 1

ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS DATOS ANALIZADOS

STRUCTURE AND CHARACTERISTICS OF THE ANALYZED DATA

	Variables			
	BWT	*WT205*	*WT365*	*WT550*
Animals in A^{-1}	38 559	31 553	29 458	26 881
Sires	1 322	1 137	1 101	1 067
Offspring per sire	17.8	16.6	15.7	14.6
Dams	14 384	12 307	11 437	10 543
Offspring per dam	1.6	1.6	1.5	1.5
Mean (kg)	32.2	180.7	261.6	352.2
Typical deviation (kg)	1.8	32.6	57.4	81.3
Coefficient of variation (%)	5.7	18.0	21.9	23.1

A^{-1} = Matrix of parental relationship.
BWT, WT205, WT365 y WT550 = Birth weights, weaning, yearling and 550 days, respectively.

the lineal and quadratic covariable of the dam's age);
d = vector of additive direct genetic effects;
m = vector of additive maternal genetic effects;
p = vector of maternal permanent environmental effects;
e = vector of random residual effects.
The supposed for the adjusted models were:

$$E[y] = Xb, \quad E[d] = 0, \quad E[m] = 0, \quad E[p] = 0, \quad E[e] = 0, y$$

$$Var\begin{bmatrix} d \\ m \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma^2_d & A\sigma_{dm} & 0 & 0 \\ A\sigma_{dm} & A\sigma^2_m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_V\sigma^2_p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_N\sigma^2_e \end{bmatrix}$$

where: A = matrix of the numerator of parental relationships,
N = number of observations,
V = number of dams,
I = to the matrices identity of the appropriate order.

The components of variance and covariance were estimated by the method of maximum restricted verisimilitude free of derivatives, utilizing the MTDFREML program.[23]

The LRT was performed using the likelihood functions estimated in the program (MTDFREML), comparing them to a chi-square value between models that differed from one random component ($\sigma_{dm} = 0$, $\sigma_{dm} \neq 0$ y σ^2_p), with a freedom degree and 5% in probability.

$$y = X\beta + Zd + Wm + Mp + e$$

donde:
y = vector de observaciones para PN, P205, P365 o P550;
X, Z, W y M = matrices conocidas de incidencia que relacionan las observaciones con sus respectivos vectores de efectos fijos y aleatorios;
β= vector de efectos fijos (grupo contemporáneo y la covariable lineal y cuadrática de edad de la vaca);
d = vector de efectos genéticos aditivos directos;
m= vector de efectos genéticos aditivos maternos;
p = vector de efectos maternos de ambiente permanente;
e = vector de efectos aleatorios residuales.

Los supuestos para los modelos ajustados fueron:

$$E[y] = Xb, \quad E[d] = 0, \quad E[m] = 0, \quad E[p] = 0, \quad E[e] = 0, y$$

$$Var\begin{bmatrix} d \\ m \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma^2_d & A\sigma_{dm} & 0 & 0 \\ A\sigma_{dm} & A\sigma^2_m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_V\sigma^2_p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_N\sigma^2_e \end{bmatrix}$$

donde: A = matriz del numerador de relaciones de parentesco,
N = número de observaciones,
V = número de vacas,
I = a las matrices identidad del orden apropiado.

Los componentes de varianza y covarianza se esti-

Reported selected models and genetic parameters

For all variables, the best model was the one that excluded σ^2_p and included σ_{dm}, except for WT205, for which the inclusion of σ_{dm} was not necessary (not presented data). Therefore, the reported genetic parameters in the study were: index of direct heritability (h^2_d), index of maternal heritability (h^2_m), correlation between direct and maternal genetic effects (r_{dm}), and proportion of environmental residual effects (e^2). Also, the index of total heritability was estimated (h^2_T), as Willham.[24]

$$h^2_T = (\sigma^2_d + 1.5\sigma_{dm} + 0.5\sigma^2_m)/\sigma^2_f$$

Where: σ^2_d= variance of direct genetic effects.
σ^2_m= variance of maternal genetic effects,
σ_{dm}= covariance between direct and maternal genetic effects;
σ^2_f= Phenotypic variance (Table 2).

Results

The phenotypic means and typical deviations for the growth variables are shown in Table 1. Likewise, some characteristics of the analyzed database for each variable evaluated in the study are observed.

The components of covariance and the estimated genetic parameters for each growth trait are shown in Tables 2 and 3, respectively. In general, the estimaron mediante el método de máxima verosimilitud restringida libre de derivadas, utilizando el programa MTDFREML.[23]

La PRV se realizó utilizando las funciones de verosimilitud estimadas en el programa (MTDFREML), comparándolas con un valor de Ji cuadrada entre modelos que diferían de un componente aleatorio ($\sigma_{dm} = 0$, $\sigma_{dm} \neq 0$ y σ^2_p), con un grado de libertad y probabilidad de 5%.

Modelos seleccionados y parámetros genéticos notificados

Para todas las variables, el mejor modelo fue el que excluyó σ^2_p e incluyó σ_{dm}, excepto para P205, para el cual la inclusión de σ_{dm} no fue necesaria (datos no presentados). Por lo tanto, los parámetros genéticos notificados en el este estudio fueron, el índice de herencia directo (h^2_d), índice de herencia materno (h^2_m), correlación entre efectos genéticos directos y maternos (r_{dm}), y proporción de efectos ambientales residuales (e^2). Además, fue estimado el índice de herencia total (h^2_T), según Willham.[24]

$$h^2_T = (\sigma^2_d + 1.5\sigma_{dm} + 0.5\sigma^2_m)/\sigma^2_f$$

Donde: σ^2_d = varianza de efectos genéticos directos,
σ^2_m = varianza de efectos genéticos maternos,
σ_{dm} = covarianza entre efectos genéticos directos y maternos;
σ^2_f= Varianza fenotípica (Cuadro 2).

Cuadro 2

COMPONENTES DE COVARIANZA (KG^2) DE CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO DE GANADO BRAHMAN DE REGISTRO DE MÉXICO

COVARIANCE COMPONENTS OF GROWTH TRAITS (KG^2) OF REGISTERED BRAHMAN CATTLE FROM MEXICO

Model	σ^2_d	σ^2_m	σ_{dm}	σ^2_e	σ^2_f
BWT	0.67	0.35	-0.42	1.53	2.14
WT205	129.74	44.82	0.00	404.83	579.38
WT365	339.02	269.36	-250.02	1022.14	1380.55
WT550	522.66	288.60	-202.12	1656.39	2265.53

BWT, WT205, WT365 y WT550 = Birth weights, weaning, yearling and 550 days, respectively.

σ^2_d: Variance of the direct additive genetic effect.

σ^2_m: Variance of the maternal additive genetic effect.

σ_{dm}: Genetic covariance between direct and maternal additive genetic effects.

σ^2_e: Variance of environmental residual.

σ^2_f: Phenotypic variance.

mators of h^2_d were moderate in all studied variables, being the highest for BWT. For the estimators of h^2_m, an important maternal effect was seen in all variables, higher for BWT and WT365; nevertheless, r_{dm} for variables that included σ_{dm}, were high and negative (≥ 0.52), for which the estimator of h^2_T was influenced by the extension of the r_{dm} as a consequence of the magnitude reduction; except for WT205, whose adjusted model included $\sigma_{dm}=0$, and for which a h^2_T of 0.26 was obtained.

The proportion of e^2 was higher for all the variables having an amplitude between 70% and 74%, of the phenotypic variance.

Discussion

For the BWT, the mean was of 32.2 ± 1.8 kg, similar value to the reported weights for registered Brahman sires in Venezuela and South Africa.[13,25]

In relation to WT205, WT365 and WT550, a little higher values than the ones obtained in the present study (212.0 *vs* 180.7 kg; 274.0 *vs* 261.6 kg and 361.0 *vs* 352.2 kg, respectively) have been reported; nevertheless, for the last variable the weighing period of the South African sires had an amplitude of 501 to 900 days of age. The registered weights in a study in Venezuela[25] are very similar to the ones found in the present study, that supposes that the growth traits for the Brahman breed have affinity between these countries, which count with an important number of registered models.

Resultados

Las medias fenotípicas y desviaciones típicas para las variables de crecimiento se presentan en el Cuadro 1. Asimismo, se observan algunas características de las bases de datos analizados para cada variable evaluada en este estudio.

Los componentes de covarianza y los parámetros genéticos estimados para cada característica de crecimiento se presentan en los Cuadros 2 y 3, respectivamente. De manera general, los estimadores de h^2_d fueron moderados en todas las variables estudiadas, siendo el mayor para el PN. En cuanto a los estimadores de h^2_m, se observó un importante efecto materno en todas las variables, mayor para el PN y el P365; sin embargo, las r_{dm} para las variables que incluyeron σ_{dm}, fueron altas y negativas (≥ 0.52), por lo que el estimador de h^2_T fue influido por la extensión de la r_{dm} como consecuencia de la reducción en su magnitud; excepto para P205, cuyo modelo de ajuste incluyó σ_{dm} = 0, y para el cual se obtuvo un h^2_T de 0.26.

La proporción de e^2 fue alta para todas las variables teniendo amplitud entre 70% y 74%, de la varianza fenotípica.

Discusión

Para el PN, la media fue de 32.2 ± 1.8 kg, valor similar a los pesos notificados para sementales Brahman de registro de Venezuela y Sudáfrica.[13,25]

En cuanto al P205, P365 y P550, se han informado valores poco más altos[13] que los obtenidos en el pre-

Cuadro 3
PARÁMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO DE GANADO BRAHMAN DE REGISTRO DE MÉXICO

GENETIC PARAMETERS OF GROWTH TRAITS OF REGISTERED BRAHMAN CATTLE FROM MEXICO

Variable	h^2_d	h^2_m	r_{dm}	h^2_T	e^2
BWT	0.32	0.16	-0.86	0.10	0.72
WT205	0.22	0.08	0.00	0.26	0.70
WT365	0.25	0.20	-0.83	0.07	0.74
WT550	0.23	0.13	-0.52	0.16	0.73

BWT, WT205, WT365 y WT550 = Birth weights, weaning, yearling and 550 days, respectively.

h^2_d: Index of direct heritability

h^2_m: Index of maternal heritability

r_{dm}: Genetic correlation between direct and maternal additive genetic effects

h^2_T: Index of total heritage ($h^2_T = \sigma^2_d + 1.5\sigma_{dm} + 0.5\sigma^2_m/\sigma^2_f$)

e^2: Proportion of phenotypic variance due to environmental residual effects.

Genetic parameters

In relation to the estimated genetic parameters, for BWT, the h^2_d was of 0.32, which can be considered as moderate, and similar to the value of 0.31 pondered on literature reports on beef cattle;[16] likewise, it is similar to the value found in South Africa during a genetic evaluation of registered reproductive Brahman with 0.28.[13] In the same way, similar values for Brahman cattle in Venezuela from registered herds (0.33) were reported.[9,10] Other studies done on registered Brahman sires of the United States, Philippines and Venezuela,[11,12,26] show estimators of h^2_d higher than the ones of the present study (0.44, 0.37 and 0.42, respectively).

In relation to the estimator of h^2_m it was of 0.16, which indicates a low but important maternal influence for this trait. The major part of the reports on BWT coincide, that in Brahman cattle, the influence is less important, with values that go from 0.02 to 0.11;[9-13] nevertheless, a study on Brahman cattle and derived breeds described an estimator of h^2_m similar to the one of the present study (0.18);[26] likewise, it has been reported a pondered average of h^2_m in diverse beef breeds that coincide with the value found here (0.14).[16]

Likewise, r_{dm} for BWT was very high and negative, superior to all the reports found for Brahman cattle, where positive low and negative values from 0.18 to –0.37 are described.[9,10,12,13,26] Nevertheless, for Nelore cattle, in Brazil, and Tropicarne, in Mexico, r_{dm} of –0.72 and –0.97 have been described, respectively.[6,27] The importance of obtaining a very high value, but most of all negative, for the rdm reflects itself in the estimator of h^2_T, that indicates how effective the estimated selection may be over the phenotypic value of the animal.[24] As for the latter , it is observed that h^2_T diminishes considerably (0.10) in comparison to the individual estimators of index of direct and maternal heritability. On the other hand, the estimators are influenced as consequence of the data structure, which indicates that it is necessary greater quantity of information that considers the environmental covariances between dam and maternal granddam, as it has been suggested.[24]

In this context, it is clear that even though the importance to include other important effects (maternal of permanent environment) was evaluated, the conditions of data structure (offspring per dam, Table 1) did not allow it. It should be considered that the PDCP of the AMCC has an important quantity of registered information, but only making emphasis to potential candidates for commercial reproducers, for which there is little information of siblings and half siblings in herds as well as between both. In this study, in spite of being evaluated the genetic connection, a

sente estudio (212.0 *vs* 180.7 kg; 274.0 *vs* 261.6 kg y 361.0 *vs* 352.2 kg, respectivamente); sin embargo, para la última variable el periodo de pesaje en los sementales sudafricanos tuvo amplitud de 501 a 900 días de edad. Los pesos registrados en un estudio en Venezuela[25] son muy similares a los encontrados en el presente estudio, ello supone que las características de crecimiento para la raza Brahman son afines entre estos países, que cuentan con un número importante de ejemplares de registro.

Parámetros genéticos

En relación con los parámetros genéticos estimados, para el PN, el h^2_d fue de 0.32, que puede considerarse moderado, y similar al valor de 0.31 ponderado de informes de la literatura para ganado de carne;[16] asimismo, es similar al valor hallado en Sudáfrica en una evaluación genética de reproductores Brahman de registro con 0.28.[13] De la misma manera, se notificaron valores similares para ganado Brahman en Venezuela de hatos de registro (0.33).[9,10] Otros estudios realizados en sementales Brahman de registro de Estados Unidos, Filipinas y Venezuela,[11,12,26] muestran estimadores de h^2_d superiores al del presente estudio (0.44, 0.37 y 0.42, respectivamente).

En cuanto al estimador de h^2_m fue de 0.16, que indica una baja pero importante influencia materna para este carácter. La mayor parte de los informes para PN coinciden en que en ganado Brahman, la influencia es menos importante, con valores que van desde 0.02 a 0.11;[9-13] no obstante, un estudio con ganado Brahman y razas derivadas describió un estimador de h^2_m similar al del presente trabajo (0.18);[26] de la misma forma, se ha notificado un promedio ponderado de h^2_m en diversas razas cárnicas que coincide con el valor hallado aquí (0.14).[16]

Asimismo, la r_{dm} para el PN fue muy alta y negativa, superior a todos los informes encontrados para ganado Brahman, en los que se describen valores bajos positivos y negativos desde 0.18 a –0.37.[9,10,12,13,26] Sin embargo, para ganado Nelore, en Brasil, y Tropicarne, en México, han sido descritas rdm de –0.72 y –0.97, respectivamente.[6,27] La importancia de obtener un valor muy alto, pero sobre todo negativo, para la r_{dm} se refleja en el estimador de h^2_T, que indica qué tan efectiva puede ser la selección estimada sobre el valor fenotípico del animal.[24] En cuanto a esto último, se observa que el h^2_T disminuye considerablemente (0.10) en comparación con los estimadores individuales de índice de herencia, directos y maternos. Por otro lado, los estimadores están influenciados como consecuencia de la estructura de los datos, ello indica que sea necesaria mayor cantidad de información que considere las covarianzas ambientales entre madre y abuela materna, como ha sido sugerido.[24]

good data structure cannot be assured, considering mostly the quantity of offspring per cow, which can partly respond to the findings in this study. Therefore, a reorganization in the structure in which the weights are registered and in the quantity of compiled information of the cows, since the precision of all the genetic evaluation and the estimators, will be determined by the degree of connection and the volume of available information to be evaluated.[28]

Likewise, the results conclude that for BWT the proportion of direct effects transmitted to the offspring is more important, that is why it is important to consider when there is crossbreeding between the sires with European cattle; for which reason, it has been observed greater incidence of dystocia.[29,30] They also suggest that due to the negative genetic relationship between genetic effects, the selection will not be as effective; for which reason, the selection should be performed considering the predictors based on both genetic components with the finality to obtain a synergic and sustained genetic progress.

For P205, the h^2_d was of 0.22, that indicates moderate direct genetic effect, similar to other results which have been registered in Brahman cattle with 0.23 and 0.29;[12,26] the same as the pondered average registered for diverse studies with estimation of 0.24 in beef cattle.[16]

In relation to h^2_m of 0.08 is similar to results of studies on registered Brahman cattle of South Africa,[13] where a similar value for P205 (0.06) was found, and in Philippines,[12] where an estimator of 0.10 was found. Even though great part of the reports suggest an equal or a more important maternal effect than a direct one in Zebu cattle,[8,9-11] this effect was not observed in the analysis results.

The selection for P205 of a model with $\sigma_{dm} = 0$, allowed that the estimator of h^2_T was not affected as for BWT, obtaining a value of 0.26. Several studies have suggested the difficulty to obtain reliable estimators of r_{dm};[7,31,32] nevertheless, for the present study PRV indicated that there was no improvement while including such component, as well as the permanent environmental maternal effect (not presented data). In this sense, this problem suggests again the difficulty to obtain an adequate data structure. This last indicates that the selection and the follow up of the reproducers is performed only on the basis of the sire's information, this can explain why, the information of offspring per dam (Table 1) does not permit to separate maternal components (direct and of permanent environment), as has been indicated,[7] making difficult the adjustment of more complicated models. Nevertheless, this does not imply that the obtained indicators based on the evaluated information be biased, for which the generation of genetic predictors

En este contexto, es claro que aunque fue evaluada la importancia de incluir otros efectos importantes (materno de ambiente permanente), las condiciones de la estructura de datos (crías por vaca, Cuadro 1) no lo permitieron. Debe considerarse que el PCDP de la AMCC tiene una cantidad importante de información registrada, pero sólo dando énfasis a candidatos potenciales a reproductores comerciales, por lo que la información de hermanos y medios hermanos es reducida tanto en hatos como entre ambos. En este trabajo, pese a que fue evaluada la conexión genética, no se puede asegurar una buena estructura de datos, sobre todo considerando la cantidad de crías por vaca, lo que puede, en parte, responder a los hallazgos en el estudio. Por tanto, una reorganización en la estructura en la que son registrados los pesajes y en la cantidad de información recabada de las vacas, ya que la precisión de toda evaluación genética y de los estimadores, estará determinada por el grado de conexión y el volumen de información disponible para evaluar.[28]

Asimismo, los resultados concluyen que para PN es más importante la proporción de efectos directos transmitidos a la cría, por ello es importante considerar cuando los sementales son cruzados con ganado europeo, con lo cual se ha observado mayor incidencia de partos distócicos.[29,30] También sugieren que debido a la relación genética negativa entre efectos genéticos, la selección no será tan efectiva, por lo que la selección deberá efectuarse considerando los predictores basados en ambos componentes genéticos con la finalidad de tener un progreso genético sinérgico y sostenido.

Para el P205, el h^2_d fue de 0.22, que indica moderado efecto genético directo, similar a otros resultados que se han notificado en ganado Brahman con 0.23 y 0.29,[12,26] al igual que al promedio ponderado notificado para diversos estudios con estimación de 0.24 en ganado de carne.[16]

En cuanto al h^2_m de 0.08 es similar a resultados de estudios en ganado Brahman de registro en Sudáfrica,[13] donde se encontró valor similar para P205 (0.06), y en Filipinas,[12] donde se halló un estimador de 0.10. Pese a que la mayor parte de los informes sugieren un efecto materno igual o más importante que el directo en ganado Cebú,[6,9-11] este efecto no se observó en los resultados del análisis.

La selección para el P205 de un modelo con la $\sigma_{dm} = 0$, permitió que el estimador de h^2_T no fuera afectado como para el PN, obteniéndose un valor de 0.26. Varios estudios han sugerido la dificultad de obtener estimadores confiables de la r_{dm},[7,31,32] no obstante, para el presente estudio la PRV indicó que no existía mejora al incluir dicho componente, así como el efecto materno de ambiente permanente (datos no presentados). En este sentido, este problema sugiere nuevamente la dificultad de obtener una estructura

and selection indexes based on them can help to the genetic progress in Brahman population. Also, it is important to consider that as long as there is more information flowing , the probability to obtain better results will be greater.

For P365, the estimator of h^2_d was of 0.25, moderate for a growth trait. This value is similar to the reported estimators in cattle of Nelore and Guzerat breeds[6,8,33] with a h^2_d of 0.26, 0.30 and 0.26, respectively; and to the pondered average of various studies on beef cattle (0.33),[16] although it is superior to the one described in South Africa[13] in registered Brahman cattle with 0.14.

In relation to h^2_m of 0.20, it indicates an important effect for this trait and superior to the reported for different breeds.[6,27,33] This effect has been explained by a residual sequel (carry-over) of the maternal effects of yearly weaning and final weight, due to the time in which the animals are under forage regimen without any type of supplement it is not enough to soften the importance of the maternal effect;[7] nevertheless, a high and negative r_{dm} was obtained, inclusive higher than the described in Nelore and Guzerat cattle breeds of Brazil[8,33] with values of –0.38 and –0.48, respectively. In consequence, the value of h^2_T was reduced (0.07) indicating that the total additive effect is low in the evaluated population.

For WT550, the estimator of h^2_d was of 0.23, indicating a moderate direct genetic effect, similar to what has been reported in some studies for Brahman cattle of Venezuela and South Africa.[11,13]

The estimator of h^2_m,0.23, indicates that for WT365 there is a residual maternal effect (carry-over), that has been manifested for these traits.[34] It has been suggested that the proportion of contribution of the maternal effect diminishes when the yearling increments its forage intake and develops into a mature ruminant.[7] In this sense, although it is mentioned in some studies that the maternal component should be omitted for later traits at weaning under the supposition of its little importance, there are evidences which indicate that it can still be found certain maternal influence at advanced ages in beef cattle, though not so high as the ones found in the present study.[9,11] Nevertheless, a study on Guzerat cattle describes a value of h^2_m for WT550 of 0.30 in Brazil.[8]

Likewise, as happened with P365, the obtained r_{dm} for this trait was negative, though not as high (0.52). A similar value was reported in Guzerat cattle of Brazil (–0.74),[8] even though the majority part of the reports on Brahman cattle indicate that there are positive genetic correlations for this trait.[9,10,13]

Finally, the proportion of the environmental effects in relation to the phenotypic variance was very high in all the variables, which fluctuated between 0.70 and

adecuada de datos. Esto último indica que la selección y seguimiento de los reproductores se realiza sólo con base en la información del padre, ello puede explicar por qué, la información de crías por madre (Cuadro 1) no permite separar los componentes maternos (directos y de ambiente permanente), como ha sido indicado,[7] haciendo difícil el ajuste de modelos más complejos. Sin embargo, esto no implica que los estimadores obtenidos con base en la información evaluada sean sesgados, por lo que la generación de predictores genéticos e índices de selección basados en ellos puede ayudar al progreso genético en la población Brahman. Aunque, además, es importante considerar que en la medida en que la información sea más completa la probabilidad de tener mejores resultados se ampliará.

Para el P365, el estimador de h^2_d fue de 0.25, moderado para un carácter de crecimiento. Este valor es similar a los estimadores notificados en ganado de las razas Nelore y Guzerat[6,8,33] con un h^2_d de 0.26, 0.30 y 0.26, respectivamente; y al promedio ponderado de varios estudios con ganado de carne (0.33),[16] aunque es superior al descrito en Sudáfrica[13] en ganado Brahman de registro con 0.14.

En cuanto a h^2_m de 0.20, indica un efecto importante para este carácter y superior a lo notificado para diferentes razas.[6,27,33] Este efecto se ha explicado mediante una secuela residual (*carry-over*) de los efectos maternos del destete al año y peso final, debido a que el tiempo en el que los animales se encuentran bajo régimen de pastoreo sin ningún tipo de complemento alimentario no es suficiente para amortiguar la importancia del efecto materno;[7] sin embargo, se obtuvo una r_{dm}, alta y negativa, incluso mayor a la descrita en ganado de las razas Nelore y Guzerat, de Brasil[8,33] con valores de –0.38 y –0.48, respectivamente. En consecuencia, el valor de h^2_T fue reducido (0.07) indicando que el efecto aditivo total es bajo en la población evaluada.

Para P550, el estimador de h^2_d fue de 0.23, indicando un efecto genético directo moderado, similar a lo que se ha informado en algunos estudios para ganado Brahman de Venezuela y Sudáfrica.[11,13]

El estimador de h^2_m, 0.23, indica que para P365 existe un efecto materno residual (*carry over*), que se ha manifestado para esta característica.[34] Se ha sugerido que la proporción de contribución de los efectos maternos se reduce cuando el becerro incrementa su consumo de forraje y se convierte en un rumiante desarrollado.[7] En este sentido, aunque se menciona en algunos estudios que se debería omitir el componente materno para caracteres posteriores al destete bajo la suposición de su poca importancia, existen evidencias que indican que aún se puede encontrar cierta influencia materna a edades tardías en ganado

0.74; in other studies there have been inferior values.[9,11] Nevertheless, there are results of evaluations with only one herd, that indicate the strong effect exerted by the variation on management systems in the country, mainly in tropical regions where a greater proportion of Brahman breed animals is kept.

According to the results, it is concluded that there is a moderate direct genetic effect in all growth traits, potentially useful for genetic progress. Nevertheless, the observed maternal effect should be taken with precaution, because its magnitude can be due to an effect of genetic covariance between effects and, at the same time, this could be a reflection of the studied data structure.

There are some implications in the present study. Consistently, except for WT205, there were high and negative genetic correlations, which indicate that there is a possible influence of data structure and nature; this problem has been consistently found in some studies and associated with correlations between dams and heifers,[34] or with the structure of the data,[14,21] associating the field data with an inherent difficulty to obtain reliable estimations, among them, of the genetic covariances,[7] for which in the majority or genetic evaluations it is assumed negative values[28] or cero fixed.[7,31]

The present study, after finding the models that fixed best to the variables, obtained genetic parameters, that even with PRV, maintained some details associated with defects in data structure, consistency or fortress of information, in spite or being evaluated the genetic connection. Nevertheless, the study allows to have an idea of some lack of registry information that requires to overview objectives with the finality to obtain a consistent and kept improvement, constructing the base of estimations and genetic evaluations for the Brahman breed of Mexico.

Finally, it must be considered that the influence of the data structure mainly affects the maternal estimators, whether direct as environmental, for which this has to be considered, above all, while observing the magnitude of a national genetic evaluation from which it is required an adequate relationship structure between regions and farms, for which a practical measure could be the use of reference reproducer, capture and follow up registries of major part of offspring and their dams.

Acknowledgements

Special thanks to the Mexican Zebu Breeder Association for providing access to the analyzed data bank, as well as SAGARPA-National Council of Science and Technology, of Mexico, Sectorial Funds, for the financial support to carry out the investigation project

de carne, aunque no tan altas como las encontradas en el presente estudio.[9-11] Sin embargo, un estudio en ganado Guzerat describe un valor de h^2_m para P550 de 0.30, en Brasil.[8]

De igual forma, como sucedió con el P365, la r_{dm} obtenida para este carácter fue negativa, aunque no tan alta (0.52). Un valor similar fue notificado en ganado Guzerat, de Brasil (–0.74),[8] aunque la mayor parte de los informes en ganado Brahman indican que existen correlaciones genéticas positivas para este carácter.[9,10,13]

Finalmente, la proporción de los efectos ambientales con respecto a la varianza fenotípica fue muy alta en todas las variables, la cual fluctuó entre 0.70 y 0.74; en otros trabajos se han registrado valores inferiores.[9-11] Sin embargo, son resultados de evaluaciones con un solo hato, ello indica el fuerte efecto ejercido por la variación en sistemas de manejo en el país, principalmente en las regiones tropicales donde se mantiene mayor proporción de animales de la raza Brahman.

De acuerdo con los resultados, se concluye que existe un moderado efecto genético directo en todos los caracteres de crecimiento, potencialmente útil para el progreso genético. El efecto materno observado debe tomarse con precaución, debido a que su magnitud puede deberse a un efecto de la covarianza genética entre efectos y que, a su vez, ésta sea un reflejo de la estructura de los datos estudiados.

Existen algunas implicaciones en el presente estudio. Consistentemente, excepto para el P205, existieron correlaciones genéticas altas y negativas, lo que indica que existe posible influencia de la estructura y naturaleza de los datos; este problema ha sido encontrado en algunos estudios y asociado con las correlaciones entre madres e hijas,[34] o con la estructura de los datos,[14,21] asociando los datos de campo con una inherente dificultad de obtener estimaciones confiables, entre ellas, de las covarianzas genéticas,[7] por lo que en la mayoría de las evaluaciones genéticas se asumen valores negativos[28] o se fijan a cero.[7,31]

El presente estudio, luego de encontrar los modelos que mejor se ajustaban a las variables, obtuvo parámetros genéticos que aun con la PRV mantenían algunos pormenores asociados a defectos en la estructura de los datos o consistencia o fortaleza de la información, a pesar de que fue evaluada la conexión genética. Este trabajo permite la idea de algunas carencias en el registro de la información que requiere replantear objetivos con el fin de tener una mejora consistente y mantenida, construyendo la base de estimaciones y evaluaciones genéticas para la raza Brahman de México.

Finalmente hay que considerar que la influencia de la estructura de datos afecta principalmente a los

through the agreement: SAGARPA-2002-C01-0316, from which this study derived.

Referencias

1. Sanders JO. History and development of Zebu cattle in the United States. J Anim Sci 1980; 50:1188-1200.
2. Koch BHR. Características raciales de la raza Brahman en Venezuela. La Cátedra del Cebú: 1º Ciclo de Conferencia Raza Brahman. 1999 junio 25-26: Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Guanare,Venezuela: ASOCEBU, 1999: s/p.
3. Turner JW. Genetic and biological aspects of Zebu adaptability. J Anim Sci 1980; 50: 1201-1205.
4. Cunningham EP, O Syrstad. Crossbreeding *Bos indicus* and *Bos taurus* for milk production in the tropics. Rome, Italy: FAO, Animal Production and Helath Paper, No. 68. 1987: 90 p.
5. McDowell RE, Wilk JC, CW Talbott. Economic viability of crosses of *Bos taurus* and *Bos indicus* for dairying in warm climates. J Dairy Sci1996; 79: 1292-1203.
6. Eler JP, Van Vleck LD, Ferraz JBS, Lôbo RB. Estimation of variances due to direct and maternal effects for growth traits of Nelore cattle. J Anim Sci 1995; 73: 3253-3258.
7. Albuquerque GL, Meyer K. Estimates of direct and maternal genetic effects for weights from birth to 600 days of age in Nelore cattle. J Anim Breeding Genet 2001; 118: 83-92.
8. Pimenta FEC, Martins AG, Sarmento RJL, Ribeiro MN, Martins Filho R. Estimativas de herdabilidade de efeitos directo e materno de características de crecimento de bovinos Guzerá, no estado de Paraíba. Rev Brás Zootecnia 2001; 30: 1220-1223.
9. Plasse D, Verde O, Arango J, Camaripano L, Fossi H, Romero R *et al.* (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a Brahman herd kept on floodable savanna. Genet Mol Res Evol Tech 2002a; 1: 282-297.
10. Plasse D, Verde O, Fossi H, Romero R, Hoogesteijn R, Bastidas P *et al.* (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a pedigree Brahman herd under selection for three decades. J Anim Breeding Gen 2002b; 119: 141-153.
11. Plasse D, Arango J, Fossi H, Camaripano L, Llamozas G, Pierre A *et al.* Genetic and non-genetic trends for calf weights in a *Bos indicus* herd upgraded to pedigree Brahman. Livest Res Rural Dev 2004; 16: 1-18.
12. Salces J, Bondoc OL, Lambio AL, Supandgco EP, Laude RP, Perilla MV. Variance component estimation of production traits of Brahman (*Bos indicus*, Linn.) raised in The Phillipines. Proceedings of 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock production; 2002 Aug 19-23. Montpellier, France. Communication Nº 02:69, 2002
13. Pico BA, Neser FWC, van Wyk JB. Genetic parameters for growth traits in south African Brahman cattle. S Afr J Anim Sci 2004; 34 Suppl 2: 44-46.
14. Clément V, Bibé B, Verrier E, Elsen JM, Manfredi A, Bouix J *et al.* 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. Genet Sel Evol 2001; 33: 369-395.
15. Ferreira GB, MacNeil MD, Van Vleck D. Variance components and breeding values for growth traits from different statistical models. J Anim Sci1999; 77: 2641-2650.
16. Koots KR, Gibson JP, Smith C, Wilton JW. Analysis of published genetic parameter estimates for beef production traits, 1. Heritability. Anim Breeding Abstr 1994; 62: 309-338.
17. Asociación Mexicana de Criadores de Cebú. Reglamento técnico del control de desarrollo ponderal. Tampico, Tamaulipas: Asociación Mexicana de Criadores de Cebú 1996.
18. Martínez GJC. Tendencias fenotípicas y ambientales de características de producción en el ganado Cebú (tesis de doctorado). Cd. Victoria, Tamaulipas: Universidad Autónoma de Tamaulipas,1999.
19. Beef Improvement Federation BIF. Uniform guidelines for beef improvement programs. 8th ed. University of Nebraska, 2002: 161.
20. Fries L. Connectability in Beef Cattle Evaluation: The heuristic approach used in MILC.FOR. Proceedings of 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 1998 Jan 11-16. Armidale, Australia. Armidale, Australia: Asociación Mundial de Mejoramiento Genético, Sec 27: 449 450.
21. Maniatis N, Pollot GE. The impact of data structure on genetic (co)variance components of early growth in sheep, estimated using an animal model with maternal effects. J Anim Sci 2003; 81:101-108.
22. Sorensen D. An introductory overview of model comparison and related topics. On short course: Model choice, model assessment, and related topics, from a likelihood to Bayesian perspective. Tjele, Denmark: Danish Institute of Agriculture and Science, 2004:48.
23. Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tassell

estimadores maternos, tanto directos como ambientales por lo que esto debe considerarse, sobre todo al observar la magnitud de una evaluación genética nacional, de la cual se requiere una adecuada estructura de relaciones entre regiones y ganaderías, por lo que una medida práctica sería el uso de reproductores de referencia, captura y seguimiento de registros de la mayor parte de crías y sus madres.

Agradecimientos

Se agradece a la Asociación Mexicana de Criadores de Cebú por facilitar el acceso a la base de datos analizada, así como a los Fondos Sectoriales SAGARPA-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, de México, por el apoyo financiero para llevar a cabo el proyecto de investigación a través del convenio: SAGARPA-2002-C01-0316, del cual se derivó este trabajo.

CP, Kachman SD. A manual for use of MTDFREML, A set of programs to obtain estimates of variances and covariances, Lincoln, Ne. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Clay Center, 1995.
24. Willham RL. The role of maternal effects in animal breeding:III Biometrical aspects of maternal effects in animals. J Anim Sci 1972; 35:1288-1293.
25. Atencio A. La raza Brahman, su caracterización productiva en hatos del llano venezolano. La Cátedra del Cebú: 1º Ciclo de Conferencia Raza Brahman.1999 junio 25-26. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Guanare, Venezuela: ASOCEBU, 1999: s/p.
26. Kriese LA, Bertrand JK, Benyshek LL. Genetic and environmental growth trait parameter estimates for Brahman and Brahman-derivative cattle. J Anim Sci 1991; 69: 2362-2370.
27. Domínguez-Viveros J, Núñez-Domínguez R, Ramírez-Valverde R, Ruiz-Flores A. Evaluación genética de variables de crecimiento en bovinos Tropicarne: Selección de modelos. Agrociencia 2003; 37: 323-335.
28. Díaz C, R Quintanilla. Estado y nuevas demandas de los programas de mejora de vacuno de carne. ITEA 2002; 98A (2): 1-23.
29. Bellows RA, Genho PC, Moore SA, Chase Jr. CC. Factors affecting dystocia in Brahman-cross heifers in subtropical southeastern United States. J Anim Sci 1996; 74: 1451-1456.
30. Alejo D, Campero CM, Faverín C, Fernández-Sainz I. Caracterización de partos y mortalidad perinatal asociado a genotipos en ganado de carne. Vet Arg 2000; 17: 333-340.
31. Lôbo RNB, Martins Filho R, Penna VM, MF Lima de A. Genetic parameters for growth traits of zebu cattle in the semi-arid region of Brasil Ciên. Anim 2000; 10: 7-12.
32. Cabrera ME, Garnero A. del V., Lôbo RB, Gunski RJ. Efecto de la incorporación de la covarianza genética directa-materna en el análisis de características de crecimiento en la raza Nelore. Livest Res Rural Develop 2001; (13):3.
33. Gunski RJ, Garnero del VA, Borjas de los RA, Becerra FLA, Lôbo RB. Estimativas de parámetros genéticos para características incluidas em critérios de seleçào em gado Nelore. Ciênc Rural 2001; 31:603-607.
34. Meyer K. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. Livest Prod Sci 1992; 39: 179-204.