

PARÁMETROS GENÉTICOS Y NO GENÉTICOS PARA CARACTERES DE CRECIMIENTO EN UN REBAÑO BRAHMAN REGISTRADO

Genetic and Non-genetic Parameters for Growth Traits in a Registered Brahman Herd

Milagros Arias^{*1}, Rafael Romero B.*¹, Luis Camaripano^{**} y Luis Arriaga^{***}

^{*}Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias,

^{**}Seprocebú C.A., ^{***}Agropecuaria Matapalito C.A.

Correo-E: ariascuicas@hotmail.com

Recibido: 25/04/13 - Aprobado: 21/11/13

RESUMEN

Se realizó un estudio genético cuantitativo para determinar el peso al nacer (PN), peso al destete corregido a 205 d (P205) y peso a los 18 meses corregido a 548 d (P548) en un rebaño Brahman ubicado en el estado Cojedes, Venezuela, bajo un programa genético y ambiental supervisado. Se analizaron los registros de 5137 animales, nacidos durante los años 1996 a 2007. Se estimaron los componentes de (co)variancias, parámetros genéticos y no genéticos, a través de tres modelos animal univariados usando el paquete de programas MTDFREML. Todos los modelos incluyeron los efectos aleatorios: genético aditivo directo, genético aditivo materno y ambiental permanente de la madre y como efecto fijo: grupo de contemporáneos. Los valores de índices de herencia directos fueron 0,45, 0,20 y 0,34, y los índices de herencia maternos 0,02, 0,13 y 0,04 para PN, P205 y P548, respectivamente. Las correlaciones genéticas aditivas directas - maternas fueron positivas. Los estimados para las tendencias fenotípicas anuales fueron de 0,285 kg para PN, 2,045 kg para P205 y 0,503 kg para P548. Las tendencias genéticas anuales aditivas directas fueron 0,075 kg, 0,523 kg y 1,072 kg y las genéticas maternas fueron 0,0002 kg, 0,230 kg y 0,096 kg para PN, P205 y P548,

ABSTRACT

A quantitative genetic study for birth weight (BW), weaning weight corrected at 205 days (WW205), and weight at 18 months corrected at 548 days (W548), was conducted in a Brahman herd located in the State of Cojedes, Venezuela, under a supervised genetic and environmental program. The records of 5137 animals born from 1996-2007 were analyzed. Components of covariance, genetic and non-genetic parameters were estimated through three univariate animal models, using the MTDFREML set of programs. All models included random effects, such as direct genetic additive, maternal genetic additive, and permanent environmental of the dam; and as a fixed effect, the contemporary group. The direct heritability indexes were 0.45, 0.20, and 0.34; and the maternal heritability indexes were 0.02, 0.13 and 0.04 for BW, WW205 and W548, respectively. All genetic additive direct-maternal correlations were positive. The estimates for the annual phenotypic trends were 0.285 for BW, 2.045 for WW205, and 0.503 for W548; respectively. The direct additive annual trends were 0.075 kg, 0.523 kg, and 1.072 kg for BW, WW205, and W548, respectively. The results of the investigation indicate the existence of enough genetic variability

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

respectivamente. Los resultados indican que existe suficiente variabilidad genética para crecimiento en la población evaluada, lo que favorece el programa de selección por crecimiento.

(Palabras clave: Genética animal, mejoramiento animal, peso al nacimiento, peso al destete, crecimiento, razas de alta productividad, Cojedes)

for growth in the evaluated population, which favors the selection program for growth.

(Key words: Animal genetics, animal breeding, birth weight, weaning weight, growth, high yielding breeds, Cojedes)

INTRODUCCIÓN

La optimización de los sistemas de producción con bovinos de carne es una necesidad que se hace más relevante por el acelerado crecimiento de la población humana, la reducción de las áreas para la producción con animales, la escasez de alimentos de origen animal y los fuertes cambios climáticos.

En este sentido, los programas de mejoramiento de la producción de carne en Venezuela, además de procurar la conservación del ambiente, deben aprovechar los recursos genéticos disponibles, como por ejemplo, la raza Brahman, que aunque no es originaria del país, es una de la que más ha contribuido al desarrollo de los rebaños nacionales, y hoy en día es el principal recurso *Bos indicus* adaptado, y que posee numerosas evaluaciones sobre su desempeño productivo a nivel nacional (Plasse *et al.*, 2002a,b; 2004; Gómez *et al.*, 2004; Martínez, 2009) en caracteres de importancia económica, que permiten afirmar que existe suficiente variabilidad genética en caracteres de crecimiento, y que la misma puede ser dirigida a través del proceso de selección para la mejora de rebaños de carne y doble propósito; sin embargo, es importante que este tipo de evaluaciones se sigan realizando.

El objetivo del presente trabajo fue presentar los resultados de un estudio genético cuantitativo para los caracteres peso al nacer, peso al destete y peso a los 18 meses, en un rebaño Brahman ubicado en una sabana del estado Cojedes, con un programa de mejoramiento genético y ambiental desde 1995.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción General

El estudio se inició con 5392 registros de animales de la raza Brahman, nacidos entre 1996 y 2007, en

la Agropecuaria Matapalito, C.A., ubicada en los Llanos Centrales (estado Cojedes) y donde se aplica un programa de mejoramiento genético diseñado y supervisado por la Cátedra de Genética de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela (FCV-UCV) desde 1995, y supervisado a partir de 1996 por el personal técnico de la cooperativa genética Seprocebú C.A. La unidad de producción se encuentra ubicada en la zona de vida bosque seco tropical, a una altura entre los 84 y 86 msnm (Holdridge, 1987). Posee suelos medianamente ricos en materia orgánica y de textura frecuentemente fina, el tipo de sabanas predominantes son las llamadas sabanas en calcetas, es decir, sabanas naturales divididas por franjas de vegetación arbórea. Entre las especies de pastos cultivados se encuentran: pasto aguja (*Urochloa humidicola*), estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y brachipara (*Brachiaria plataginea*), con una distribución de alrededor de un 80% de la superficie de *Urochloa humidicola* y el 20% restante, comprendido entre las otras dos especies. La temperatura media mensual varía entre 27 y 30°C, la precipitación promedio registrada entre 1995 y 2008 fue de 1350 mm/año. El rebaño es manejado bajo una temporada de servicio (TS) de tres meses, con inseminación artificial (IA) durante 45 d, en aproximadamente un 60% de las hembras activas y un repaso con monta natural en rebaños unitoro durante otros 45 d; el resto del rebaño es asignado por 90 d a monta natural en rebaños unitoro. Otros aspectos más detallados del manejo del rebaño y potreros se encuentran reportados por Arriaga (2010); igualmente, los criterios que se establecen para la selección de hembras y machos, se encuentran detallados en Arias *et al.* (2012).

Los trabajos de revisión y edición de la base de datos dieron como resultado la eliminación de 255 registros, lo que representa el 4,7% del número

de registros iniciales. Las causas de eliminación fueron: (1) animales con paternidad desconocida; (2) animales nacidos fuera de la temporada de nacimiento y; (3) animales sin datos de peso al nacer. La base final para la exploración de modelos y análisis genéticos quedó conformada por 5137 registros con pesos al nacer (PN), 4926 con pesos al destete corregido a los 205 d (P205) y 4855 con pesos a los 18 meses, corregido a los 548 d (P548). En la Tabla 1, se resume la estadística descriptiva para los tres caracteres. Se observa que los promedios no ajustados de los caracteres evaluados se encuentran en el rango de valores reportados en la literatura para Brahman en Venezuela y otros países (Romero *et al.*, 2001; Plasse *et al.*, 2002a,b, 2004; Gómez *et al.*, 2004; Pico, 2004; Parra *et al.*, 2007a; Agroflora, 2008; Asuaje *et al.*, 2008; Martínez, 2009; Seprocebú, 2010).

Modelos

Se realizó una exploración a través de la metodología de modelos mixtos (Littell *et al.*, 2002), con la finalidad de evaluar la significación estadística de los efectos fijos y determinar la mejor conformación de grupo de contemporáneos. Los efectos fijos explorados fueron: año de nacimiento (AN: 1996,...,2007), mes de nacimiento (MN: noviembre, diciembre, enero y febrero), sexo (S: machos y hembras) y edad de la madre al parto (EM: 3,...,≥15 años, este último agrupando las hembras mayores de 15 años junto con las hembras de esta edad). Para la estimación de parámetros genéticos, se definieron modelos univariados en los que se incluyó como efecto fijo: grupo de contemporáneos, el cual fue definido como animales nacidos en el mismo año, mismo mes, de igual edad de madre al parto y del mismo sexo (ANMNEs); y como efectos aleatorios: los efectos genéticos aditivos directos, aditivos maternos y el efecto ambiental permanente de la madre. La inclusión del efecto genético materno y ambiental permanente de la madre en el carácter P548, se debió a los resultados obtenidos en la comparación de modelos para evaluar

la importancia de ambos efectos sobre este carácter (Arias, 2012). Se utilizó el paquete de programas MTDFREML (Boldman *et al.*, 1995) y para calcular el índice de herencia total se utilizó la fórmula propuesta por Willham (1972). En notación matricial, los modelos utilizados fueron los siguientes:

$$y = X\beta + Z_1d + Z_2m + Wc + e$$

En donde y es el vector de observaciones del peso respectivo (PN, P205 o P548), X matriz de incidencia de los efectos fijos (grupos de contemporáneos), Z_1 matriz de los efectos aleatorios asociada a los efectos genéticos aditivos directos, Z_2 matriz de los efectos aleatorios asociada a los efectos genéticos aditivos maternos y W matriz de los efectos aleatorios asociada a los efectos ambientales permanentes de la madre y los vectores: β , vector de los efectos fijos, d vector de los efectos genéticos aditivos directos, m vector de los efectos genéticos aditivos maternos, c vector de los efectos ambientales permanentes de la madre y e vector de efectos residuales, normalmente distribuido. Las propiedades asumidas del modelo son las siguientes: $E(d) = E(m) = E(c) = 0$, $E(y) = X\beta$,

$$V \begin{bmatrix} d \\ m \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_d^2 A & \sigma_{(d,m)} A & 0 & 0 \\ \sigma_{(m,d)} A & \sigma_m^2 A & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_c^2 I_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_e^2 I_2 \end{bmatrix}$$

donde σ_d^2 y σ_m^2 , representan las varianza genética aditiva para los efectos directos y maternos, respectivamente; $\sigma_{(d,m)}$ y $\sigma_{(m,d)}$ es la covarianza entre los efectos aditivos directos y los aditivos maternos; σ_c^2 y σ_e^2 es las varianzas debidas a los efectos ambientales permanentes y la varianza debida a los efectos ambientales temporales (residual), respectivamente. A es la matriz de parentesco aditivo entre los animales considerados en el análisis; I_1 es una matriz identidad de orden $m \times 1$ donde m corresponde al número de

Tabla 1. Estadística descriptiva para los caracteres de peso al nacer (PN), al destete, corregido a 205 d (P205) y peso a los 18 meses corregido a 548 d (P548)

Carácter	Registros n	Promedio kg	D.E. kg	Mínimo kg	Máximo kg
PN	5137	32,40	4,73	10	51
P205	4926	179,22	25,52	63	275
P548	4855	282,88	28,49	149	405

D.E. desviación estándar

madres con información para el carácter analizado, I_2 es una matriz identidad de orden $n \times 1$, donde n corresponde al número de animales con información para el carácter analizado.

En todos los análisis, se realizó como primer paso una estimación a un nivel de 1×10^{-6} como criterio de convergencia. Posteriormente, para garantizar una convergencia real y no local se fijó en un criterio de convergencia de 1×10^{-9} y para garantizar la obtención de un máximo global se evaluó la diferencia en $\text{Log}(l)$ dos pasos sucesivos. Para el cálculo de las tendencias fenotípicas, se procedió a utilizar los valores fenotípicos no ajustados promedios por año respectivo, para las tendencias genéticas aditivas directas y maternas, los promedios por año de nacimiento de los valores genéticos aditivos directos y maternos. Para las tendencias ambientales se utilizaron las soluciones por grupo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estimados de Componentes de (Co)variancia e Índices de Herencia

En la Tabla 2, se observan para las tres variables, los estimados de (co)variancia obtenidos, así como también los estimados de índice de herencia (h^2) directo, materno y total. El h^2 directo para PN fue alto y se encuentra por encima de lo reportado en la literatura para este carácter en rebaños Brahman de Venezuela, México, Estados Unidos y Sur África (Kriese et al., 1991; Plasse et al., 2002a,b; 2004; Pico, 2004; Arias, 2007; Parra et al., 2007b; Asuaje et al., 2008; Martínez, 2009), a excepción

del valor reportado por Gómez et al. (2004), el cual fue de 0,46 en sabanas del estado Apure. De igual forma, el valor de h^2 directo obtenido en este estudio se encuentra por encima de lo reportado por Koots et al. (1994a,b) para rebaños de animales cruzados *Bos indicus* x *Bos taurus* y de lo reportado por Mercadante et al. (1995), para rebaños *Bos indicus*.

El h^2 materno para PN fue bajo, y se ubicó por debajo de los valores reportados en la literatura (Kriese et al., 1991; Koots et al., 1994a,b; Mercadante et al., 1995; Plasse et al., 2002a,b; 2004; Gómez et al., 2004; Pico, 2004; Arias, 2007; Parra et al., 2007b; Asuaje et al., 2008; Martínez, 2009). El h^2 total se mantuvo alto, debido a que la covariancia entre los efectos genéticos directos y maternos aunque es baja, es positiva. Se puede observar que los errores típicos obtenidos para todos los parámetros fueron bajos.

El h^2 directo para P205 fue de 0,20 (Tabla 2), valor que coincide con lo señalado para poblaciones de Brahman en Venezuela (Martínez, 2009) y Argentina (Arias et al., 2008). Al destete, el h^2 materno fue de 0,13, el cual se encuentran dentro del rango en la literatura, en donde se indicó que este parámetro oscilaba entre 0,07 a 0,36 (Kriese et al., 1991; Meyer, 1992; Koots et al., 1994a,b; Mercadante et al., 1995; Plasse et al., 1999, 2002a,b, 2004; Vargas et al., 2000; Gómez et al., 2004; Pico, 2004; Arias, 2007; Parra et al., 2007b; Arias et al., 2008; Asuaje et al., 2008; Martínez, 2009). Se puede observar como al destete, los efectos genéticos maternos aumentan y presentan valores muy cercanos a los efectos genéticos directos como

Tabla 2. Estimados de los componentes de variancia, covariancia, índices de herencia y correlaciones, para el peso al nacer (PN), al destete (P205) y a los 18 meses (P548)

Carácter	Componente de (co)variancia						Parámetros			
	σ^2_f	σ^2_d	σ^2_m	σ^2_c	σ^2_e	σ_{dm}	h^2_d (et)	h^2_m (et)	h^2_t	r_{dm} (et)
PN	20,17	9,13	0,49	1,08	9,37	0,09	0,45 (0,062)	0,02 (0,024)	0,47	0,04 (0,285)
P205	402,67	81,88	53,38	43,89	212,85	10,65	0,20 (0,043)	0,13 (0,039)	0,31	0,16 (0,190)
P548	600,87	202,10	25,16	25,63	338,90	9,07	0,34 (0,055)	0,04 (0,029)	0,38	0,13 (0,263)

σ^2_f : variancia fenotípica; σ^2_d : variancia genética aditiva directa; σ^2_m : variancia genética aditiva materna; σ^2_c : variancia ambiental permanente de la madre; σ^2_e : variancia residual; σ_{dm} : covariancia entre los efectos genéticos aditivos directos y maternos; h^2_d : índice de herencia directo; h^2_m : índice de herencia materno; h^2_t : índice de herencia total; r_{dm} : correlaciones entre los efectos genéticos directos y maternos; et: error típico

proporción de la σ_f^2 .

Para P548, el h^2 directo en la población evaluada fue de 0,34, valor que se encuentra dentro del rango de valores observados en Venezuela para la raza Brahman (Plasse et al., 2002a,b, 2004; Gómez et al., 2004; Arias, 2007; Asuaje et al., 2008; Martínez, 2009) y por encima de lo señalado por Pico (2004) para Brahman en Sur África. Estos resultados indican que existe suficiente variabilidad genética aditiva directa para este carácter, el cual es el principal criterio de selección por crecimiento para los toros reproductores. Con relación al h^2 materno para P548, el valor estimado fue de 0,04. A pesar de ser bajo, fue un poco más alto que el encontrado para PN y se encuentra dentro de los valores para este parámetro en Venezuela, en P548 y en Sur África para pesos postdetete sin corregir a una edad específica. Los valores de h^2 total, fueron 0,47, 0,31 y 0,38, para PN, P205 y P548, respectivamente, los cuales son muy convenientes para un proceso de selección.

Proporción de la Variancia Ambiental Permanente de la Madre (c^2) y la Variancia Residual (e^2)

La nomenclatura c^2 , representa la proporción de la variancia fenotípica que se debe a la variación no genética entre madres que afecta en la misma forma a todos sus hijos (Tabla 3). Se observa para PN, que el efecto ambiental permanente de la madre, representa el 5% de la variancia en el rebaño estudiado, lo que coincide exactamente con lo encontrado por Gómez et al. (2004) y se compara bien con el resto de los estimados reportados a esta edad (Plasse et al., 2002ab, 2004; Arias, 2007 y Martínez, 2009).

Los valores citados en otros estudios para c^2 al destete se encuentran entre 6 y 25% (Plasse et al., 2002b, 2004; Gómez et al. 2004; Pico, 2004; Arias, 2007; Arias et al., 2008), lo que indica que a esta edad, el efecto ambiental permanente de la madre tiende a aumentar. En el caso del rebaño, el resultado obtenido lo confirma, siendo este parámetro de 0,11.

En el caso del P548, la variancia ambiental permanente de la madre en la población evaluada representa 4%, lo que se compara bien con lo observado en Brahman en Venezuela por Plasse et al. (2002a,b) y Martínez (2009) y para la misma raza en Sur África (Pico, 2004). Valores menores a

Tabla 3. Estimados de la proporción de la variancia ambiental permanente de la madre (c^2) y variancia residual (e^2) para el peso al nacer (PN), peso al destete (P205) y peso a los 18 meses (P548)

Carácter	Parámetro	
	c^2 (et)	e^2 (et)
PN	0,05 (0,021)	0,46 (0,046)
P205	0,11 (0,029)	0,53 (0,034)
P548	0,04 (0,024)	0,56 (0,043)

c^2 : proporción de la variancia fenotípica debida a la variancia ambiental permanente de la madre; e^2 : proporción de la variancia fenotípica debida a la variancia residual; et: error típico

los encontrados en este estudio fueron señalados por Plasse et al. (2004) y Arias (2007), para Brahman en Venezuela. Con respecto a los valores para e^2 , se puede decir que para los tres pesos, este parámetro representa 46, 53 y 56%, respectivamente, estos valores indican que para los tres caracteres existe un componente ambiental temporal importante que influye sobre la variabilidad total, por lo que los programas de mejora ambiental o las actividades relacionadas con manejo de los animales, sanidad, nutrición, manejo de pastizales, etc., no deben descuidarse, ya que son un componente importante en la expresión del fenotipo y, por ende, en la evaluación del genotipo.

Correlaciones entre Efectos Genéticos Directos y Maternos (r_{dm})

Para este parámetro se ha reportado una diversidad de valores en la literatura, desde negativos hasta positivos cercanos a cero. Se ha señalado como causa principal de los valores negativos un problema metodológico más que biológico, entre los cuales se ha indicado un posible efecto estadístico de partición de los componentes de variancia debido al efecto de padre o interacción padre x año, interacción toro x rebaño (Robinson, 1996a,b; Lee y Pollak, 1997), o la posible presencia de covariancia ambiental negativa entre la madre y sus crías (Robinson, 1996a,b).

En la Tabla 2, se resumen los estimados de correlación entre los efectos genéticos aditivos directos y maternos de la población evaluada. Se observa que a diferencia de lo encontrado en la literatura, en el presente estudio, todos los valores de correlación fueron positivos en todos los pesos evaluados, con valores de 0,04 para el PN, 0,16 para el P205 y de 0,13 para P548. Estos estimados positivos fueron

obtenidos a través de modelos en los cuales no se incluyó ajuste por interacción toro x año-rebaño o la covariancia madre hija, señalados anteriormente como principales causas de correlaciones negativas.

En general los valores resumidos en la Tabla 2, indican que el PN existe una asociación positiva baja entre los efectos genéticos directos y los genéticos maternos que lo determina el ambiente intrauterino. Al destete, esta asociación genética indica que no existe antagonismo entre los genes para crecimiento y genes para producción de leche. Lo interesante es que esta asociación genética positiva se mantiene hasta los 18 meses, siendo este el peso principal de selección, por lo que se espera que la selección por P548 genere un progreso genético indirecto en los caracteres maternos. Desde el punto de vista práctico, esto se traduce en hembras mejor desarrolladas y con potencial genético mayor para producción de leche y crecimiento, que permite obtener becerros con mayores pesos al nacer, mayores ganancias de peso predestete y generación de reemplazo más productivas.

Tendencias Fenotípicas

En la Figura 1, se muestra la tendencia fenotípica para el PN del periodo analizado. Se observa una tendencia claramente ascendente con un estimado de regresión lineal significativo ($P < 0,001$) de 285 g/año, lo que es un aumento favorable y se encuentra por encima de lo reportado por Plasse *et al.* (2002b, 2004); Parra *et al.* (2007a) y por debajo del encontrado por Plasse *et al.* (2002a), para rebaños Brahman en diferentes periodos de tiempo. No conviene que este carácter aumente en gran magnitud, ya que conllevaría a problemas prácticos de campo durante la temporada de nacimiento (distocias), por lo que es favorable que en los últimos cuatro años el valor promedio no siguió aumentando. Se observa un declive en el año 1999, mientras que el resto de los años se mantuvieron muy cercanos a la línea de regresión.

En la Figura 2, se muestra la tendencia fenotípica para P205, que aunque presenta una tendencia creciente con un coeficiente de regresión de 2,045 kg/año, el mismo no fue estadísticamente significativo ($P = 0,074$), encontrándose por debajo de lo observado por Plasse *et al.* (2002a, 2004) y Parra *et al.* (2007a). Igualmente, el progreso fenotípico para el P548 fue no significativo ($P = 0,592$). En la

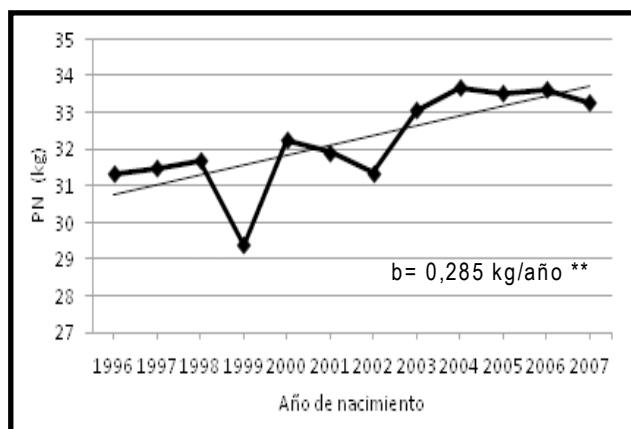


Figura 1. Tendencia fenotípica para peso al nacer (PN)

Figura 3, se observa que la tendencia fenotípica para el principal criterio de selección por crecimiento en el rebaño evaluado fue de 503 g/año, encontrándose por debajo del valor encontrado por Plasse *et al.* (2002ab, 2004) y Parra *et al.* (2007a). Este progreso fenotípico para P548 en el rebaño evaluado, no se corresponde con la tendencia genética aditiva directa obtenida durante el mismo periodo.

Se realizaron cálculos adicionales para P548 por sexo, y al calcular las tendencias fenotípicas para P548 en machos y en hembras, se pudo determinar que los machos durante el periodo evaluado (1996 a 2007), presentaron un coeficiente de regresión negativo de -1,09 kg/año ($P=0,356$), mientras que las hembras presentaron una regresión fenotípica positiva de 2,09 kg/año, ($P < 0,05$). Estos resultados se corresponde con lo observado en campo, donde las

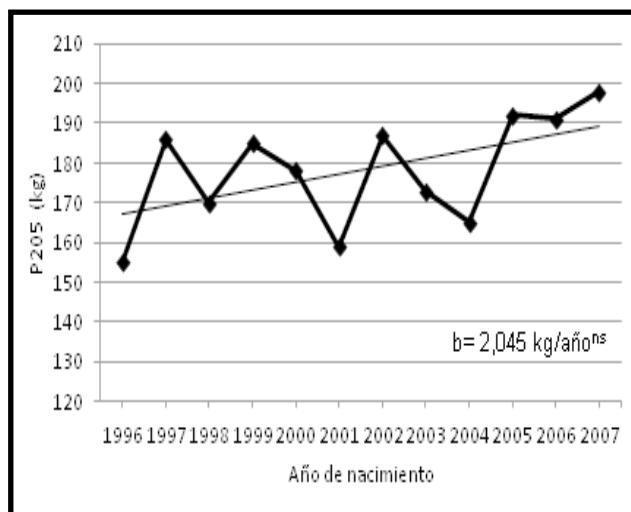


Figura 2. Tendencia fenotípica para peso al destete corregido a los 205 días

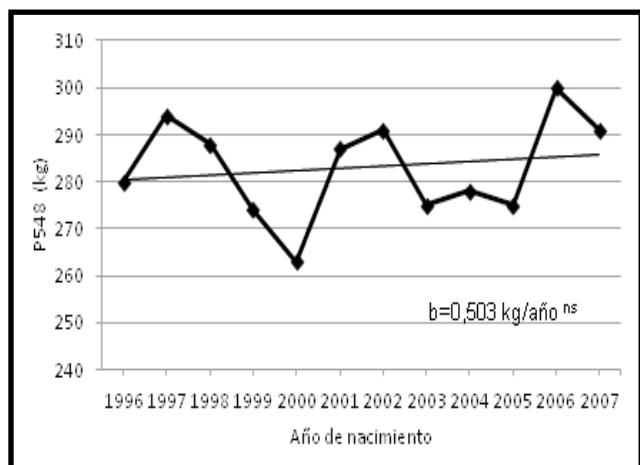


Figura 3. Tendencia fenotípica para peso a 18 meses corregido a los 548 días

hembras, debido al manejo preferencial dado en la finca, han logrado expresar su potencial genético, que se ha traducido en un progreso fenotípico mayor que el de los machos, los cuales no han logrado mejorar, como las hembras, su promedio fenotípico, como consecuencia de que no se les ha proporcionado el ambiente óptimo para expresar al máximo el potencial de los genes para crecimiento.

Tendencias Genéticas Aditivas Directas y Maternas

En la Figura 4, se muestran las tendencias genéticas aditivas directa y materna para el PN. Para este carácter se obtuvo un progreso genético aditivo directo significativo ($P<0,001$) de 0,075 kg/año, el cual es muy similar a lo encontrado por Plasse et al. (2002b, 2004) y mucho más alto que lo reportado para un rebaño Brahman en México (Parra et al., 2007a) y otro en Venezuela (Plasse et al., 2002a), en diferentes períodos de tiempo. La tendencia genética aditiva materna fue baja, con un promedio de 0,0002 kg/año, valor no significativo ($P=0,927$) y sin variación importante durante el período evaluado para los valores genéticos promedios anuales; sin embargo, en líneas generales este valor bajo coincide con lo encontrado en la literatura para este carácter, oscilando desde valores positivos bajos hasta valores negativos (Plasse et al., 2002ab, 2004; Parra et al., 2007a).

Para P205, se aprecia en la Figura 5 como ambas tendencias genéticas (directa y materna) fueron significativas ($P<0,001$), y claramente ascendentes. Los valores de regresión muestran un progreso genético aditivo directo de 0,523 kg/año

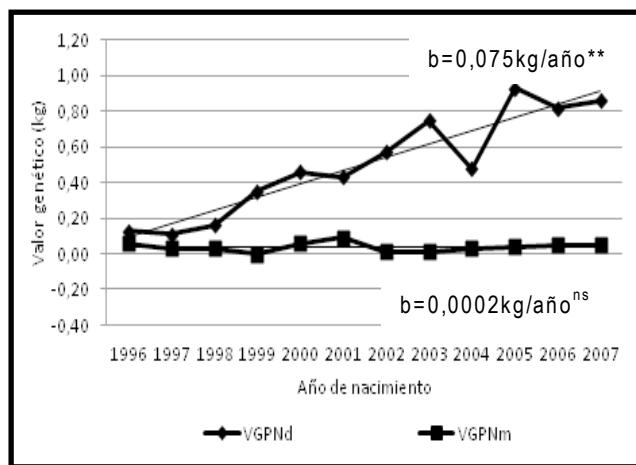


Figura 4. Tendencias genética directa (VGPNd) y materna (VGPNm) para peso al nacer (PN)

y una tendencia genética aditiva materna de 0,230 kg/año; ambas tendencias se corresponden con una respuesta indirecta a la selección por el carácter P548. En general, ambas respuestas genéticas obtenidas en este rebaño, son altas en comparación con las de otros rebaños Brahman en Venezuela (Plasse et al., 2002ab, 2004) y en México (Parra et al., 2007a); sin embargo, es importante destacar que por ser períodos de tiempo y bases genéticas iniciales diferentes, los valores de regresión sólo sirven de referencia, mas no pueden ser considerados como indicadores para comparar programas genéticos entre rebaños.

En la Figura 6, se observan las tendencias genética aditiva directa y materna para el P548, el cual es el principal criterio de selección por crecimiento en este rebaño. Se observa que ambas tendencias fueron significativas ($P<0,001$), con valores de 1,072 kg/año para la tendencia genética aditiva directa y 0,096 kg/año para la tendencia genética aditiva materna.

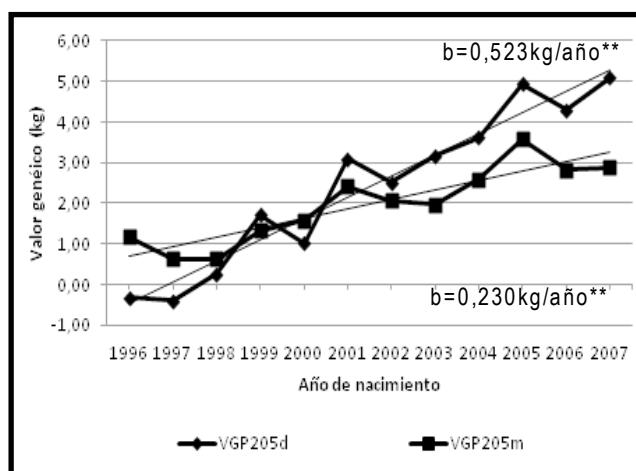


Figura 5. Tendencias genética directa (VGP205d) y materna (VGP205m), peso al destete corregido a los 205 días

Aunque ambas tendencias fueron estadísticamente importantes, se puede observar que la tendencia lineal para los efectos genéticos aditivos directos fue mayor y claramente ascendente con relación a la tendencia genética aditiva materna. Para este carácter se han reportado valores de tendencia genética aditiva directa en Venezuela de 0,263 kg/año (Plasse *et al.*, 2002a) y 0,894 kg/año (Plasse *et al.*, 2004) y en México de 608 g/año (Parra *et al.*, 2007a) y de tendencia genética aditiva materna en Venezuela de 0,095 kg/año (Plasse *et al.*, 2002a) y 0,251 kg/año (Plasse *et al.*, 2002b) y en México de 36 g/año (Parra *et al.*, 2007a), por lo que se puede afirmar que los valores obtenidos en el rebaño en estudio son satisfactorios.

Tendencias Ambientales

En la Figura 7, se muestra la tendencia ambiental para el PN, con un aumento promedio de 0,178 kg/año, lo cual fue significativo ($P<0,05$) y mucho más alta que las tendencias genéticas directas y maternas. Se puede ver una caída brusca en el año 1999, lo que indica que hubo un cambio brusco en las condiciones ambientales de ese año que perjudicó a las vacas gestantes y conllevó a una desmejora en el PN de sus becerros.

Este descenso durante el año de nacimiento 1999, pudo estar asociado a un brote de leptospirosis durante la temporada de servicio de 1998, que trajo como consecuencia 24% de pérdida prenatal en el rebaño. A partir de ese momento se modificó el plan sanitario contra leptospirosis, aumentando el número de dosis de dos a cuatro vacunas por año en las vacas, lo que al parecer se tradujo en una mejora ambiental importante, logrando aumentar el PN de los becerros, para luego presentarse un leve descenso durante los

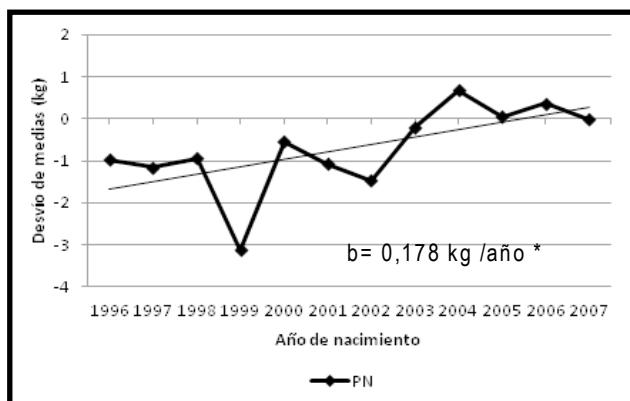


Figura 7. Tendencia ambiental para peso al nacer (PN)

años 2001 y 2002, el cual pudiese estar asociado a que durante el año 2001 se obtuvo el menor registro de precipitaciones del periodo evaluado. A partir del año 2004, los cambios ambientales favorecieron el PN, obteniéndose valores positivos para los últimos cuatro años del periodo evaluado.

Para el P205, la Figura 8 muestra una tendencia positiva no significativa de 1,200 kg/año ($P=0,2800$). En este carácter se ven fuertes oscilaciones, siendo los peores años 1996, 2001 y 2004, con picos muy favorables en los años siguientes a éstos (1997, 2002 y 2005). Al revisar los niveles de precipitación anual, se tiene que los años 1996 y 2004 tuvieron las mayores precipitaciones, a diferencia del 2001 que fue el año de menor registro pluviométrico, mientras que los años 1997, 2002 y 2005, comparten registros de precipitaciones muy similares, alrededor de 1200 mm por año, valor cercano al promedio de la finca hasta 2008. Según esta información y asociándola con los meses durante los cuales se hacen los destetes, lapso durante el cual se registran las mayores precipitaciones dentro del año, se puede inferir que el peso al destete se ve favorecido con niveles de precipitación media, que garantizan mejores condiciones sanitarias y ambientales, que las que pueden encontrarse en años con lluvias excesivas, y mejores condiciones de pastoreo para producción de leche de sus madres y para la alimentación propia de los becerros que las que ofrecerían años con menores niveles de precipitación.

Finalmente, en la Figura 9, se presenta la tendencia ambiental para P548, mostrando una pendiente descendente con un coeficiente de regresión negativo de -0,632 kg/año, el cual no fue significativo ($P=0,5074$). Por otro lado, la Figura 9, muestra que para el caso de P548 existió

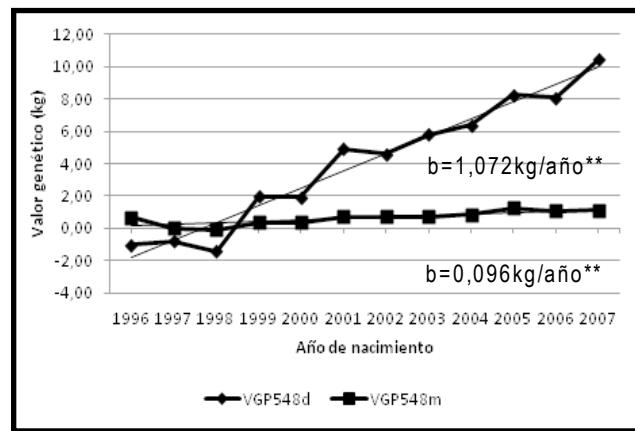


Figura 6. Tendencias genética directa (VGP548d) y materna (VGP548m) para peso a los 18 meses corregido a los 548 días

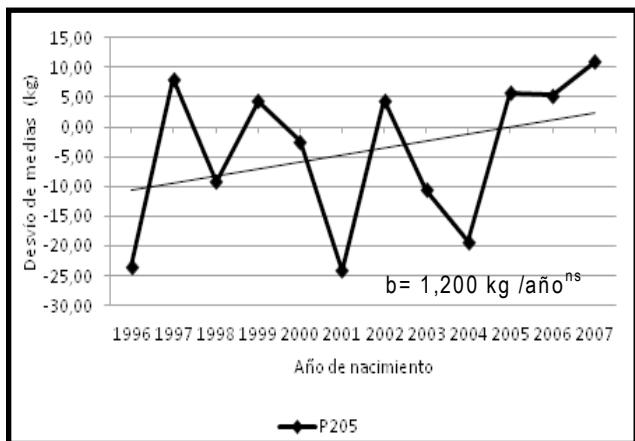


Figura 8. Tendencia ambiental para P205

una fuerte caída en los años 1999 y 2000; y un segundo descenso menos pronunciado entre 2003 y 2005. En general, esta tendencia negativa puede estar directamente relacionada con las desfavorables condiciones de pastoreo bajo las cuales se mantenían los machos, aunado al brote de leptospirosis en 1999, lo cual confirma la tendencia fenotípica para P548 observada en los machos.

CONCLUSIONES

Los valores promedios de PN, P205 y P548 obtenidos se encuentran dentro del rango de valores reportados en la literatura para Brahman en Venezuela y otros países. Se pudo demostrar que para la población evaluada la variancia ambiental permanente de la madre es una importante fuente de variación y los valores de h^2 directo, h^2 materno y h^2 total, indican que existe suficiente variabilidad genética aditiva directa y materna en la población evaluada. Igualmente, las correlaciones genéticas

aditivas directas-maternas, indican que existe una asociación positiva entre los efectos genéticos directos y maternos que favorecen los tres pesos, lo que se traduce en animales mejor desarrollados y con mayor potencial genético para crecimiento y producción de leche, permitiendo obtener becerros con mejores pesos al nacer, mayores ganancias de pesos pre y postdestete y generaciones de reemplazo más productivas.

La combinación de ambos programas de mejora genética y ambiental, ha promovido resultados de tendencias fenotípicas positivas en los tres pesos, pero estos cambios no han sido suficientes para P205 y P548, donde para ambos pesos se obtuvieron tendencias genéticas aditivas directas significativas, pero tendencias ambientales no significativas, por lo que se puede inferir que aunque se han hecho cambios ambientales importantes dentro de las medidas de las posibilidades de la finca y sin menoscabo del medio ambiente, como la introducción de pastos cultivados, cambios de manejo de los animales, revisión constante del programa sanitario, etc.; pareciera que algún aspecto relacionado con las condiciones ambientales condujo a que los animales nacidos durante el periodo evaluado, no pudieran expresar totalmente el potencial genético para los caracteres P205 y P548, logrado a través de selección. En el caso del P548, el manejo diferencial de las hembras y el coeficiente de regresión fenotípico obtenido para P548, permite reforzar lo planteado anteriormente. Para una evaluación completa de los animales que nacieron durante este periodo, se sugiere una evaluación para caracteres reproductivos, como por ejemplo, preñez de vaca de primer servicio y circunferencia escrotal de los toretes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero por parte del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la UCV bajo el proyecto PG-11-7311-2008/1. Así como también, a la Agropecuaria Matapalito C.A., por su apoyo a la investigación.

REFERENCIAS

- Agroflora. 2008. Agropecuaria Flora, C.A. Sumario de Sementales 2007. 24 p.
 Arias, M. 2007. Estudio genético de crecimiento entre

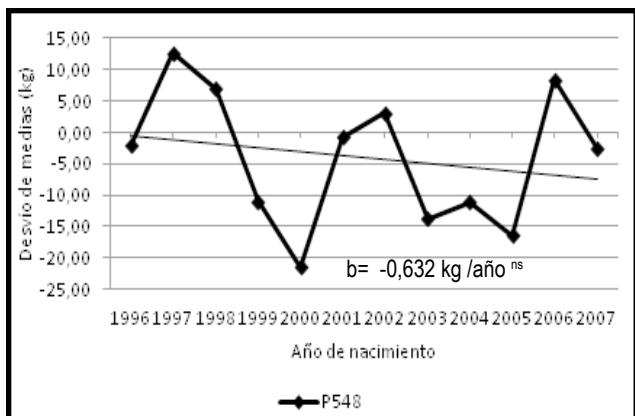


Figura 9. Tendencia ambiental para peso a los 18 meses corregido a los 548 días

- el nacimiento y los 18 meses de edad de animales Brahman. Tesis de Maestría. Universidad Central de Venezuela, Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias, Postgrado de Producción Animal. Maracay, Venezuela. 93 p.
- Arias, M.; López A.; Slobodzian A. 2008. Evaluación genética de bovinos de raza Brahman en tres rodeos del noreste argentino (Resumen). 31º Congreso Argentino de Producción Animal. [en línea]. Dirección URL: http://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/bovinos_de_carne/43-brahman.pdf. [Consulta: 08 Jul. 2011].
- Arias, M. 2012. Efectos genéticos y no genéticos sobre los pesos al nacer, destete y 18 meses en un rebaño Brahman ubicado en los llanos centrales. Trabajo de Ascenso, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracay, Venezuela. 84 p.
- Arias, M.; Romero R.; Camaripano, L. 2012. Resultados de un programa de selección en un hato en el estado Cojedes. En: *XXVII Cursillo sobre Bovinos de Carne*. (R. Romero, J. Salomón, J. De Venanzi y M. Arias, eds.). Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp. 147-188.
- Arriaga, L. 2010. Manejo de un centro genético con temporada de servicio. En: *XXV Cursillo sobre Bovinos de Carne*. (R. Romero, J. Salomón, J. De Venanzi y M. Arias, eds.). Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinaria, Maracay, Venezuela. pp. 19-40.
- Asuaje, J.; Peñuela J.; Orozco, J. 2008. Sempro: Una empresa dedicada al desarrollo ganadero. En: *XXIII Cursillo sobre Bovinos de Carne*. (R. Romero, J. Salomón, J. De Venanzi y M. Arias, eds.). Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp. 159-186.
- Boldman, K.G.; Kriese, L.A.; Van Vleck, L.D.; Van Tassell, C.P.; Kachman, S.D. 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variance and covariances (Draft). United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. Clay Center. N.E. 114 p.
- Gómez, M.; Plasse, D; Verde, O. 2004. Crecimiento de un rebaño Brahman bajo condiciones de sabana. En: *XIX Cursillo sobre Bovinos de Carne*. (R. Romero, J. Salomón y J. De Venanzi, eds.). Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp. 109-154.
- Holdridge, L.R. 1987. Ecología Basada en Zonas de Vida. Traducido por Humberto Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA. 216 p.
- Koots, K.; Gibson, J.; Smith, C.; Wilton, J. 1994a. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. *Anim. Breed. Abstr.*, 62:309-338.
- Koots, K.; Gibson, J.; Smith, C.; Wilton, J. 1994b. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 2. Phenotypic and genetic correlations. *Anim. Breed. Abstr.*, 62:825-853.
- Kriese, L.A.; Bertrand, J.K.; Benyshek, L.L. 1991. Genetic and environmental growth trait parameter estimates for Brahman and Brahman-Derivate cattle. *J. Anim. Sci.*, 69:2362-2370.
- Lee, C.; Pollak, E.J. 1997. Relationship between sire x year interactions and direct-maternal genetic correlation for weaning weight for Simmental cattle. *J. Anim. Sci.*, 75:68 -75.
- Littell, R.C.; Stroup, W.W.; Freund, R.J. 2002. SAS ® for linear models. Fourth Edition by SAS Institute Inc., Cary, N.C. USA. 466 p.
- Martínez, G. 2009. Comparación de modelos para estimar parámetros genéticos de características del crecimiento en vacunos Brahman registrados. *Rev. Fac. Agron. UCV*. 35:34-42.
- Mercadante, M.; Lôbo, R.B.; de los Borjas, A.R. 1995. Parámetros genéticos para características de crecimiento en cebúinos de carne. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 3:45-89.
- Meyer, K. 1992. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livest. Prod. Sci.*, 31:179-204.
- Parra, G.; Martínez, J.; García, F.; González, A.; Briones, F.; Cienfuegos, E. 2007a. Tendencias Genéticas y fenotípicas de características de crecimiento en el ganado Brahman de registro de México. *Rev. Científ. (FCV-LUZ)*. 27:262-267.
- Parra, G.; Martínez, J.; Cienfuegos, E.; García, F.; Ortega, E. 2007b. Parámetros genéticos de variables de crecimiento de ganado Brahman de registro en México. *Rev. Vet. México*, 38:217-229. [en línea]. Dirección URL: <http://redalyc.uaemex.mx>. [Consulta: 08 de Jul. 2011].
- Pico, B.A. 2004. Estimation of genetic parameters for growth traits in South African Brahman cattle. Dissertation submitted to the Faculty of Natural and Agricultural Sciences for the degree Magister Scientiae Agriculturae. University of the Free State. [en línea]. Dirección URL: <http://etd.uovs.ac.za/ETD-db/theses/available/etd-09292005-160524/unrestricted/PICOBA.pdf>. [Consulta: 08 de Jul. 2011].
- Plasse, D.; Verde, O.; Fossi, H. 1999. Tendencias genéticas y fenotípicas durante tres décadas en un rebaño Brahman registrado. En: *XV Cursillo sobre*

- Bovinos de Carne. (R. Romero, D. Plasse y N. De Borsotti, eds.). Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. pp 173-213.
- Plasse, D.; Verde, O.; Arango, J.; Camaripano, L.; Fossi, H.; Romero, R.; Rodríguez, C.; Rumbos, J. 2002a. (Co)variance components, genetic parameters, and annual trends for calf weights in a Brahman herd kept on floodable savanna. *Genet. Mol. Res.* 1 (4). [en línea]. Dirección URL: http://www.funpecrp.com.br/gmr/year2002/vol4-1/gmr0044_full_text.htm. [Consulta: 08 de Jul. 2011].
- Plasse, D.; Verde, O.; Fossi, H.; Romero, R.; Hoogesteijn, R.; Bastidas, P.; Bastardo, P. 2002b. (Co)variance components, genetic parameters and annual trends for calf weights in a pedigree Brahman herd under selection for three decades. *J. Anim. Breed. Genet.*, 119:141-153.
- Plasse, D.; Arango, J.; Fossi, H.; Camaripano, L.; Llamozas, G.; Pierre, A.; Romero, R. 2004. Genetic and non-genetic trends for calf weights in a *Bos indicus* herd upgraded to pedigree Brahman. *Livest. Res. Rural Dev.* 16 (7). [en línea]. Dirección URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/7/plas16046.htm>. [Consulta: 08 de Jul. 2011].
- Robinson, D.L. 1996a. Estimation and interpretation of direct and maternal genetic parameters for weights of Australian Angus cattle. *Livest. Prod. Sci.*, 45:1-11.
- Robinson, D.L. 1996b. Model which might explain negative correlations between direct and maternal genetic effects. *Livest. Prod. Sci.*, 45:111-122.
- Romero, R.; Plasse, D.; Verde, O.; Hoogesteijn, R.; Bastidas, P.; Rodríguez, R. 2001. Absorción de Brahman a Guzerá y Nelore en pasto mejorado. 2. Pesos al nacer, destete y dieciocho meses. *Livest. Res. Rural Dev.* 1 (13). [en línea]. Dirección URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/1/rome131.htm>. [Consulta: 08 de Jul. 2011].
- Seprocebú. 2010. Sementales Probados Cebú C.A. [en línea]. Dirección URL:<http://seprocebu.com>. [Consulta: 14 de May. 2011].
- Vargas, C. A.; Elzo, M. A.; Chase Jr., C.C.; Olson, T.A. 2000. Genetic parameters and relationships between hip height and weight in Brahman cattle. *J. Anim. Sci.* 78:3045-3052.
- Willham, R.L. 1972. The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals. *J. Anim. Sci.*, 35:1288-1293.