

ÍNDICE DE HERENCIA DEL PESO CORPORAL Y CIRCUNFERENCIA ESCROTAL EN TORETES MESTIZOS

Heritability Index of Body Weight and Scrotal Circumference in Young Crossbred Bulls

Luis Yáñez Cuéllar^{1,2}, Ninoska Madrid Bury¹, Ricardo Contreras Durán³ y Edmundo Rincón Urdaneta¹

¹Postgrado de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Apartado 15205. Maracaibo, Edo. Zulia, Venezuela.

²Hacienda La Glorieta, Universidad Sur del Lago. Santa Bárbara, estado Zulia, Venezuela. E-mail: lyanz@cantv.net

³Decanato de Investigación, Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal, estado Táchira, Venezuela.

RESUMEN

Para estimar los parámetros genéticos de caracteres reproductivos y del peso corporal se utilizaron 544 registros de toretes mestizos evaluados en la hacienda La Esperanza de La Universidad del Zulia, Venezuela entre los años 1989 y 1995, ubicada en una zona de bosque seco tropical. Partiendo de modelos mixtos se obtuvieron los componentes de varianza a través del método REML, con los cuales se consiguieron los valores de heredabilidad de $0,39 \pm 0,19$, $0,04 \pm 0,71$, $0,12 \pm 0,40$, $0,55 \pm 0,36$ para peso corporal (P) al nacer, 12, 18 y 24 meses de edad, respectivamente, y $0,30 \pm 0,48$ y $0,52 \pm 0,45$ para la circunferencia escrotal (CE) a los 18 y 24 meses de edad (E), respectivamente. Los estimados de los parámetros genéticos obtenidos permiten sugerir la selección por P y CE a los 24 meses de edad. Por el número reducido de datos los valores estimados no son precisos y deberían ser considerados sólo como indicativos de los niveles aproximados de los parámetros en la población estudiada en particular.

Palabras clave: Heredabilidad, toretes mestizos, peso corporal, circunferencia escrotal.

ABSTRACT

Five hundred forty four records of young crossbred bulls collected in a seven years period (1989-1995) from 'La Esperanza' farm property of La Universidad del Zulia, Venezuela, located on a dry tropical area, were used to estimate heritability of body weight and scrotal circumference. Variance components were obtained from mixed models by REML method, through which the estimates of heritability were 0.39 ± 0.19 , 0.04 ± 0.71 , 0.12 ± 0.40 , 0.55 ± 0.36 for body weight (P) at

birth, 12, 18 and 24 months of age, respectively and 0.30 ± 0.48 and 0.52 ± 0.45 for scrotal circumference (CE) to 18 and 24 months of age (E), respectively. The estimates obtained from the genetic parameters suggest selection by P and CE at 24 months of age. Due to the reduced data the estimates values were not precise and should be as approximate levels of parameters for the population under study.

Key words: Heritability, young crossbred bulls, body weight, scrotal circumference.

INTRODUCCIÓN

La limitada evaluación genética de los reproductores bovinos que se hace en Venezuela [5] es consecuencia de la escasa información de parámetros genéticos para dichas poblaciones en las condiciones que caracterizan los sistemas de producción del país. Considerar los parámetros estimados en otras poblaciones como valores teóricos que pueden aplicarse en situaciones particulares, independientemente de las condiciones en las que se desarrollan, constituye un factor de imprecisión elevado que resta valor a los resultados así obtenidos.

La producción bovina de la región zuliana se ha caracterizado principalmente por la explotación de sistemas de producción doble propósito, donde la adaptación de tales parámetros resulta mucho menos acertada. De tal manera que es fundamental la estimación de parámetros genéticos propios, sobre todo de caracteres de importancia económica, como los relativos al crecimiento y a la reproducción, para dichas poblaciones en las condiciones específicas de sus sistemas de producción.

En cuanto al crecimiento, los pesos corporales siguientes podrían considerarse como básicos, al nacer, 12, 18 y 24 meses de edad. Entre los aspectos que ocasionan la baja efi-

ciencia reproductiva de los rebaños mestizos, el potencial del macho, por su uso masivo en el rebaño, es de interés especial. La información suministrada por los valores de producción y calidad seminal constituye parte de la evaluación del toro, pero dada la gran variabilidad de estas características producto de su gran sensibilidad a los efectos ambientales, su utilización está supeditada a un control cabal de tales efectos, lo cual es casi imposible. La evaluación de la fertilidad potencial del macho suministra análisis satisfactorios que permiten tomar decisiones acertadas. El estudio del crecimiento testicular a través de la circunferencia escrotal, ha demostrado ser uno de los caracteres de mayor utilidad en proveer información de la potencial fertilidad del toro [5, 10, 12, 15, 16, 20, 22, 26, 29, 36, 46, 52].

Al disponer de parámetros genéticos se pueden utilizar diversas herramientas de selección de alta eficiencia y precisión que garanticen una respuesta. Esto permitirá identificar los animales con los mejores potenciales genotípicos y conjuntamente con investigaciones en otros aspectos como alimentación, sanidad y manejo, iniciar el mejoramiento de un sistema productivo que desde hace mucho se ha denominado tradicional, y que en los últimos años parece haber llegado a sus límites de eficiencia y requiere de una renovación.

De esta forma se llevó a cabo una investigación con el objetivo principal de estimar los índices de heredabilidad de peso corporal y circunferencia escrotal obtenidos en toretes mestizos, de un sistema de producción ubicado en el municipio Rosario de Perijá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos utilizados fueron obtenidos de los registros de la hacienda "La Esperanza" propiedad de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, municipio Rosario de Perijá, estado Zulia, a una altura de 100 msnm [11], zona de vida de bosque seco tropical (bs-T), temperatura promedio de 29°C (23 - 35°C), con precipitación anual de 1100 mm, distribución bimodal con máximos en mayo y octubre, y mínimos en febrero y julio. La época seca tiene una duración de cuatro a cinco meses (diciembre-abril) [18, 40]. Durante el lapso considerado para este estudio se han presentado numerosos cambios en el manejo del rebaño, especialmente en cuanto a la alimentación, producto de las limitaciones impuestas por las condiciones económicas del país, no obstante ciertas prácticas generales podrían mencionarse como importantes en dicho período: la alimentación se basó en el pastoreo de diversas especies forrajeras, tales como: *Panicum maximum*, *Brachiaria humidicola*, *B. brizantha*, *Digitaria xumfolosi* y *Echinochloa polistachya*, con una incorporación reciente de *Leucaena leucocephala*, para ser utilizada como banco de proteína. Como suplementación estratégica, y en especial durante la época seca, se empleó el suministro de heno, sales minerales, melaza y urea [3, 50]. Como objetivo del mejoramiento genético se pro-

puso generar a través de cruzamientos dirigidos y de un proceso de selección, animales adaptados al sistema de doble propósito implementado en la hacienda. Durante las primeras cuatro a cinco generaciones se trabajó en función de dos líneas de mestizaje: $\frac{5}{8}$ Holstein y $\frac{5}{8}$ Pardo Suizo, se ejerció una presión de selección alta en los caracteres relativos a la producción de leche. Los resultados de investigaciones realizadas en la hacienda [4] sugirieron una reorientación de este programa, que consistió en el mantenimiento de la línea de $\frac{5}{8}$ Holstein y el cambio progresivo del $\frac{5}{8}$ Pardo Suizo por $\frac{5}{8}$ Brahman.

El material experimental básico de este estudio lo constituyó un grupo de 544 toretes destinados a recría, de los cuales se consiguió una base de datos constituida por la información registrada de las diferentes características evaluadas, en la hacienda La Esperanza entre 1989 y 1995.

Se contó con evaluaciones del peso al nacer y mensuales entre los 12 y los 24 meses de edad, tomadas con romana de 1 kilogramo de precisión.

Con respecto a la circunferencia escrotal, se tienen registros mensuales de cada torete entre los 12 y los 24 meses de edad, tomados con cinta escrotal (Lane Manufacturing® Inc. Denver, Colorado) según la técnica descrita por Willet y Ohms [52].

A continuación se describen las variables independientes incluidas en los modelos y consideradas como ajustes:

- Efecto del toro: referida al progenitor del torete que aportó el registro, considerado como una variable discreta, simbolizada como **T**. Se asumió que este efecto y el del error no están correlacionados y son tomados de poblaciones aleatorias.
- Efecto del torete: individuo del cual se registró la información, considerado como una variable discreta de efecto fijo, simbolizada con la letra **H**.
- Efecto de la edad: considerado como variable continua de efecto fijo, registrada en días para cada fecha de evaluación, simbolizada como **ED**.
- Efecto del año: considerado como variable discreta de efecto fijo que definió el año en el cual se registró el valor de la variable. Simbolizada como **A**.
- Efecto de la época: se refirió al efecto de la época en la cual se registró la medición. Caracterizadas por la distribución de la precipitación, se consideraron tres épocas, I: seca (diciembre-marzo), II: intermedia, de lluvias moderadas (abril-julio) y III: la lluviosa (agosto-noviembre). Simbolizada como **E**. En algunos casos en lugar de época se utilizó mes, simbolizado por **M**.
- Efecto del grupo genético: grupo genético del torete, su padre o madre. Se establecieron diez grupos de acuerdo a la predominancia racial: tres de cada una de la razas siguientes Holstein, Pardo Suizo y Brahman, en las pro-

porciones de $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{8}$ y $\frac{1}{2}$; y el grupo indefinido o sin predominancia racial. La clasificación de los animales del rebaño evaluado se realizó basándose en la información registrada, considerado como una variable discreta de efecto fijo, simbolizada como **GH** para toretes, **GT** del padre y **GV** de la madre.

- Efecto del número de partos: clasificación realizada en tres grupos según el número de partos de la madre del torete, como sigue: uno, de dos a cuatro, cinco y más partos. Simbolizada por **NP**.

En algunos modelos, el peso y la circunferencia escrotal fueron considerados como covariables, simbolizadas como se indica a continuación:

$b(P_i - P_{media})$: efecto fijo de la covariable peso,

$b(CE_i - CE_{media})$: efecto fijo de la covariable circunferencia escrotal,

Se realizaron análisis de varianza a través del 'General Linear Models' del SAS [44], para evaluar cuáles efectos eran de importancia sobre las diferentes variables dependientes estudiadas. Cuando el carácter evaluado fue la CE, se excluyeron aquellas observaciones de toretes que presentaban criptorquidea, hipoplasia, o degeneración testicular, restricción que se mantuvo para los demás análisis. Los modelos utilizados fueron los siguientes:

Peso al nacer:

$$Y_{ijklmn} = \mu + A_i + M_j + NP_k + GV_l + GT_m + (AM)_{ij} + \varepsilon_{ijklmn} \quad (\text{Modelo I})$$

Peso corporal a los 12, 18 y 24 meses:

$$Y_{ijklmn} = \mu + A_i + E_j + GH_k + (GHE)_{jk} + T(GT)_{lm} + b_1(ED_{ijklmn} - ED_{media}) + b_2(CE_{ijklmn} - CE_{media}) + \varepsilon_{ijklmn} \quad (\text{Modelo II})$$

Circunferencia escrotal:

$$Y_{ijklmn} = \mu + A_i + E_j + GH_k + (GHE)_{jk} + T(GT)_{lm} + b_1(ED_{ijklmn} - ED_{media}) + b_2(P_{ijklmn} - P_{media}) + \varepsilon_{ijklmn} \quad (\text{Modelo III})$$

Se realizaron comparaciones de las variables peso al nacer, peso corporal y circunferencia escrotal, estas dos últimas a los 12, 18 y 24 meses de edad, entre los diferentes grupos de mestizaje, para lo cual se obtuvieron los promedios ajustados de cuadrados mínimos por el 'LSMEANS' del SAS [44], excluyendo los grupos con menos de tres observaciones, con los modelos siguientes:

Peso al nacer:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + M_j + NP_k + GH_l + \varepsilon_{ijklm} \quad (\text{Modelo IV})$$

Peso corporal a los 12, 18 y 24 meses:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + E_j + GH_k + (GHE)_{jk} + b_1(CE_{ijkl} - CE_{media}) + b_2(ED_{ijkl} - ED_{media}) + \varepsilon_{ijkl} \quad (\text{Modelo V})$$

Circunferencia escrotal:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + E_j + GH_k + b_1(ED_{ijkl} - ED_{media}) + b_2(P_{ijkl} - P_{media}) + \varepsilon_{ijkl} \quad (\text{Modelo VI})$$

Índices de heredabilidad

Considerando la existencia de apareamientos al azar, la h^2 se estimó por el método de correlación entre medios hermanos paternos, de acuerdo a la fórmula sugerida por Falconer [19]:

$$h^2 = 4t$$

$$t = \sigma_T^2 (\sigma_T^2 + \sigma_e^2)^{-1} \quad (t = \text{correlación intraclase})$$

donde:

σ_T^2 : Varianza del toro padre,

σ_e^2 : Varianza del error.

La estimación de componentes de varianza se realizó por el método 'Restricted Maximum Likelihood' (REML) del procedimiento VARCOMP del SAS [44].

El error estándar se calculó, asumiendo una distribución normal para la correlación intraclase (Swiger y col., citado por Becker, [6]), con la fórmula siguiente:

$$EE = 4 \{2(n-1)(1-t)^2 [1+(K-1)t]^2 [K^2(n-S)(S-1)]^{-1}\}^{1/2}$$

donde:

n.: número de observaciones,

t: Correlación intraclase,

K: número medio de hijos por toro,

S: número de toros.

Se utilizaron modelos aditivos lineales mixtos, que consideraban como aleatorios los efectos del toro-padre y del error, ajustados por efectos fijos.

Peso al nacer

El modelo VII con sólo efectos ambientales como factores de ajuste; el VIII que incorporaba el ajuste por el grupo de mestizaje del toro padre; y el IX con el efecto de toro jerarquizado dentro de su grupo de mestizaje.

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + M_j + NP_k + (AM)_{ij} + T_l + \varepsilon_{ijklm} \quad (\text{Modelo VII})$$

$$Y_{ijklmn} = \mu + A_i + M_j + NP_k + (AM)_{ij} + T_l + GT_m + \varepsilon_{ijklmn} \quad (\text{Modelo VIII})$$

$$Y_{ijklmn} = \mu + A_i + M_j + NP_k + (AM)_{ij} + T(GT)_{lm} + \varepsilon_{ijklmn} \quad (\text{Modelo IX})$$

Peso corporal y circunferencia escrotal

Se excluyó el uso del peso o la CE como covariable puesto que estos caracteres presentan una correlación genética alta [12, 15, 16] de manera que no representan ajustes exclusivamente ambientales y al ser incluidos en los modelos puede extraer parte de la variación genética aditiva del carácter evaluado [9, 17]:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + E_j + T(GT)_{kl} + \varepsilon_{ijklm} \quad (\text{Modelo X})$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento promedio del rebaño

Peso al nacimiento: El modelo evaluado, TABLA I, presentó un coeficiente de determinación bajo, no obstante resultó significativo ($P < 0,001$), con un coeficiente de variación medio. Una posibilidad de mejorar el coeficiente de determinación era a través de integrar en un solo modelo los efectos principales y sus interacciones, pero no fue posible por la cantidad reducida de datos. También se probó absorbiendo el efecto de toro padre, pero sólo se conseguía incrementar el R^2 , pues se perdía la significancia de los demás factores. Además se conocen otros efectos genéticos, tales como madre, heterosis, consanguinidad y otros no genéticos como peso y tamaño corporal de la madre, cuerno de preñez, estado lactacional, número de fetos, duración de la gestación, nutrición de la madre y temperatura ambiental [24], factores que deben estar actuan-

do sobre el peso al nacer, pero se carece de tal información para incorporarla a los modelos.

Con relación a los factores no genéticos considerados se observó efecto significativo ($P < 0,01$) del año de nacimiento, número de partos y la interacción año-mes, mientras que el mes no afectó el peso al nacer, coincidiendo con lo reportado por varios autores [2, 25, 34, 49]. Estos efectos pudiesen ser el reflejo de diferencias de tipo ambiental asociadas con la calidad y oferta de forraje, suplementación y en general con medidas de manejo. Aun cuando se disponía de la información de época no se incluyó como variable en los mismos pues, su valor de F era inferior al presentado por el mes de nacimiento.

De los efectos genéticos evaluados, el mestizaje del padre es el que afecta ($P < 0,01$) con mayor consistencia el peso al nacer, mientras que el mestizaje de la madre parece no afectar dicho carácter.

El análisis de este carácter clasificando los animales por grupo de mestizaje, indicó una superioridad significativa ($P < 0,05$) de los animales $3/4$ Brahman sobre los mestizajes de Pardo Suizo, Holstein e indefinidos, corroborando su potencial de desarrollo corporal. Es preciso indicar que las diferencias percibidas por la prueba de comparación no eran muy precisas, debido a que algunos grupos de mestizaje no contaban con un número alto de observaciones y sus errores estándar eran elevados. El hecho que los animales $3/4$ Brahman fuese el grupo con el peso al nacer mayor y con un valor de 39 kg, representa una clara diferencia con los reportes de rebaños de Brahman puros [2, 34] cuyos pesos oscilan alrededor de 22 kg, divergencia que pudiera explicarse en parte por la inclusión en este análisis únicamente de los pesos de machos y a diferencias existentes en los sistemas de producción y en las zonas climáticas de los ensayos mencionados, TABLA II.

Al clasificar los pesos al nacer por número de partos de la madre, TABLA III, se observó que el mismo se incrementa-

TABLA I
ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO AL NACER DE MACHOS MESTIZOS

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	F	Pr > F
Modelo	104	5755,03384735	1,86	0,0001
Año (A)	7	601,16440426	2,88	0,0060
Mes (M)	11	394,41564287	1,2	0,2827
Nº de Partos (P)	2	347,60240679	5,83	0,0032
Mestizaje del Padre (GP)	8	949,37264295	3,98	0,0001
Mestizaje de la Madre (GM)	9	401,57277481	1,50	0,1467
A*M	67	3011,69014704	1,51	0,0093
Error	411	12251,71615265		
Total Corregido	515	18006,75000000		
R^2		C.V.		Media
0,319604		15,711168		34,75000000

ba ($P < 0,05$) a medida que aumentaba el número de partos, coincidiendo con lo reportado en la literatura [21, 32, 49]. Esta variable está relacionada con la edad de la vaca, la cual también se ha encontrado que tiene efectos significativos sobre el peso al nacer [24, 28], aunque se han obtenido resultados contrarios [41].

Peso corporal y circunferencia escrotal a los 12, 18 y 24 meses de edad: se puede observar en la TABLA IV que el modelo propuesto para describir el peso corporal era significativo a los 12 ($P < 0,05$), 18 y 24 meses de edad ($P < 0,01$) y describía en gran parte ($R^2 = 0,75$) la variación del peso. De tal manera que las fuentes de variación estudiadas resultaron importantes, pero a los 12 meses ninguna era significativa, lo que sugiere que a esta edad el peso corporal es explicado de una manera más determinante por otras variables.

A los 12 meses el efecto de la época presentó un valor de F considerable, pero sin ser significativo, lo cual sucede a los 18 meses ($P < 0,01$), perdiendo importancia a los 24 meses, concordando con lo observado por otros autores [31, 39]. Torner y col. [47] al reportar resultados similares los explicaron señalando que la variación ambiental va perdiendo importancia a medida que el animal se desarrolla y tiene oportunidad de alimentarse por sí solo.

El mestizaje y la circunferencia escrotal del torete resultaron significativos a los 18 y 24 meses, en este período se espera que el animal ya sea púber [31], entonces los andrógenos empiezan a ejercer su efecto anabólico sobre el incremento de peso corporal [7].

El modelo VI propuesto para describir el comportamiento de la circunferencia escrotal, TABLA V sólo resultó ser ade-

TABLA II
PESO AL NACIMIENTO DE MACHOS MESTIZOS
POR GRUPO DE MESTIZAJE

Mestizaje	N	Media \pm EE (kg) (Cuadrados Mínimos)
$3/4$ Holstein	16	33,61 \pm 1,48 ^d
$5/8$ Holstein	136	34,04 \pm 0,55 ^d
$1/2$ Holstein	71	34,27 \pm 0,73 ^{cd}
$3/4$ Pardo S.	10	34,28 \pm 1,82 ^{bcd}
$5/8$ Pardo S.	62	33,20 \pm 0,76 ^d
$1/2$ Pardo S.	19	34,60 \pm 1,35 ^{bcd}
$3/4$ Brahman	7	39,43 \pm 2,18 ^a
$5/8$ Brahman	31	36,25 \pm 1,05 ^{abc}
$1/2$ Brahman	68	36,60 \pm 0,73 ^{ab}
Indefinido	115	34,23 \pm 0,60 ^{cd}

Medias con letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$).
EE: error estándar.

TABLA III
PESO AL NACIMIENTO DE MACHOS MESTIZOS
POR EL NÚMERO DE PARTOS DE LA MADRE

Número de partos	N	Media \pm EE (kg) (Cuadrados Mínimos)
1	61	33,48 \pm 0,81 ^c
2 – 4	332	35,28 \pm 0,46 ^b
5 ó más	142	36,39 \pm 0,57 ^a

Medias con letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$).
EE: error estándar.

TABLA IV
ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PESO CORPORAL DE TORETES MESTIZOS A LOS 12, 18 Y 24 MESES DE EDAD

Fuente de variación	12 Meses		18 Meses		24 Meses	
	gl	F	gl	F	gl	F
Modelo	42	2,33*	64	2,09**	68	2,66**
Año (A)	2	0,04 ^{ns}	5	1,24 ^{ns}	5	3,85**
Época (E)	2	2,85 ^{ns}	2	11,88**	2	0,63 ^{ns}
Edad en días	1	3,17 ^{ns}	1	0,13 ^{ns}	1	0,00 ^{ns}
Circunferencia escr.	1	2,37 ^{ns}	1	5,71*	1	8,79**
Toro(GT)	17	0,81 ^{ns}	33	1,03 ^{ns}	36	1,01 ^{ns}
Grupo de mestizaje del torete (GH)	6	0,24 ^{ns}	8	2,36*	8	2,37*
E*GH	4	0,89 ^{ns}	11	1,55 ^{ns}	11	1,41 ^{ns}
Error	16		44		55	
Total corregido	58		108		123	
R ²	0,859381		0,752538		0,766588	
C.V.	8,691580		11,26182		13,06056	
Media	210,5593		266,7798		339,1290	

gl: grados de libertad. ^{ns}: No significativo. *($P < 0,05$). **($P < 0,01$). R²: Coeficiente de determinación. C.V.: Coeficiente de variación.

TABLA V
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL DE TORETES MESTIZOS
A LOS 12, 18 Y 24 MESES DE EDAD

Fuente de variación	12 Meses		18 Meses		24 Meses	
	gl	F	gl	F	gl	F
Modelo	41	1,62 ^{ns}	62	0,87 ^{ns}	66	1,68**
Año (A)	1	0,00 ^{ns}	5	0,16 ^{ns}	5	1,02 ^{ns}
Época (E)	2	1,54 ^{ns}	2	1,15 ^{ns}	2	0,19 ^{ns}
Edad en días	1	0,98 ^{ns}	1	0,16 ^{ns}	1	5,14*
Peso	1	2,34 ^{ns}	1	6,72**	1	7,67**
Toro(GT)	16	0,83 ^{ns}	31	0,74 ^{ns}	34	1,17 ^{ns}
Grupo de mestizaje del torete (GH)	6	0,64 ^{ns}	8	0,23 ^{ns}	8	0,67 ^{ns}
E*GH	4	0,52 ^{ns}	11	0,34 ^{ns}	11	0,79 ^{ns}
Error	11		41		52	
Total corregido	52		103		118	
R ²		0,857609		0,567281		0,693365
C.V.		9,261884		10,21886		8,259272
Media		21,36792		27,03846		30,35714

gl: grados de libertad. ^{ns}: No significativo. *(P < 0,05). **(P < 0,01). R²: Coeficiente de determinación. C.V.: Coeficiente de variación.

TABLA VI
PESO CORPORAL Y CIRCUNFERENCIA ESCROTAL DE TORETES MESTIZOS A LOS 12, 18 Y 24 MESES DE EDAD
(MEDIA ± ERROR ESTÁNDAR)

Mestizaje	12 Meses		18 Meses		24 Meses	
	Peso (kg)	CE (cm)	Peso (kg)	CE (cm)	Peso (kg)	CE (cm)
½ Holstein	217 ± 10 ^a	22,1 ± 1,1 ^a	257 ± 11 ^a	26,2 ± 0,9 ^a	346 ± 14 ^{ab}	30,1 ± 0,7 ^a
⁵ / ₈ Holstein	227 ± 6 ^a	20,9 ± 0,7 ^a	264 ± 6 ^a	27,2 ± 0,5 ^a	354 ± 10 ^a	30,5 ± 0,5 ^a
⁵ / ₈ Pardo	224 ± 7 ^a	21,4 ± 0,8 ^a	262 ± 8 ^a	26,5 ± 0,6 ^a	336 ± 1 ^{ab}	30,0 ± 0,6 ^a
½ Brahman	239 ± 8 ^a	21,6 ± 1,0 ^a	284 ± 9 ^a	28,1 ± 0,7 ^a	372 ± 13 ^a	31,1 ± 0,7 ^a
⁵ / ₈ Brahman	230 ± 8 ^a	21,4 ± 1,0 ^a	272 ± 11 ^a	27,1 ± 1,0 ^a	371 ± 18 ^a	29,5 ± 1,2 ^a
Indefinido	227 ± 6 ^a	20,7 ± 0,8 ^a	263 ± 8 ^a	26,4 ± 0,6 ^a	321 ± 12 ^b	30,8 ± 0,6 ^a

Medias con letras distintas en la misma columna difieren significativamente (P < 0,01).

cuado para los valores del carácter observados a los 24 meses, cuando eran significativos los efectos de edad (P < 0,05) y peso (P < 0,01).

En la TABLA VI se presentan las medias de cuadrados mínimos por mestizaje de los toretes a los 12, 18 y 24 meses de peso corporal y circunferencia escrotal. Los valores de circunferencia escrotal son similares entre los grupos de mestizos en todos los períodos evaluados, pero en cuanto al peso corporal sólo se observan diferencias a los 24 meses (P < 0,01) entre los ½ y ⁵/₈ Brahman y ⁵/₈ Holstein sobre el grupo indefinido. Esto último indica que aun cuando en las primeras etapas del crecimiento el grupo indefinido pueda comportarse de manera similar a los demás mestizos, al llegar a la fase de utilización del animal, quedará por debajo de los valores promedio del rebaño.

Como se ha reportado [31], el desarrollo testicular en algunos mestizos muestra variaciones muy grandes, evidenciándose en esta evaluación donde los mestizos de Brahman (*Bos indicus*) presentan valores de circunferencia escrotal similares a los mestizos de *B. taurus*, difiriendo algunos reportes [1, 51], una explicación posible es lo señalado por Troconiz y col. [48] quienes encontraron que el desarrollo testicular y del epidídimo en los mestizos cebú (*B. indicus*) es parecido al de los *B. taurus*, aunque la madurez sexual es lenta. En este caso, además es necesario tomar en consideración el grupo genético específico que se está evaluando, pues en la hacienda se realizaba una selección por producción de leche y las vacas mestizas de Brahman seleccionadas podrían clasificarse como élite y por ende eran servidas con semen de toros superiores; de igual manera, los toros Brahman utilizados como progenitores

eran escogidos tomando en consideración sus características de circunferencia escrotal.

A los 24 meses los animales mestizos presentaron un peso corporal considerado como insuficiente para su incorporación al servicio, pero todos tenían una circunferencia escrotal alrededor de 30 cm, lo que indica su potencialidad como reproductores, por lo cual luego de una estricta selección, deberían ser sometidos a un manejo alimenticio adecuado para incrementar su peso por lo menos a 450 kg antes de ser empleados como reproductores [31].

Índices de herencia

Peso al nacimiento: el mejor índice de herencia se encontró utilizando el modelo IX, TABLA VII. El valor de $h^2 = 0,39 \pm 0,19$ estimado para este carácter es alto, coincidiendo con los valores reportados en la literatura que van desde 0,37 a 0,50 [21, 37, 43, 45], pero muestran una gran divergencia con el valor de 0,18 reportado por Montoni [34], valor éste que además difiere de lo que en general reporta la literatura al respecto, por lo que pudiera representar un resultado muy particular y de poco valor para realizar comparaciones en este caso.

Un peso elevado al nacer está correlacionado con un peso alto a la madurez, y el índice de h^2 encontrado podría sugerir seleccionar por pesos al nacer mayores, pero es necesario tener presente lo expuesto por Owens y col. [38], pues esta correlación también es positiva con problemas de distocia no deseable, estableciendo criterios prácticos de selección a edades más avanzadas (205 ó 305 días).

Peso corporal a los 12, 18 y 24 meses de edad: los estimados de h^2 para el peso corporal a las diferentes edades evaluadas obtenidos a través del método REML, TABLA VIII. En los valores de h^2 estimados para el peso corporal a los 12, 18 y 24 meses de edad se observa un incremento en el valor

del estimado, indicando que a edades mayores el peso es más influenciado por el componente genético aditivo del carácter y/o que la varianza ambiental es menor. Estos estimados y el comportamiento descrito también han sido observados por otros autores en poblaciones diferentes [7, 21, 35, 36, 42, 45, 47].

Dichos estimados de heredabilidad no son muy precisos, pues su error estándar es alto en comparación con algunos valores estimados [7, 21, 35, 36, 42, 45, 47], para mejorar la precisión es imprescindible conducir experimentos con un gran número de observaciones totales [8, 23], pues contrario a lo que podría esperarse, con modelos más sofisticados podría ganarse en el valor estimado del parámetro, pero no en la precisión [47].

Circunferencia Escrotal a los 12, 18 y 24 Meses de Edad: los pesos no se incluyeron como covariables en los modelos para estimar la h^2 de la CE, pues de acuerdo con Bourdon y Brinks [9] aun cuando el peso es el factor individual más importante que influencia la CE, no constituye un ajuste apropiado, ya que el peso no es un efecto exclusivo del ambiente. El mismo contiene un componente genético y el ajuste por peso, probablemente remueve diferencias en CE asociadas con diferencias genéticas en peso. Coulter [14] agrega que la influencia del peso corporal sobre el tamaño testicular no está aclarada; sin embargo, el tamaño testicular puede influir en el peso corporal a través de la producción de andrógenos. No obstante, otros autores [13, 27, 30, 36] sugieren que existe una variación genética aditiva para CE independiente de la variación genética en peso.

A los 12 meses no fue posible estimar valores adecuados de h^2 debido a que la población de datos disponibles se redujo considerablemente (53 toretes hijos de 22 toros), pero a los 18 y 24 meses se encontraron los valores siguientes $0,30 \pm 0,48$ y $0,52 \pm 0,45$ para la CE, TABLA IX.

TABLA VII
HEREDABILIDAD DEL PESO AL NACIMIENTO DE MACHOS MESTIZOS

Modelo	Nº Obs.	Nº Toros	Nº medio de Hijos/Toro	$h^2 \pm EE$
VII	494	67	5,1211	$0,37819 \pm 0,18383$
VIII	480	66	4,2367	$0,09920 \pm 0,18766$
IX	480	66	4,7796	$0,39052 \pm 0,19507$

Nº: número. h^2 : heredabilidad. EE: error estándar.

TABLA VIII
HEREDABILIDAD DEL PESO CORPORAL DE TORETES MESTIZOS A LOS 12, 18 Y 24 MESES DE EDAD

Edad en Meses	Nº Obs.	Nº Toros	Nº medio de Hijos/Toro	$h^2 \pm EE$
12	69	27	1,9596	$0,04628 \pm 0,71993$
18	136	41	2,6808	$0,12022 \pm 0,40526$
24	160	41	3,1951	$0,55730 \pm 0,36367$

Nº: número. h^2 : heredabilidad. EE: error estándar.

TABLA IX
HEREDABILIDAD DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL DE TORETES MESTIZOS A LOS 12, 18 Y 24 MESES DE EDAD

Edad en Meses	Nº Obs.	Nº Toros	Nº medio de Hijos/Toro	$h^2 \pm EE$
12	53	22	1,7913	0,96037 \pm 0,80709
18	104	33	2,5494	0,30002 \pm 0,48780
24	121	38	2,5765	0,52271 \pm 0,45502

Nº: número. h^2 : heredabilidad. EE: error estándar.

Los índices de h^2 coinciden con los valores reportados para el carácter en otras poblaciones [7, 9, 17, 33, 35, 36, 37] reafirmando que el mismo es de heredabilidad alta. No obstante los estimados son bastante imprecisos, pues los errores estándar son elevados, limitando su aplicación a la población bajo estudio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El peso al nacer de los machos nacidos en la hacienda La Esperanza durante el período objeto de estudio, está dentro del rango normal para animales mestizos. También es importante señalar que al estudiar esta variable deben ser consideradas las fuentes de variación genéticas y no genéticas. Su heredabilidad presenta valores que van de mediano a alto, por lo que debiera seleccionarse con el objetivo de mantener el carácter en esos niveles, que no tendría sentido aumentarlo pues también incrementaría la incidencia de partos distócicos.

A los 24 meses se observa que los machos mestizos presentan una circunferencia escrotal adecuada (\cong 30 cm), calificando a los mismos como potenciales reproductores; no obstante, el torete no ha alcanzado un nivel óptimo de peso corporal y debiera ser sometido a un manejo alimenticio adecuado que le permitiera superar esta limitante, y así incorporarse al programa reproductivo.

Es preciso señalar que dada la cantidad de información limitada, las conclusiones obtenidas de esta investigación servirán principalmente para orientar los aspectos metodológicos en la estimación de parámetros genéticos en poblaciones mestizas en el trópico seco, mas que para realizar recomendaciones que puedan ser de utilidad en un ámbito productivo amplio.

Los índices de heredabilidad obtenidos permiten sugerir la selección masal por peso y circunferencia escrotal a los 24 meses de edad. No es recomendable realizarla antes porque los toretes expresan mejor el potencial genético alrededor de la edad sugerida. Esta es una recomendación particular para esta población, pues por una parte la estimación realizada es un estudio de esa población en especial y no del carácter, y por otra los errores estándar altos que acompañan los estimados limitan su extrapolación a otras poblaciones.

Futuras propuestas de investigación en parámetros genéticos de caracteres en animales mestizos deberían conside-

rar: la utilización de mayor cantidad de datos y la estimación de efectos genéticos aditivos y de heterosis.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de La Universidad del Zulia por el financiamiento (Proyecto Nº 2061-96) y a la hacienda *La Esperanza* de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, por permitir utilizar sus registros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AIRE, T.; AKPOKODJE, T. Development of puberty in the White Fulani (*Bos indicus*) bull calf. **Br. Vet. J.** 131: 146-151. 1975.
- [2] ARANGO, J. Estudio genético de características de crecimiento de Brahman y sus cruces con Guzera y Nelore. Universidad Central de Venezuela. Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Programa de Post-grado en Producción Animal. (Tesis M.Sc.) Maracay, Venezuela. 158 pp. 1994.
- [3] ARAUJO-FEBRES, O. Hacienda La Esperanza: **Informe Anual 1993**. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia. (Mimeografiado). 17 pp. 1993.
- [4] ARAUJO-FEBRES, O. Experiencia con bovinos mestizos en la hacienda La Esperanza (LUZ) en Perijá. Una revisión. **Rev. Fac. Agron. (LUZ)**. 12: 121-131. 1995.
- [5] ATENCIO, A. Evaluación genética de la eficiencia productiva de toros Brahman usados en un programa de inseminación artificial. En: **XI Cursillo sobre Bovinos de Carne**. Plasse, D.; Peña de Borsotti, N.; Arango, J. (Eds). Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela: 95-128. 1995.
- [6] BECKER, W. **Manual of Quantitative Genetics**. 3rd. ed. Students Book Corporation, Pullman, WA, USA: 170 pp. 1975.
- [7] BERGMANN, J.; ZAMBORLINI, L.; PROCÓPIO, C.; ANDRADE, V.; VALE, V. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça Nelore. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** 48: 69-78. 1996.

- [8] BOGYO, T. Coefficients of variation of heritability estimates obtained from variance analyses. **Biometrics**. 20: 122-129. 1964.
- [9] BOURDON, R.; BRINKS, J. Scrotal circumference in yearling Hereford bulls: Adjustment factors, heritabilities and genetic, environmental and phenotypic relationships with growth traits. **J. Anim. Sci.** 62: 958-967. 1986.
- [10] BRINKS, J.; MCINERNEY, J.; CHENOWETH, P. Relationship of age at puberty in heifers and reproductive traits in young bulls. **Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci.** (Abstract). 29: 28-30. 1978.
- [11] Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (COPLANARH). **Atlas Inventario Nacional de Tierras**. Región del Lago de Maracaibo. Región I. Sub Regiones 1A, 1B y 1C. Caracas, Venezuela: 295 pp. 1974.
- [12] COULTER, G.; FOOTE, R. Relationship of testicular weight to age and scrotal circumference of Holstein bulls. **J. Dairy Sci.** 59: 730-732. 1976.
- [13] COULTER, G.; FOOTE, R. Relationship of body weight to testicular size and consistency and growing Holstein bulls. **J. Anim. Sci.** 44: 1076-1079. 1977.
- [14] COULTER, G. Implications of testicular size on breeding soundness evaluation of young beef bulls. **Proc. Annu. Meet. Soc. Theriogenology**: 88-97. 1979.
- [15] COULTER, G.; FOOTE, R. Bovine testicular measurements as indicators of reproductive performance and their relationship to productive traits in cattle: A review. **Theriogenology**. 11: 297-311. 1979.
- [16] COULTER, G.; KELLER, D. Scrotal circumference of young beef bulls: Relationship to paired testes weight, effect of breed, and predictability. **Can. J. Anim. Sci.** 62: 133-139. 1982.
- [17] COULTER, G.; MAPLETOF, R.; KOZUB, G.; CATES, W. Scrotal circumference of young bulls: Heritability in one- and two-year-old bulls of different breeds. **Can. J. Anim. Sci.** 67: 645. 1987.
- [18] EWEL, D.; MADRIZ, A.; TOSI JR, J. **Zonas de Vida de Venezuela: Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico**. 2^{da} ed. Ministerio de Agricultura y Cría. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Caracas, Venezuela: 270 pp. 1976.
- [19] FALCONER, D. **Introduction to Quantitative Genetics**. 2nd ed. Longman Inc. Great Britain: 340 pp. 1981.
- [20] GIPSON, T.; VOGT, D.; MASSEY, J.; ELLERSIECK, M. Associations of scrotal circumference with semen traits on young beef bulls. **Theriogenology**. 24: 217-225. 1985.
- [21] GROEN, A.; VOS, H. Genetic parameters for body weight and growth in Dutch Black and White replacement stock. **Livest. Prod. Sci.** 41: 201-206. 1995.
- [22] HAHN, J.; FOOTE, R.; SEIDEL JR, G. Testicular growth and related sperm output in dairy bulls. **J. Anim. Sci.** 29: 41-47. 1969.
- [23] HILL, W. Considerations in the Design of Animal Breeding Experiments. In: **Advances in Statistical Methods for Genetic Improvement of Livestock**. Gianola, D.; Hammond, K. (Eds.) Advanced Series in Agricultural Sciences. Springer-Verlag. Berlin, Germany 18: 59-76. 1990.
- [24] HOLLAND, M.; ODDE, K. Factors affecting calf birth weight: a review. **Theriogenology**. 38: 769-798. 1992.
- [25] KEBEDE, B.; GALAL, E. A study of body weight from birth to 1 year of age in european-zebu crossbred cattle in Ethiopia. **Anim. Prod.** 34: 85-93. 1982.
- [26] KING, R.; KRESS, D.; ANDERSON, D.; DOORNBOS, D.; BURFENING, P. Genetic parameters in Herefords for puberty in heifers and scrotal circumference in bulls. **Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci.** 34: 11-13. 1983.
- [27] KNIGHTS, S.; BAKER, R.; GIANOLA, D.; GIBB, J. Estimates of heritabilities and of genetic and phenotypic correlations among growth and reproductive traits in yearling Angus bulls. **J. Anim. Sci.** 58: 887-893. 1984.
- [28] LEMOS, A.; TEODORO, R.; BARBOSA, R.; FREITAS, A.; MADALENA, F. Comparative performance of six Holstein Friesian x Guzera grades in Brazil. **Anim. Prod.** 38: 157-164. 1984.
- [29] LUNSTRA, D.; LASTER, D. Influence of single-sire and multiple-sire natural mating on pregnancy rate of beef heifers. **Theriogenology**. 18: 373-382. 1982.
- [30] LUNSTRA, D.; GREGORY, K.; CUNDIFF, L. Heritability estimates and adjustment factors for the effects of bull age and age of dam on yearling testicular size in breeds of bulls. **Theriogenology**. 30: 127-136. 1988.
- [31] MADRID-BURY, N. Desarrollo Testicular y Pubertad en Toretos Mestizos. En: **Ganadería Mestiza de Doble Propósito**. González-Stagnaro, C. (Ed.). Capítulo XI. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela: 235-245. 1992.
- [32] MEIJERING, A.; POSTMA, A. Responses to sire selection for dystocia. **Livest. Prod. Sci.** 13: 251-266. 1985.
- [33] MEYER, K.; HAMMOND, K.; PARNELL, P.; MACKINNON, M.; SIVARAJASINGAM, S. Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in australian beef cattle. **Livest. Prod. Sci.** 25: 15. 1990.

- [34] MONTONI, D. Estrategias no convencionales de manejo reproductivo aplicadas a un rebaño Brahman registrado en el Estado Táchira. Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Experimental del Táchira. (Trabajo de Ascenso). Venezuela: 113 pp. 1995.
- [35] MORRIS, C.; BAKER, R.; CULLEN, N.; BOYD, P. Genetic parameters for body weight, scrotal circumference, and serving capacity in beef cattle. **N. Z. J. Agric. Res.** 35: 195 - 198. 1992.
- [36] NEELY, J.; JOHNSON, B.; DILLAR, E.; ROBISON, O. Genetic parameters for testes size and sperm number in Hereford bulls. **J. Anim. Sci.** 55: 1033-1040. 1982.
- [37] NELSEN, T.; SHORT, R.; URICK, J.; REYNOLDS, W. Heritabilities and genetic correlations of growth and reproductive measurements in Hereford bulls. **J. Anim. Sci.** 63: 409-417. 1986.
- [38] OWENS, F.; DUBESKI, P.; HANSON, C. Factors that alter the growth and development of ruminants. **J. Anim. Sci.** 71: 3138-3150. 1993.
- [39] PERRY, V.; CHENOWETH, P.; POST, T.; MUNRO, R. Patterns of development of gonads, sex drive and hormonal responses in tropical beef bulls. **Theriogenology.** 35: 473-485. 1991.
- [40] PETERS, W.; NOGUERA, N.; MATERANO, G. Estudio detallado de suelos de la hacienda "La Esperanza". La Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Departamento de Edafología. (Mimeografiado): 70 pp. 1978.
- [41] PLASSE, D., BELTRÁN, J.; VERDE, O.; MÁRQUEZ, N.; CAPRILES, A.; ARRIOJAS, L.; SHULTZ, T.; BRASCHI, N.; BENAVIDES, A. Tendencias anuales de producción e influencias genéticas y ambientales en un rebaño Brahman genéticamente cerrado. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 2: 85-102. 1994.
- [42] RICO, C.; PLANAS, T.; MECHACA, I.; GARCÍA, F. Parámetros genéticos del crecimiento a diferentes edades en ganado cebú. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 2: 1-8. 1994.
- [43] SAAVEDRA, D.; URIOSTE, J. Estimación de parámetros genéticos en características predestete en ganado de carne en el Uruguay. Memorias XIV Reunión ALPA - 19º Congreso AAPA. G 28. **Rev. Arg. Prod. Anim.** 15: 902-905. 1995.
- [44] Institute INC. Statistical Analysis System for Windows. Cary, North Carolina, USA. Release 6.12. 1996.
- [45] TAWONEZVI, H. Growth of Mashona cattle on range in Zimbabwe. II. Estimates of genetic parameters and predicted response to selection. **Trop. Anim. Hlth. Prod.** 21: 170-174. 1989.
- [46] TOELLE, V.; ROBISON, O. Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive rates in cattle. **J. Anim. Sci.** 60: 89-100. 1985.
- [47] TORNER, M.; PÉREZ, L.; BERRUECOS, J.; VÁSQUEZ, C. Efectos medio ambientales que influyen en el peso al destete, al año y a los 18 meses. Estimación de heredabilidad para estas características en un hato Brahman comercial en el trópico mexicano. **Téc. Pec. Méx.** 46: 58-64. 1984.
- [48] TROCONIZ, J.; BELTRÁN, J.; BASTIDAS, H.; LARREAL, H.; BASTIDAS, P. Testicular development, body weight changes, puberty and semen traits of growing Guzerat and Nellore bulls. **Theriogenology.** 36: 815-827. 1991.
- [49] VACCARO, L.; MEJÍAS, H.; PÉREZ, A. Factores Genéticos y No Genéticos que Afectan la Producción de Bovinos de Doble Propósito. En: **Manejo de la Ganadería Mestiza de Doble Propósito.** Madrid-Bury, N.; Soto-Belloso, E. (Eds). Universidad del Zulia. Facultad de Ciencias Veterinarias. Capítulo VI. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela: 107-116. 1995.
- [50] VENTURA, M.; GONZÁLEZ, R.; RÍOS, J.; GONZÁLEZ, C.; ALVARADO, D.; MARTÍNEZ, N. Hacienda La Esperanza: Programa Técnico Económico. División de Extensión Agrícola. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia. Maracaibo, (Mimeografiado). Venezuela. 49 pp. 1986.
- [51] WILDEUS, S.; ENTWISTLE, K. A quantitative histological study of testicular and epididymal development in *Bos indicus* cross bulls. **Anim. Rep. Sci.** 6: 1-10. 1983.
- [52] WILLET, E.; OHMS, J. Measurement of testicular size and its relation to production of spermatozoa by bulls. **J. Dairy Sci.** 40: 1559-1569. 1957.