

HEREDABILIDAD DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL EN TOROS BRAHMAN

Heritability of scrotal circumference in Brahman bulls

Luis Yáñez Cuéllar*

Ricardo Contreras Durán**

Milagros Arriojas de Canelón**

Darío Montoni D'Aversa**

Edmundo Rincón Urdaneta***

Ninoska Madrid Bury***

* Hacienda La Glorieta, Universidad Sur del Lago
Santa Bárbara, Estado Zulia, Venezuela

** Decanato de Investigación
Universidad Nacional Experimental del Táchira
San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela

*** Postgrado en Producción Animal, Facultad de Agronomía
Universidad del Zulia, Apartado 15205. Maracaibo, Estado Zulia

RESUMEN

Con 287 registros de los descendientes de 14 toros de un rebaño Brahman puro, pertenecientes al Centro de Recría "Santa Rosa", ubicado en una zona de vida de bosque húmedo tropical, recolectados en un período de 9 años (1984-1992) se procedió a estimar el índice de herencia (h^2) de los valores observados y estimados (por edad y/o peso) de la circunferencia escrotal a los 24 meses de edad, por medio del método de la correlación intraclase de medio hermanos paternos. Para obtener los componentes de varianza se empleó un modelo lineal de una vía de clasificación con diseño desbalanceado, que considera el efecto aleatorio del toro-padre, y los efectos fijos: mes-año de nacimiento del torete y grupo de edad de la madre. Utilizando la metodología de los cuadrados mínimos se estimaron los componentes de varianza, igualando los cuadrados medios con sus esperanzas matemáticas; las varianzas de los demás efectos se igualaron a cero. El mejor valor obtenido de $h^2 \pm$ error estándar para la circunferencia escrotal (estimada por edad y peso) a los 24 meses de los toros Brahman fue 0.46 ± 0.30 . A consecuencia del reducido número de grupos de medio hermanos y la posible exclusión de algunas fuentes de variación en el modelo estadístico, los estimados de heredabilidad reportados pueden no ser tan precisos y deberían ser considerados sólo como

indicativos de los niveles aproximados de heredabilidad para la población estudiada en particular.

Palabras clave: Heredabilidad, circunferencia escrotal, toros Brahman.

ABSTRACT

Two-hundred eighty seven progeny records of 14 sires from a purebred Brahman herd, ("Santa Rosa" Seedstock Center) located on a humid tropical area, collected in a nine years period (1984-1992), were used to estimate the coefficient of heritability (h^2) from the observed and estimated (by age and-or weight) values of scrotal circumference at 24 months of age, by intraclass correlation method of paternal halfsibs. Variance components were obtained using a linear model of one-way layout in an unbalanced design, considering sire as a random effect, including month-year at birth of bull and age group of dam as fixed effects. Using the least squares methodology the variance components were estimated, equalling actual mean squares with their expected; variances of other effects were equalled to zero. The best value for $h^2 \pm$ standard error for scrotal circumference (age and weight estimated) at 24 months of Brahman bulls was 0.46 ± 0.30 . Due to the small number of halfsibs groups and the possible exclusion of some sources of variation in the statistical model, the estimates of heritability reported might not be so precise and should be used just to

indicate approximate levels of heritability for the population under study.

Key words: Heritability, scrotal circumference, Brahman bulls.

INTRODUCCIÓN

La evaluación física de los testículos se realiza mediante la utilización de diversos criterios, de las cuales el perímetro o circunferencia escrotal (CE), obtenida con una cinta métrica metálica flexible en el punto de mayor diámetro testicular, es la más aconsejada por su alto grado de repetibilidad, alta correlación con las diversas características seminales y simplicidad de ejecución [3, 21, 34, 37, 48]

La CE está altamente correlacionada ($r = 0.95$) con el peso de los testículos en toros [9, 10, 12] el cual a su vez está relacionado a la producción diaria de esperma [1, 2, 12, 41, 48]. Además, la CE está relacionada favorablemente con las medidas de morfología seminal [7, 8, 12, 19]. En relación a esto, Cates [8] reportó que ningún toro que tenía una CE menor a 30 cm producía semen de calidad satisfactoria. También, han sido reportadas altas correlaciones genéticas negativas ($r_g = -0.71$) entre la CE y la edad a la pubertad en las novillas medio hermanas o la progenie femenina [7, 24, 46]. Además Toelle y Robison [46] reportan una correlación genética de $r_g = 0.66$ entre CE y tasa de preñez en la progenie femenina. Un mayor tamaño de los testículos también ha sido asociado positivamente con una mayor tasa de preñez en toros [29].

Por otra parte, es importante tener presente que se afirma que el desarrollo testicular es más lento en razas cebuinas que en las *B. taurus*, lo cual no tiene un efecto sobre el comportamiento reproductivo en toros adultos, aunque existe controversia en esta área [17]. En lo referente a los valores patrones por raza de la CE a una edad determinada los parámetros obtenidos en razas *B. indicus* bajo condiciones de pastoreo a nivel tropical [43, 47] no son comparables con los valores reportados para *B. taurus* en clima templado [6, 10, 13, 27]. Sin embargo, Randel [43] afirma que el tamaño pequeño de los testículos de los Brahman y sus cruces puede ser corregido por selección.

La heredabilidad (h^2) de la CE de toros ha sido reportada por diferentes autores [6, 14, 20, 25, 27, 31, 33, 39, 41], con valores entre 0.36 ± 0.13 y 0.67 ± 0.10 , la mayoría de los cuales se refieren a toros de razas *B. taurus* en ambientes templados. Los autores mencionados, estimaron la h^2 por el método de correlación intraclase, empleando modelos lineales de una vía, ajustados por los efectos fijos más importantes en cada situación.

Uno de los principales objetivos al estimar la h^2 de un carácter en un ambiente tropical a diferencia de un ambiente templado, es determinar la composición de la varianza fenotípica del carácter, para planificar las estrategias de mejoramiento.

En este estudio se estima la h^2 de la CE en toros Brahman, en un rebaño puro registrado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos original consta de un total de 287 registros de los machos descendientes de 24 toros, obtenidos del período comprendido entre los años 1984 a 1992, ambos inclusive; provenientes de los archivos del Centro de Recría de Brahman "Santa Rosa", de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET, datos no publicados).

El Centro de Recría está localizado en el Municipio Monseñor Fernández Feo, Estado Táchira, a una altitud de 330 msnm, en una zona de vida clasificada como bosque húmedo tropical (bh-T), con una precipitación promedio anual de 2600 mm, 90% de las cuales están distribuidas entre los meses de mayo a noviembre. Una descripción detallada sobre el manejo general del rebaño es presentada por Montoni y col., [36].

Sólo se analizaron los registros de los toros cuya edad estaba entre 660 y 780 días. También se realizó la restricción de los registros por el número de hijos por toro-padre, permaneciendo los grupos de medio hermanos paternos compuestos de 10 ó más individuos. De este proceso quedaron los registros de 214 toretes hijos de 10 toros.

Del carácter estudiado, la CE, sólo se cuenta con una evaluación de cada torete, alrededor de los dos años de edad, tomada con cinta escrotal (Lane Manufacturing® Inc., Denver, Colorado) según la técnica descrita por Willet y Ohms [48]. Además se realizaron estimaciones de la CE por regresión de la edad y/o el peso, como se especifica a continuación:

Estimaciones por regresión lineal simple (1 y 2) o múltiple (3), obtenidas de todas las observaciones ($n = 287$) con el 'PROC STEPWISE' del SAS [45] con las fórmulas generales descritas por Kempthorne [22].

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 \quad (1)$$

$$Y_i = \beta_0 + \beta_2 X_2 \quad (2)$$

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \quad (3)$$

donde:

Y_i : CE en centímetros, estimada por regresión de la edad (1); el peso (2) o ambos (3),

β_0 : intercepto,

β_1 : coeficiente de regresión simple (1), o parcial (3) de CE respecto de la edad,

β_2 : coeficiente de regresión simple (2), o parcial (3) de CE respecto del peso,

X_1 : edad en días a la que se evaluó la CE,

X_2 : peso en kg a 720 días.

Se utilizó un modelo lineal de una vía de clasificación, que considera el efecto aleatorio del toro-padre, ajustado por los siguientes efectos fijos: mes-año de nacimiento del torete que aporta la información de CE y grupo de edad de la madre.

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \theta_j + v_k + \varepsilon_{ijkl}$$

donde:

- Y_{ijkl} : valores observados y estimados de la CE,
- μ : intercepto, constante común para todas las observaciones,
- τ_i : efecto aleatorio del i-ésimo toro-padre,
- θ_j : efecto fijo del j-ésimo mes-año de nacimiento del torete que aporta la información,
- v_k : efecto fijo del k-ésimo grupo de edad de la madre (3, 4, 5, 6 y 7 ó más años),
- ε_{ijkl} : desviaciones ambientales y genéticas no controladas.

Se asume que los efectos de toro y el del error son independientes, no correlacionados y tomados de poblaciones aleatorias con medias cero y sus respectivas varianzas, σ^2_τ y σ^2_ε . Para estimar los componentes de varianza se utilizó el procedimiento 'General Linear Models' del SAS [45], luego los cuadrados medios se igualaron con sus respectivas esperanzas matemáticas, de acuerdo con el esquema presentado en la TABLA I, las varianzas de los demás efectos se igualaron a cero.

La h^2 para la CE, considerando la existencia de apareamientos al azar, se estimó por el método de correlación entre medios hermanos paternos, de acuerdo a la fórmula sugerida por Falconer [16]:

$$h^2 = 4t \quad t = \sigma^2_\tau (\sigma^2_\tau + \sigma^2_\varepsilon)^{-1} \quad (t = \text{correlación intraclase})$$

El error estándar del estimado de h^2 se calculó de acuerdo a Swiger y col., 1964 (citado por Becker [4]), asumiendo una distribución normal para la correlación intraclase, con la siguiente fórmula:

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

donde:

- n.: Número de observaciones.
- T: Número de toros.
- K y t: definidos previamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadísticos descriptivos del rebaño

En la TABLA II se presentan los valores promedio, desviación estándar y rango, registrados en el rebaño bajo estudio durante el lapso de tiempo comprendido entre los años 1984 y 1992. En general se puede afirmar que en los períodos pre y postdestete, el crecimiento del rebaño demostró valores característicos para la raza en las condiciones de Venezuela, siendo superiores a los pesos reportados por Atencio [3] en un estudio realizado en sabanas naturales.

Los valores de CE a 720 días coinciden bastante con lo reportado a la misma edad por Morris y col., [40] de $30.9 \pm$

TABLA I
ESPERANZAS MATEMÁTICAS DE LOS COMPONENTES DE VARIANZA

Fuente de Variación	Varianzas	
	CM	E(CM)
Toro (τ)	CM_τ	$\sigma^2_\varepsilon + K\sigma^2_\tau$
Error (ε)	CM_ε	σ^2_ε

CM = Cuadrado medio. σ^2 = Varianza. K = Número medio de hijos por toro, obtenido por el SAS [45].

TABLA II
PROMEDIOS Y DESVIACIONES ESTNDAR DEL CRECIMIENTO Y CIRCUNFERENCIA ESCROTAL DE TORETES BRAHMAN (N=287)

Carácter	Media \pm DE	Mínimo	Máximo
Peso al nacer (kg)	31.40 \pm 5.09	19	46
Peso a 205 días (kg)	160.90 \pm 24.03	73	281
Peso a 544 días (kg)	307.30 \pm 48.71	192	448
Peso a 720 días (kg)	399.40 \pm 61.48	241	556
Circunferencia escrotal (cm)	31.65 \pm 2.67	25	40
Edad del torete (días)	728.70 \pm 39.7	578	890
Edad de la madre (años)	6.27 \pm 2.69	3	14

DE = Desviación estándar.

TABLA III
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON^a ENTRE LAS VARIABLES DE TORETES BRAHMAN (N=287)

	Edad del torete	Peso al nacer	Peso a 205 d	Peso a 544 d	Peso a 720 d	Año de nacimiento	Edad de la madre
Circunferencia escrotal	0.13388 0.0233	0.19862 0.0007	0.26530 0.0001	0.45421 0.0001	0.48193 0.0001	0.25045 0.0001	-0.17946 0.0023
Peso al nacer			0.35143 0.0001	0.31764 0.0001	0.34806 0.0001	0.32149 0.0001	0.17326 0.0032
Peso a 205 días				0.52818 0.0001	0.45511 0.0001	0.03016 0.6109	0.08049 0.1739
Peso a 544 días					0.92105 0.0001	0.52549 0.0001	-0.03431 0.5627
Peso a 720 días						0.62117 0.0001	-0.05245 0.3760

^a En cada celda la primera línea corresponde a la correlación y la segunda a su significancia.

0.61 de Brahman en la región central del sur de Texas. Así mismo, son similares al valor encontrado por Soto y González [44], quienes en un ensayo con 60 machos Brahman en Venezuela, obtuvieron en promedio 31.67 ± 3.7 cm de CE y 398.7 ± 46.1 kg de peso de 600 días de edad. También con la CE de Brahman a 720 días de 31 ± 0.11 cm presentados por Atencio [3]. Sin embargo, difieren un tanto de los datos de Ocampo y col., [42] que para toros Brahman reportan a los 684.7 ± 72 días una CE de 27.6 ± 3.9 cm y un peso de 342.1 ± 38 kg ($n = 15$). La diferencia es mayor con los valores presentados por Berdugo y Sandino [5] con toros Brahman de 720 días de edad con 683 kg de peso y 37.15 ± 4.07 cm de CE. También es notoria la diferencia con Mejía y col., [32] pues, toros Brahman de 720 días de edad muestran un peso de 678.53 kg y una CE de 36.76 cm. Variaciones que posiblemente se deban a aspectos de manejo y específicamente al factor nutricional, pues las medidas de los toros del trabajos de Mejía provienen de animales que se estaban preparando para exposiciones de feria; sin descartar que los animales pertenecen a rebaños que genéticamente son diferentes.

En la TABLA III se presentan las correlaciones entre las principales variables cuantitativas consideradas en el análisis. Son positivas y significativas las correlaciones entre la CE y las variables de peso estudiadas, con tendencia a incrementarse en valor absoluto a medida que el peso corporal se tomó a edades mayores, lo cual se explica por la proximidad entre ambas mediciones, coincidiendo esta tendencia con lo reportado en la literatura [11, 25, 30, 41].

Así mismo, fue significativa la correlación entre CE y año de nacimiento ($r = 0.25$). La CE está negativamente correlacionada con la edad de la madre, pero aun cuando su significancia es alta el valor es de sólo $r = -0.17$. La correlación entre CE y edad del torete es de apenas $r = 0.13$ difiriendo del valor de 0.85 reportado por Hahn y col., [21] probablemente en reflejo

del pequeño rango de edades de los toros estudiados (120 d), el estudio de Hahn y col. tenía toros entre 1 a 6 años de edad.

También, como era de esperar, se observaron correlaciones significativas y positivas entre las variables de peso, con el valor máximo entre el peso a 544 y el de 720 días ($r = 0.92$).

Para la estimación de la CE se obtuvieron las ecuaciones de regresión cuyos coeficientes de regresión (β), de determinación (R^2), y de variación (CV), son presentados en la TABLA IV. Se puede notar que los coeficientes de determinación son un tanto bajos, especialmente para la regresión de la CE respecto de la edad. No obstante, es conveniente señalar que no se pretende establecer una ecuación de predicción para la CE de la raza Brahman en base a peso y/o edad para su uso extensivo a otras condiciones, lo que se busca es sólo una ecuación que permita estimar los valores de CE para esta evaluación en particular. Además, como se indicó anteriormente, sólo se cuenta con una evaluación del animal alrededor de los dos años de edad, lo cual limita las posibilidades de estimación.

En la TABLA V se muestran los valores observados y estimados de CE utilizados como variables dependientes. En ésta se puede evidenciar que los valores estimados por regresión de la edad son los que generan más reducción de la variación en los valores de CE, lo cual difiere de lo reportado por Berdugo y Sandino [5], pues según su estudio el peso resultó un estimador más apropiado que la edad para las medidas de CE, debido a la poca variabilidad que tienen los datos agrupados por peso.

En el análisis de la varianza presentado en la TABLA VI se puede observar que cuando la CE se ajusta por regresión, bien sea del peso, de la edad o de ambos, el efecto de la edad de la madre se hace inferior a la unidad, por lo cual fue eliminado del modelo para esos casos. Coincidiendo con los resul-

TABLA IV
COEFICIENTES DE REGRESIÓN SIMPLE Y PARCIAL DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL RESPECTO DEL PESO Y/O LA EDAD

Regresión de CE respecto de:	R ²	Cp	β_0	β_1	β_2
Peso	0.2322	2.00	23.27156459**	0.0209 9779**	
Edad	0.0179	2.00	25.08055871**		0.00902678*
Peso + Edad	0.2570	3.00	15.38863337**	0.02133237**	0.01063415**

*, ** Significativo a $P < 0.05$ y $P < 0.01$, respectivamente. R: Coeficiente de determinación. Cp: Coeficiente de Mallows. β_0 : Intercepto. β_1 : coeficiente de regresión (simple o parcial) de CE respecto de la edad. β_2 : coeficiente de regresión (simple o parcial) de CE respecto del peso.

TABLA V
PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE VALORES OBSERVADOS Y ESTIMADOS DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL DE TÓRETES BRAHMAN

Circunferencia Escrotal	N	Promedio	DE	Mínimo	Máximo
Valor observado	214	31.65	2.71	25.00	40.00
Valores Estimados:					
Por regresión del peso	214	31.65	1.30	28.33	34.94
Por regresión de la edad	214	31.62	0.26	31.04	32.12
Por regresión del peso + edad	214	31.53	1.34	27.97	34.71

N: Número. DE: Desviación estándar.

TABLA VI
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL OBSERVADA Y ESTIMADA

Circunferencia Escrotal	Fuentes de Variación						
	Error	Toro		Mes-año		Edad de Vaca	
	CM (162)	CM (9)	F	CM (38)	F	CM (4)	F
Valor observado	5.73000	9.6155	1.68	11.2442	1.96**	6.03233	1.05
Valores Estimados:							
Por regresión del peso	0.66075	1.7204	2.60**	2.5606	3.88**	0.42880	0.65
Por regresión de la edad	0.01558	0.0083	0.53	0.2796	17.94**	0.01435	0.92
Por regresión de peso+edad	0.67091	1.7686	2.64**	3.0760	4.58**	0.34061	0.51
Circunferencia Escrotal	Fuentes de Variación						
	Error	Toro		Mes-año		Edad de Vaca	
	CM (166)	CM (9)	F	CM (38)	F	CM (4)	F
Valores Estimados:							
Por regresión del peso	0.65516	1.7967	2.74**	2.5588	3.91**	0.42880	0.65
Por regresión de la edad	0.01555	0.0079	0.51	0.2926	18.81**	0.01435	0.92
Por regresión de peso+edad	0.66295	1.8327	2.76**	3.1399	4.74**	0.34061	0.51

*, ** Significativo a $P < 0.05$ y $P < 0.01$, respectivamente. (): Grados de libertad.

tados de Bourdon y Brinks [6] quienes encontraron efectos similares de la edad de la madre en toros Hereford. Sus datos indican una fuerte relación ($r = 0.43$) entre CE y peso corporal, como en este estudio ($r = 0.45$), por lo que ellos concluyen que los efectos de edad de la madre sobre la CE muy probablemente reflejan diferencias en peso corporal entre toros. Por el contrario, Lunstra y col., [31] reportan que los efectos de edad

de la madre permanecen después de ajustar la CE por peso corporal y concluyen que los efectos de edad de la madre sobre la CE parecen ser principalmente el resultado del efecto de edad de la madre sobre peso corporal. En ninguno de los análisis de este estudio el efecto de edad de la madre resultó significativo, de manera que concluir en ese sentido resultaría un tanto especulativo.

TABLA VII
HEREDABILIDAD DE CIRCUNFERENCIA ESCROTAL OBSERVADA Y ESTIMADA

Circunferencia Escrotal	R ²	CV	h ²	±	EE
Valor observado	0.409658	7.562163	0.20243	±	0.22910
Valores Estimados:					
Por regresión del peso*	0.698211	2.564034	0.45947	±	0.30832
Por regresión de la edad*	0.827143	0.394292	-0.15214	±	0.07855
Por regresión de peso+edad*	0.715395	2.582145	0.46458	±	0.30989

* Para estos estimados se excluyó del Modelo el efecto: Grupo de edad de la Madre. R: Coeficiente de determinación. h²: Heredabilidad. CV: Coeficiente de variación. EE: Error estándar.

Heredabilidad de la circunferencia escrotal

En la TABLA VII se presentan los estimados de h². Se observa un valor máximo de h² 0.46 ± 0.30 cuando se obtuvo con la CE estimada por regresión del peso y la edad, con un R² de 0.71. Sin embargo, la h² sigue siendo un tanto baja en relación al valor de 0.58 ± 0.08 para la CE en el período de 18 a 23 meses de edad [14] y más aún con el de 0.62 presentado por Atencio [3]. Así mismo, se observa que la h² de CE estimada por regresión de la edad es un valor que está fuera de los límites teóricos del parámetro, sugiriendo que esta estimación no resulta conveniente.

En general, se pudo observar que los valores de h² obtenidos son un poco más bajos que algunos reportados en la literatura, en relación a lo cual los resultados de Latimer y col., [27] podrían aportar alguna explicación, pues ellos trabajando con toros Angus, encontraron que la h² estimada al año de edad disminuía en relación a la obtenida al destete desde 0.60 ± 0.17 hasta 0.38 ± 0.16, indicando que la misma puede tender a declinar entre las edades del destete y el año. Los datos reportados por Morris y col., [38] indican esta misma tendencia pues a los 8, 11 y 13 meses de edad encontraron las siguientes h² de CE 0.50 ± 0.11; 0.33 ± 0.10 y 0.29 ± 0.10, respectivamente. Las diferencias entre los estimados de h² entre el destete y el año de edad, sugieren que las diferencias ambientales en tasas de desarrollo testicular y maduración dentro de los grupos de toros pueden tener menos efecto antes del destete que desde este momento al año de edad.

Los valores de h² estimados por Coulter y col., [14] manifiestan una inclinación inversa de 0.62 ± 0.09 a 0.78 ± 0.07 para CE de toros Holstein en los períodos de 9 y 15 meses de edad, respectivamente. Pero se observa que la h² a los 22 meses de edad desciende a 0.58 ± 0.08.

Por la estrecha correlación existente entre el peso y la CE, la tasa de crecimiento de la raza parece tener una gran influencia sobre el estimado de h² de la CE. En tal sentido Coulter y col., [13] encontraron valores de h² inferiores a los dos años en comparación con los del año de edad, sugiriendo que dentro de una raza la edad del toro evaluado puede tener un efecto sobre la magnitud del estimado. Es posible que a los

dos años, el desarrollo testicular del toro puede haber alcanzado la talla a la madurez, que fue uniforme generalmente entre toros, aún si ellos tenían el potencial genético de crecer a una tasa lenta o rápida a edades inferiores.

Coulter y col. [13], especulan que la edad de la máxima h² para CE de razas de carne disminuirá a medida que la tendencia para una madurez sexual temprana se incremente en relación a otras razas, de manera que en la raza Brahman y en relación con su madurez sexual [17], la edad de la máxima h² pudiera ser a una edad superior al año, pero no necesariamente a la que fue analizada en este estudio y como sugieren Coulter y col., [13] la aparente baja h² de la CE para algunas razas a algunas edades puede reflejar una elección inapropiada de la edad de medida.

En el presente análisis el número de observaciones es bastante limitado, lo cual seguramente está afectando la precisión de los resultados obtenidos y como lo señalan Kendall y Buckland [23] el error estándar de un estadístico casi siempre depende del tamaño muestral. Se ha dicho que los errores de muestreo se deben no sólo a interacciones de los grupos de medio hermanos con el ambiente, sino a peculiaridades genéticas de cada padre (que sea consanguíneo, exprese vigor híbrido u otra causa) y que pueden ser muy grandes, por lo que es necesario contar con un número considerable de grupos de medio hermanos, todos estudiados bajo un ambiente similar, para generar índice de herencia de confianza [15]. Esto se puede evidenciar en los datos reportados por Coulter y col., [14], quienes con un número de 319 observaciones, pero distribuidos en 52 grupos de medio hermanos obtuvieron un estimado de h² bastante confiable, de 0.62 ± 0.09 para la CE en toros Holstein a 9 meses de edad. Coulter y col., [13] tuvieron una limitante similar a la de este estudio, pues no contaban con suficiente número de hijos por toro, como en el caso de Angus de un año de edad el estimado de h² de CE fue de 0.22±0.20 con 206 toros-padre y 547 observaciones; o en Simmental de dos años de edad la h² fue 0.20±0.24 con 258 toros-padre y 537 observaciones.

En este sentido, es importante atender las consideraciones expuestas por Robertson 1959, (citado por Gianola y

Hammond [18]), pues el tamaño de las familias debería ser uniforme, Robertson presentó la fórmula $n_o = 1 + 1 t^{-1}$, para determinar el tamaño de familia óptimo, siendo t la correlación intraclase. Como una ilustración de la fortaleza del diseño, si $t = 0.1$ entonces $n_o = 11$, pero si los tamaños de familia son de 2, 4, 8, 10, 12, 16 ó 32, entonces la varianza de la correlación intraclase se incrementará en 202, 41, 3.2, 0.3, 0.2, 4.2 y 36%, respectivamente. Así una cantidad sustancial de desviación cerca del óptimo puede ser permitida con poca pérdida de la eficiencia. En este estudio, el tamaño óptimo de las familias debería estar alrededor de 10 individuos, pero existen familias compuestas de hasta 31 individuos, lo cual pudiese estar incrementando los errores estándar encontrados.

Los valores bajos de la h^2 de CE también podrían ser comparados con los índices de herencia reportados por Montoni [35], quien al evaluar caracteres de crecimiento tales como peso a los 18 y 24 meses, encontró valores de 0.32 y 0.34 respectivamente, mientras que en la literatura se reportan valores promedio superiores a 0.45 [26, 28]. Esto podría sugerir la existencia de un componente ambiental de magnitud considerable en la composición de la varianza fenotípica de los caracteres en cuestión.

También es posible que algunos efectos de importancia no hayan sido incluidos como variables de ajuste, tal es el caso de las tendencias genéticas que pudieran existir entre los toros utilizados en el Centro de Recría como reproductores y la pre-selección a que sean sometidos los toretes. En relación al último aspecto mencionado, son pocos los animales que se descartan en el Centro por no cumplir con los requisitos exigidos por la Asociación Venezolana de Criadores de Ganado Cebú (ASOCEBU) y la presión de selección a edades tempranas no es muy intensa, de manera que se asume que esta no deba ser una causa muy grande de sesgo en los estimados.

Por otra parte, Gianola y Hammond [18] exponen que para las estimaciones de h^2 es necesario el supuesto de que no es practicada ningún tipo de selección, al menos sobre los datos de las generaciones parentales. Es claro que los tamaños de las familias deberían ser iguales, condición que no se cumple en este caso.

Falconer [16] aporta otra explicación que pudiese ser de utilidad en este caso. En poblaciones experimentales y en animales de granja los progenitores con frecuencia constituyen un grupo seleccionado. Pueden ser seleccionados sobre la base del carácter cuya h^2 está siendo estimada, o sobre la base de otro carácter correlacionado con él. La selección produce que la varianza entre padres se reduzca y en consecuencia se reduce la covarianza entre hermanos. Esto pudiese estar ocurriendo en el Centro "Santa Rosa", pues la selección en base a caracteres de crecimiento corporal podría afectar el crecimiento testicular. Como resultado, el estimado de h^2 de correlación intraclase está sesgado hacia abajo, y puede representar hasta un 50% del valor real.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se obtuvieron estimados de h^2 relativamente bajos y errores estándar comparativamente altos, lo cual pudiera explicarse por la dificultad evidenciada en la estructura de los datos (bajo número de familias de medio hermanos es insuficiente y desuniformidad en el tamaño de familia óptimo, que debió estar alrededor de diez).

El mejor estimado de h^2 fue 0.46 ± 0.30 , encontrado para la CE estimada por regresión de la edad y el peso. Este valor pudiera no ser muy preciso y debiera considerarse sólo como indicativo del nivel aproximado del parámetro en la población analizada. No obstante, es un valor alto que se asemeja a algunos reportes para razas *B. taurus* en climas templados, lo cual indica que este carácter pudiera incluirse en los programas de selección para mejorar su expresión fenotípica y la de otros caracteres de reproducción relacionados, tanto en el macho como en la hembra.

Es necesario investigar más sobre la participación de otros efectos ambientales en la composición de la varianza fenotípica de la circunferencia escrotal en las condiciones del trópico venezolano, para poder realizar una estimación más precisa del componente genético aditivo. Así mismo, es indispensable continuar la evaluación de los animales del Centro de Recría para contar con una cantidad de información mayor, que permita estimar la h^2 con mucha más precisión, y así poder realizar recomendaciones mejor fundamentadas en las estrategias de selección a ser aplicadas. Además, realizar evaluaciones consecutivas de la CE en cada animal, a partir de los doce meses de edad y hasta cuando sea posible después de los 24 meses, para establecer ecuaciones de regresión que permitan estimar la CE de una manera más precisa, y también poder determinar el comportamiento de la h^2 en las diferentes etapas del crecimiento y desarrollo del animal.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento especial al Centro de Recría de Ganado Brahman "Santa Rosa", de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), por permitir utilizar sus registros, base fundamental de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALMQUIST, J.; BRANAS, R.; BARBER, K. Postpubertal changes in semen production of Charolais bulls ejaculated at high frequency and the relationship between testicular measurements and sperm output. *J. Anim. Sci.* 42: 670. 1976.
- [2] AMANN, R. Sperm production rates. In: Johnson, A.; Gomes, W. and Van Demark, N. (Eds.) *The Testis*. Academic Press. New York. USA: 432-482. 1970.

- [3] ATENCIO, A. Evaluación genética de la eficiencia productiva de toros Brahman usados en un programa de inseminación artificial. En: Plasse, D.; Peña de Borsotti, N. y Arango, J. (Eds.) **XI Cursillo sobre Bovinos de Carne**. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela: 95-128. 1995.
- [4] BECKER, B. **Manual of Quantitative Genetics**. 3rd. ed. Washington State University. USA. 170 p. 1975.
- [5] BERDUGO J.; SANDINO, R. Comportamiento de machos cebú Brahman en Colombia: peso, talla y desarrollo testicular. **El Cebú**. Nº 261: 52. 1991.
- [6] 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. 1986.
- [7] 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.** 29: 28. 1978.
- [8] CATES, G. Observations on scrotal circumference and its relationship to classification of bulls. **Proc. Annu. Meet. Soc. Theriogenology**: 1-8. 1975.
- [9] 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. 1982.
- [10] COULTER, G.; FOOTE, R. Relationship of testicular weight to age and scrotal circumference of Holstein bulls. **J. Dairy Sci.** 59: 730. 1976.
- [11] COULTER, G.; FOOTE, R. Relationship of body weight to testicular size and consistency and growing Holstein bulls. **J. Anim. Sci.** 44: 1076. 1977.
- [12] 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. 1979.
- [13] 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.
- [14] COULTER, G.; ROUNSAVILLE, T.; FOOTE, R. Heritability of testicular size and consistency in Holstein bulls. **J. Anim. Sci.** 43: 9. 1976.
- [15] DE ALBA, J. **Reproducción y Genética Animal**. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, IICA. Serie: Textos y Materiales de Enseñanza Nº 15. Edit. SIC. Turrialba, Costa Rica: 189 - 196. 1964.
- [16] FALCONER, D. **Introduction to Quantitative Genetics**. 2nd. ed. Longman Inc. Great Britain. 340 p. 1981.
- [17] GALINA, C. and Arthur, G. Review of cattle reproduction in the tropics. Part 6. The Male. **Anim. Breed. Abstr.** 59: 403. 1991.
- [18] GIANOLA, D.; HAMMOND, K. (Eds.). **Advances in Statistical Methods for Genetic Improvement of Livestock. Advanced Series in Agricultural Sciences**. 18. Springer-Verlag. Berlin, Germany. 534 p. 1990.
- [19] GIPSON, T.; VOGT, D.; MASSEY, J.; ELLERSIECK, M. Associations of scrotal circumference with semen traits on young beef bulls. **Theriogenology**. 24: 217. 1985.
- [20] GIPSON, T.; VOGT, D.; ELLERSIECK, M.; MASSEY, J. Genetic and phenotypic parameter estimates for scrotal circumference and semen traits in young beef bulls. **Theriogenology**. 28: 547. 1987.
- [21] HAHN, J.; FOOTE, R.; SEIDEL Jr, G. Testicular growth and related sperm output in dairy bulls. **J. Anim. Sci.** 29: 41. 1969.
- [22] KEMPTHORNE, O. **An Introduction to Genetic Statistics**. The Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA. 545 p. 1969.
- [23] KENDALL, M.; BUCKLAND, W. **Diccionario de Estadística**. Edit. Ediciones Pirámide, S.A. Trad. (Inglés): Morales, E. 3ra ed. Madrid, España. 384 p. 1976.
- [24] 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. 1983.
- [25] 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. 1984.
- [26] LASLEY, J. **Genetics of Livestock Improvement**. 2nd ed. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliff, New Jersey. USA. 429 p. 1972.
- [27] LATIMER, F.; WILSON, L.; CAIN, M.; STRICTKLIN, W. Scrotal measurements in beef bulls: Heritability estimates, breed and test station effects. **J. Anim. Sci.** 54: 473. 1982.
- [28] LEGATES, J.; WARWICK, E. **Cría y Mejora del Ganado**. Trad. (Inglés): Valenzuela, T. 8va ed. Edit. Interamericana McGraw-Hill. México. 344 p. 1992.

- [29] LUNSTRA, D.; LASTER, D. Influence of single-sire and multiple-sire natural mating on pregnancy rate of beef heifers. **Theriogenology**. 18: 373. 1982.
- [30] LUNSTRA, D.; FORD, J.; ECHTERNKAMP, S. Puberty in beef bulls: hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls in different breeds. **J. Anim. Sci.** 46: 1054. 1978.
- [31] 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. 1988.
- [32] MEJÍA, J.; BASTOS, M.; SANDINO, R. Relación entre peso, altura corporal y perímetro testicular con respecto a la edad en cebú Brahman en Colombia. **El Cebú**. Nº 280: 38. 1994.
- [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] MIES, A.; PUGA, J.; JOBIM, M.; WALD, V.; MATOS, S. Biometria testicular em bovino. I. Relação entre idade e medidas testiculares. **Rev. Bras. Reprod. Animal.** 4: 56. 1980.
- [35] 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. Venezuela. (Trabajo de ascenso): 60. 1995.
- [36] MONTONI, D.; ROJAS, G.; ARRIOJAS, M.; SILVA, J. Experiencias de la UNET con el Centro de Recría de Ganado Brahman. **V Jornadas de la Ganadería del Estado Táchira** (Memorias). 16 p. 1989.
- [37] MORAES, J.; MATTEVI, M.; POLI, J. Avaliação clinica da genitalia externa de touros jovens e sua relação com o cariotipo. **Rev. Bras. Reprod. Animal.** 2: 25. 1978.
- [38] MORRIS, C.; BAKER, R.; CULLEN, N. Genetic correlations between pubertal traits in bulls and heifers. **Livest. Prod. Sci.** 31: 221. 1992a.
- [39] 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. 1992b.
- [40] MORRIS, D.; TYNER, C.; MORRIS, P.; FORGASON, R.; FORGASON, J.; WILLIAMS, J.; JOUNG, M. Correlation between scrotal circumference and age in american Brahman bulls. **Theriogenology**. 31: 489. 1989.
- [41] NEELY, J.; JOHNSON, B.; DILLAR, E.; ROBISON, O. Genetic parameters for testes size and sperm number in Hereford bulls. **J. Anim Sci.** 55: 1033. 1982.
- [42] OCANTO, D.; LINARES, T.; PATIÑO, A.; RAMOS, C.; ESCOBAR, S. Indices de pubertad en bovinos machos Criollo Río Limón y Brahman. **Zoot. Trop.** 9: 25. 1992.
- [43] RANDEL, R. Características reproductivas propias del ganado Brahman. En: Huerta, N. y Belk, K. **El Ganado Brahman en el Umbral del Siglo XXI. Memorias del 8vo Congreso Mundial de la Raza Brahman**. Edit. Ediciones Astro Data, S.A. Maracaibo, Venezuela: 269-284. 1996.
- [44] SOTO, C.; GONZÁLEZ, C. Relaciones de circunferencia escrotal con peso, edad y altura en toros Brahman pre-púberes. En: **VI Congreso Venezolano de Zootecnia**. Programa y Resúmenes: GR-02. 1990.
- [45] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS User's Guide: Statistics**. SAS Institute INC. Cary. North Carolina. USA. Ver. 6.04. 584 p. 1986.
- [46] TOELLE, V.; ROBISON, O. Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive rates in cattle. **J. Anim. Sci.** 60: 89. 1985.
- [47] TROCONIZ, J.; BASTIDAS, P.; SILVA, O. Comportamiento y control reproductivo del toro en la ganadería de carne. En: Plasse, D.; Peña de Borsotti, N y Arango, J. (Eds.). **VII Cursillo sobre Bovinos de Carne**. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela: 69-88. 1991.
- [48] WILLET, E.; OHMS, J. Measurement of testicular size and its relation to production of spermatozoa by bulls. **J. Dairy Sci.** 40: 1559. 1957.