

RELACIÓN ENTRE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL, PREDOMINIO RACIAL, LA EDAD, EL PESO CORPORAL Y LA GANANCIA DIARIA DE PESO EN TOROS

Relationship between scrotal circumference and breed predominance, age, body weight and daily weight gain in crossbreed bulls

Héctor Nava-Trujillo^{1,2*}, Aldo Parra-Olivero³, Freddy Galvis-Carreño³,
Gleyda Flores-Perdomo⁴ y Armando Quintero-Moreno²

¹Produccion Animal, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes, Mérida, Mérida, Venezuela. ²Laboratorio de Andrología, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia (LUZ), Maracaibo, Edo Zulia, Venezuela. ³Estación Local El Guayabo, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), El Guayabo, Edo. Zulia, Venezuela. ⁴Universidad Nacional Experimental Sur del Lago Jesús María Semprúm (UNESUR), Santa Bárbara, Edo Zulia, Venezuela. *Correo electrónico: hectornava00@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la relación entre la circunferencia escrotal (CE), el predominio racial (PR), la edad, el peso al nacimiento (PN), el peso al destete (PD), el peso medido al día de la medición de la CE (PF), la ganancia diaria de peso desde el nacimiento al destete (GDP_1), entre el destete y el momento de la medición de la CE (GDP_2) y entre el nacimiento y momento de la medición de la CE (GDP_3) en toros mestizos bajo condiciones del trópico venezolano. La CE aumentó con la edad y se correlacionó significativamente con ésta ($r = 0,8589$, $P < 0,0001$), con el PF ($r = 0,8291$, $P < 0,0001$), la GDP_2 ($r = 0,5674$, $P < 0,0001$) y la GDP_3 ($r = 0,2867$, $P = 0,008$). La CE ajustada al año de edad se correlacionó positivamente con el PD ($r = 0,6567$, $P = 0,0001$), la GDP_1 ($r = 0,6860$, $P < 0,0001$). La CE ajustada al año fue mayor ($P < 0,05$) en los toros con predominio de la raza Brahman los cuales obtuvieron mayor GDP_1 y GDP_3 ($P < 0,05$). En conclusión, la CE aumenta a medida que aumenta la edad de los animales y este incremento está relacionado con el predominio racial y la ganancia diaria de peso.

Palabras clave: Toro, circunferencia escrotal; Brahman; Pardo suizo; Criollo limonero edad; ganancia de peso.

ABSTRACT

The objective of this trial was to determine the relationship between scrotal circumference (CE) with breed predominance (PR), age, body weight at birth (PN), body weight at weaning (PD), body weight at day of scrotal circumference measurement (PF), and daily weight gain between birth and weaning (GDP_1), between weaning and scrotal circumference measurement (GDP_2) and between birth and scrotal circumference measurement (GDP_3), of crossbred bulls under tropical conditions at Venezuela. The CE increased with the age and correlated significantly with it ($r = 0.8589$, $P < 0.0001$) and with PF ($r = 0.8291$, $P < 0.0001$), GDP_2 ($r = 0.5674$, $P < 0.0001$) and GDP_3 ($r = 0.2867$, $P = 0.008$). CE at one year of age was positively correlated with PD ($r = 0.6567$, $P = 0.0001$) and GDP_1 ($r = 0.6860$, $P < 0.0001$). CE at one year of age was higher in Brahman bulls ($P < 0.05$) which had highest GDP_1 and GDP_3 ($P < 0.05$). In conclusion, CE increase as the age of the animals increased and this was related with the breed predominance and the daily weight gain.

Key words: Bull; scrotal circumference; Brahman; Brown swiss; Criollo limonero; age; weight gain.

INTRODUCCIÓN

El desempeño reproductivo de los toros (*Bos taurus/Bos indicus*) es de suma importancia para poder lograr el objetivo de un becerro por vaca al año, y para esto, los toros deben producir semen con calidad suficiente para garantizar la mayor probabilidad de preñez. La cantidad y la calidad del semen depende de varios factores y entre éstos el tamaño testicular tiene una gran influencia [12, 18, 27, 32] dado que entre el 75 y 85% del parénquima testicular está representado por los túbulos seminíferos, lugar de producción de los espermatozoides [11, 31].

La circunferencia escrotal (CE) es una de las mediciones más utilizadas para evaluar el tamaño testicular; no solo por su sencillez en comparación con otras, como la determinación del volumen testicular o el volumen escrotal, con los que se correlaciona positivamente [10, 29] sino también por su alta correlación con la producción y calidad espermática [12, 18, 27, 32] y con la disminución de la edad a la pubertad de la progenie [19, 24].

La CE es el mejor predictor para la ocurrencia de la pubertad [7,19] e igual de eficaz que la edad o el peso para predecir la madurez sexual [7], además tiene una correlación positiva con la ganancia diaria de peso (GDP) [5] y es un carácter de alta heredabilidad [4,20,23]. Por ello, la CE es de gran interés a la hora de evaluar y seleccionar toros, ya sea para la producción de semen congelado o la utilización para monta natural.

La CE está bajo la influencia de varios factores [22, 25]. Los toros criados en regiones de clima templado tienen una mayor CE y alcanzan la pubertad a menor edad que aquellos criados en condiciones tropicales; y los toros de razas tolerantes al calor, ya sean *Bos indicus* o *Bos taurus*, tienen una menor tasa de crecimiento testicular y una mayor edad a la pubertad [7, 21]. Bajo condiciones tropicales se ha observado que, el genotipo afecta la CE, con los toros Brahman teniendo mayor circunferencia a la pubertad que toros mestizos o romosinuano [14]. Adicionalmente se ha observado que, la alimentación juega un rol importante, así los animales con mayor ganancia de peso tienen mayor CE, lo que está relacionado con la secreción de hormonas gonadotrópicas y metabólicas [7-11].

Dadas las condiciones climáticas de Venezuela, la identificación de factores que afecten el desarrollo testicular tiene gran interés a fin de diseñar estrategias de manejo que permitan evitar un retraso en la incorporación de los toros a la actividad reproductiva y por ende, en el progreso genético de los rebaños. El objetivo del presente trabajo fue determinar la relación entre la CE, la edad, el peso al nacimiento (PN), el peso al destete (PD), el peso al día de la medición de la CE (PF), la ganancia diaria de peso desde el nacimiento al destete (GDP_1), desde el destete al día de la medición de la CE (GDP_2), desde el nacimiento al día de la medición de la CE (GDP_3), y el predominio racial (PR) en toros bajo condiciones del trópico venezolano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y recolección de los datos

Se utilizaron machos bovinos destetados ($n = 44$) de diferentes edades y tres predominios raciales (Brahman, Criollo Limonero y Pardo Suizo) pertenecientes a la Estación Local El Guayabo del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicada en la población de El Guayabo, estado Zulia, que se caracteriza por ser una zona de bosque húmedo tropical, con una temperatura promedio de 28°C y una humedad relativa de 80% [16]. Los animales fueron mantenidos a pastoreo en potreros de pasto tanner (*Brachiaria radicans*) y alemán (*Echinochloa polystachya*) y suplementados con sal y minerales.

Para cada uno de los animales, el PR (Brahman, Criollo limonero o Pardo suizo), la fecha de nacimiento para el cálculo de la edad, el peso al nacimiento (PN), el peso al destete (PD) y las ganancias diarias de peso corporal (GDP_1 , GDP_2 , GDP_3) se determinaron en base a los registros individuales que se llevan en la unidad de producción. La CE fue determinada utilizando una banda métrica especial para tal fin (Realiabull®) y además luego de esto los animales fueron pesados en una balanza electrónica (Trutest® serie 2000) para la determinación del peso final (PF). La CE ajustada a los 365 días, se calculó con la siguiente fórmula $CE_{año} = CE + [(365 - \text{edad en días}) \times (CE/\text{edad en días})]$ [33]. Para evaluar el efecto de la edad sobre la CE, los animales fueron agrupados en cuatro categorías: 1) con edad entre 7 y 12,5 meses; 2) con edad entre 12,5 y 18 meses; 3) con edad entre 18 y 23,5 meses y 4) con edad entre 23,5 y 29 meses.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS® [30]. El efecto de la edad categorizada y el predominio racial sobre la CE, se evaluó a través del Modelo Lineal General (PROC GLM) y las medias se compararon con la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD test). Adicionalmente se evaluó el efecto del PR sobre la edad a la que se realizó la evaluación, sobre la CE ajustada al año de edad, sobre el PN, PD y PF y GDP_1 , GDP_2 , GDP_3 . Los coeficientes de correlación entre la CE y la edad, los diferentes pesos, las ganancias diarias de peso, la CE medida y la CE ajustada al año de edad se determinaron usando el procedimiento PROC CORR del SAS [30].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los animales se agruparon según el predominio racial y la edad (TABLA I). La CE promedió $23 \pm 5,00$ centímetros (cm) (rango 13,5-31 cm) y aumentó a medida que aumentaba la edad (TABLA II). La CE ajustada al año de edad fue $16,24 \pm 3,73$ cm (rango 10,98-30,41 cm). La edad promedio fue $18,10 \pm 6,38$ meses (rango 7,63-28,42 meses); el PN fue $31,25 \pm 6,08$ kilos (kg) (rango 20-43 kg), el PD fue de $109,11 \pm 22,38$ kg (rango 82-190 kg) y el PF fue de $183,12 \pm 71,69$ kg (rango 92,5-387 kg). La GDP_1 fue de $0,35 \pm 0,08$ kg/día, la GDP_2 fue de $0,14 \pm 0,18$ kg/día y la GDP_3 fue de $0,27 \pm 0,06$ kg/día.

Relación entre la circunferencia escrotal y predominio racial. / Nava-Trujillo, H. y col. _____

TABLA I
DISTRIBUCIÓN DE LOS ANIMALES EVALUADOS SEGÚN EL PREDOMINIO RACIAL Y LA EDAD

Predominio racial	n	Edad (meses)			
		7 - 12,5	12,5 - 18	18 - 23,5	23,5 - 29
Brahman	10	2	4	1	3
Criollo limonero	17	5	2	1	8
Pardo suizo	17	5	5	6	2

TABLA II
EDAD, PESO Y CIRCUNFERENCIA ESCROTAL DE LOS ANIMALES EVALUADOS

Clase	Rango de la edad (meses)	n	Edad promedio (meses)	Peso (Kg)	CE (cm)
1	7-12,5	12	10,89±1,58 ^d	118,54±19,14 ^c	17,95±3,80 ^d
2	12,5-18	11	14,73±1,57 ^c	156,09±25,02 ^{b,c}	20,54±1,33 ^c
3	18-23,5	8	20,37±1,96 ^b	172,00±27,68 ^b	24,76±1,96 ^b
4	23,5-29	13	26,22±1,58 ^a	272,46±59,53 ^a	28,64±2,25 ^a

Valores dentro de la misma columna, con letras diferentes difieren, $P < 0,05$.

Se determinó una correlación positiva entre la CE y la edad ($r = 0,8589$; $P < 0,0001$), el PF ($r = 0,8291$, $P < 0,0001$), la GDP_2 ($r = 0,5674$, $P < 0,0001$) y la GDP_3 ($r = 0,2867$, $P = 0,008$). La CE ajustada al año de edad, se correlacionó positivamente con el PD ($r = 0,6567$, $P < 0,0001$) y la GDP_1 ($r = 0,6860$, $P < 0,0001$).

Cuando los animales se agruparon según el PR, no se observaron diferencias significativas en la CE entre los tres grupos (TABLA III); sin embargo, se observaron diferencias significativas en la edad; por tanto, se comparó la CE ajustada al año de edad, observándose una mayor CE para los animales

con predominio Brahman, mientras que los animales con predominio Criollo Limonero no se diferenciaron de los animales con predominio Pardo Suizo (TABLA III). Los animales con predominio Brahman tuvieron un mayor peso al nacimiento, al destete y al momento de la medición de la CE, sin que se observaran diferencias significativas entre los Criollo Limonero y los Pardo Suizo para los parámetros mencionados y, además, los animales predominantemente Brahman tuvieron mayor GDP_1 que los animales con predominio Pardo Suizo y GDP_3 que los Criollo Limonero y los Pardo Suizo (TABLA IV).

TABLA III
EFFECTO DEL PREDOMINIO RACIAL SOBRE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL

Predominio Racial	Edad (meses)	CE (cm)	CE año (cm)
Brahman	17,75±7,59 ^{a,b}	24,05±5,12	17,96±5,48 ^a
Criollo Limonero	18,78±7,00 ^a	23,25±6,33	15,64±2,66 ^b
Pardo Suizo	17,64±5,22 ^b	22,12±3,27	15,83±3,33 ^b

Valores dentro de la misma columna, con letras diferentes difieren, $P < 0,05$.

TABLA IV
EFECTO DEL PREDOMINIO RACIAL SOBRE EL PESO Y LA GANANCIA DIARIA DE PESO

Predominio racial (n)	n	PN (kg)	PD (kg)	PF (kg)	GDP ₁ (kg/día)	GDP ₂ (kg/día)	GDP ₃ (kg/día)
Brahman	10	38,00±3,23 ^a	125,20±29,77 ^a	223,30±90,77 ^a	0,40±0,11 ^a	0,18±0,22	0,34±0,05 ^a
Criollo limonero	17	28,23±4,78 ^b	107,35±22,04 ^b	180,26±70,41 ^b	0,36±0,07 ^{a,b}	0,11±0,21	0,26±0,05 ^b
Pardo suizo	17	30,29±5,63 ^b	101,41±11,55 ^b	162,35±52,39 ^b	0,32±0,05 ^b	0,15±0,12	0,24±0,04 ^b

Valores dentro de la misma columna, con letras diferentes difieren, P<0,05.

La edad tuvo un efecto importante sobre la CE y esto ha sido observado previamente [7- 11, 13, 26]. En el presente estudio se observó, como era de esperarse que, tanto la CE como el peso aumentarían a medida que aumentaba la edad de los animales y se observó una correlación positiva entre la CE y la edad, lo que coincide con lo reportado por Yañez-Cuellar y col. [35], quienes observaron similarmente en toros mestizos una correlación de 0,72 (P<0,001). De igual forma, en toros de la raza Tho Tho (*Bos indicus*) se observó una correlación positiva (r = 0,90, P<0, 001) entre ambas variables [26].

El efecto de la edad sobre la CE parece estar relacionado con la secreción de hormonas gonadotrópicas y metabólicas. Durante los primeros meses de vida, el crecimiento testicular es lento y se produce un incremento en la secreción de la hormona luteinizante (LH) que está asociado con una mayor CE y menor edad a la pubertad [1,15], sin embargo, entre los 6 y 16 meses de edad el crecimiento testicular es acelerado [2], y este periodo coincide con una disminución de la secreción de LH y la hormona folículo estimulante, y con un incremento en la secreción de testosterona [1,9,10], lo que parece estar relacionado con un mecanismo de crecimiento testicular independiente de gonadotropinas y en el que participan hormonas metabólicas como insulina, leptina y el factor de crecimiento similar a la insulina 1 (IGF-1), y que se establece a medida que se acerca la pubertad y que está relacionado con la alimentación y la ganancia de peso de los animales [7-11].

El plano nutricional juega un papel determinante y ejerce un efecto conjunto con la edad sobre la CE [8,9,11]. En este trabajo, se observó una correlación positiva entre la CE y el PF y las ganancias de peso (GDP₂ y GDP₃), además, cuando la CE se ajustó al año de edad, ésta se correlacionó con el PD y con GDP₁. Varios autores han observado una correlación positiva entre la CE y el peso [10,13,20,26,33,34], la GDP₃ [17,20] y con la GDP₂ [6]. Una mejora en la alimentación tiene un efecto positivo sobre el peso corporal y la CE y esto parece ser mediado a través de un incremento en la secreción de LH y otras hormonas como insulina e IGF-1 [9], mientras que una restricción alimenticia tiene efectos contrarios, disminuyendo la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), LH, insulina e IGF-1 y

retrasando el desarrollo testicular [8]. Yañez-Cuellar y col. [34], observaron correlaciones positivas entre la CE y el PN y el peso a diferentes edades en toretes Brahman.

El PR no afectó significativamente la CE observada (TABLA III) y esto contrasta con Espitia y col. [14], quienes observaron que los toros Brahman alcanzaron una mayor CE a la pubertad que los F₁ Holstein-Brahman o los criollo Romosinuano. Mientras que Ruiz Sesma y col. [28], no observaron diferencias significativas en la CE entre toros *Bos taurus*, *Bos indicus* y los mestizos; sin embargo, al momento de la evaluación los animales mestizos *taurus-indicus* fueron significativamente más jóvenes (29 meses, P<0,05) que los puros *Bos taurus* (32,94 meses) o *Bos indicus* (31,90 meses), lo que implicaría que los mestizos presentaron una mayor tasa de crecimiento testicular. En el presente trabajo, los animales estudiados presentaron diferencias en la edad a la que se midió la CE, por lo que esta fue ajustada al año de edad, observándose que los animales con predominio Brahman tenían una mayor CE que los animales con predominio Criollo Limonero y Pardo Suizo y esto puede deberse a que los animales con predominio Brahman tuvieron una mayor GDP₁ y GDP₃ que los Criollo Limonero y Pardo Suizo, lo que evidenciaría la mayor adaptación de esta raza a condiciones ambientales tropicales [3], lo que permitió que alcanzarán una mayor CE.

CONCLUSIONES

La CE en toros mestizos está relacionada con la edad, la GDP y el predominio racial. Los animales con predominio Brahman tuvieron una mayor CE ajustada al año de edad, y esto probablemente se debió a la mayor adaptación de estos animales a las condiciones medioambientales de la zona, tomando en cuenta para esto la mayor GDP observada en estos animales. Los resultados del presente trabajo evidencian la importancia de mejorar la alimentación animal a fin de maximizar el desarrollo corporal y reducir la edad de incorporación de los toros a la actividad reproductiva y así mejorar el progreso genético de los rebaños.

Relación entre la circunferencia escrotal y predominio racial. / Nava-Trujillo, H. y col. _____

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA, Estación Local El Guayabo, El Guayabo, Edo. Zulia, Venezuela) y el Fundo La Rosita (El Guayabo, Edo. Zulia, Venezuela).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARAVINDAKSHAN, J.P.; HONARAMOOZ, A.; BARTLEWSKI, P.M.; BEARD, A.P.; PIERSON, R.A.; RAWLINGS, N.C. Pattern of gonadotropin secretion and ultrasonographic evaluation of developmental changes in the testis of early and late maturing bulls calves. **Theriogenol.** 54:339-354. 2000.
- [2] BARTH, A.D.; OMINSKI, K.H. The relationship between scrotal circumference at weaning and at one year of age in beef bulls. **Can. Vet. J.** 41:541-546. 2000.
- [3] BEATTY, D.T.; BARNES, A.; TAYLOR, E.; PETHICK, D.; MCCARTHY, M.; MALONEY, S.K. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity **J. Anim. Sci.** 84:972-985. 2006.
- [4] BOLIGON, A.A.; SILVA, J.A.V.; SESANA, R.C.; SESANA, J.C.; JUNQUEIRA J.B.; ALBUQUERQUE L.G. Estimation of genetic parameters for body weights, scrotal circumference, and testicular volume measured at different ages in Nellore cattle. **J. Anim. Sci.** 88:1215-1219. 2010.
- [5] BOLIGON, A.A.; BALD, F.; ALBURQUERQUE, L.G. Genetic parameters and relationships between growth traits and scrotal circumference measured at different ages in Nellore cattle. **Genet. Mol. Biol.** 34(2):225-230. 2011.
- [6] BOURDON, R.M.; BRINKS, J.S. 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.
- [7] BRITO, L.F.C.; SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; DODE, M.A.M.; BARBOSA, R.T.; KASTELIC, J.P. Sexual development in early- and late-maturing *Bos indicus* and *Bos indicus*-*Bos taurus* crossbred bulls in Brazil. **Theriogenol.** 62:1198-1217. 2004.
- [8] BRITO, L.F.C.; BARTH, A.D.; RAWLINGS, N.C.; WILDE, R.E.; CREWS (JR), D.H.; BOISCLAIR, Y.R.; EHRHARDT, R.A.; KASTELIC, J.P. Effect of feed restriction during calfhod on serum concentrations of metabolic hormones, gonadotropins, testosterone, and on sexual development in bulls. **Reprod.** 134:171-181. 2007a.
- [9] BRITO, L.F.C.; BARTH, A.D.; RAWLINGS, N.C.; WILDE, R.E.; CREWS (JR), D.H.; MIR, P.S.; KASTELIC, J.P. Effect of improved nutrition during calfhod on serum metabolic hormones, gonadotropins, and testosterone concentrations, and on testicular development in bulls. **Dom. Anim. Endocrinol.** 33:460-469. 2007b.
- [10] BRITO, L.F.C.; BARTH, A.D.; RAWLINGS, N.C.; WILDE, R.E.; CREWS (JR), D.H.; MIR, P.S.; KASTELIC, J.P. Circulating metabolic hormones during the peripubertal period and their association with testicular development in bulls. **Reprod. Dom. Anim.** 42:502-508. 2007c.
- [11] BRITO L.F.C.; BARTH, A.D.; WILDE, R.E.; KASTELIC, J.P. Effect of growth rate from 6 to 16 months of age on sexual development and reproductive function in beef bulls. **Theriogenol.** 77:1398-1405. 2012.
- [12] DEVKOTA, B.; KOSEKI, T.; MATSUI, M.; SASAKI, M.; KANEKO, E.; MIYAMOTO, A.; AMAYA, M.C.; MIYAKE, Y. Relationships among age, body weight, scrotal circumference, semen quality and peripheral testosterone and estradiol concentrations in pubertal and postpubertal Holstein bulls. **J. Vet. Med. Sci.** 70:119-121. 2008.
- [13] ERIKSSON, P.; LUNDEHEIM, N.; SÖDERQUIST, L. Changes in mean scrotal circumference in performance tested Swedish beef bulls over time. **Acta Vet. Scand.** 54:74. 2012.
- [14] ESPITIA, A.; PRIETO, E.; CARDOZO, J. Pubertad y circunferencia escrotal en toros Holstein x Cebú, Cebú y Romosinuano. **Rev. MVZ Córdoba.** 11(1):744-750. 2006.
- [15] EVANS, A.; DAVIES, F.; NASSER, L.; BOWMAN, P.; RAWLINGS, N. Differences in early patterns of gonadotropin secretion between early and late maturing bulls, and changes in semen characteristics at puberty. **Theriogenol.** 43:569-578. 1995.
- [16] EWEL, J.; MADRIZ, A.; TOSI, A. Bosque húmedo tropical. En: **Zonas de vida de Venezuela.** Ministerio de Agricultura y Cría/Dirección de Investigación. 2da Ed. Editorial Sucre Caracas Venezuela. 264 pp. 1968.
- [17] HAFLA, A.N.; LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; FORREST, D.W.; FOX, J.T.; FORBES, T.D.A.; DAVIS, M.E.; RANDEL, R.D.; HOLLOWAY, J.W. Relationships between feed efficiency, scrotal circumference, and semen quality traits in yearling bulls. **J. Anim. Sci.** 90:3937-3944. 2012.
- [18] KEALEY, C.G.; MACNEIL, M.D.; TESS, M.W.; GEARY, T.W.; BELLOWS, R.A. Genetic parameter estimates for scrotal circumference and semen characteristics of Line 1 Hereford bulls. **J. Anim. Sci.** 84:283-290. 2006.
- [19] LUNSTRA, D.D.; FORD J.J.; ECHTERNKAMP, S.E. Puberty in beef bulls: hormone concentrations, growth, testicular development, sperm productions and sexual aggressiveness in bulls of different breed. **J. Anim. Sci.** 46:1054-1062. 1978.

- [20] LUNSTRA, D.D.; GREGORY, K.E.; CUNDIFF, L.V. Heritability estimates and adjustment factors for yearling testicular size in different breeds of beef bulls. **Beef Res. Progress Report** 2:41-43. 1985.
- [21] LUNSTRA, D.D.; CUNDIFF, L.V. Growth and pubertal development in Brahman-, Boran-, Tuli-, Belgian Blue-, Hereford- and Angus-sired F1 bulls. **J. Anim. Sci.** 81:1414-1426. 2003.
- [22] MADRID-BURY, N.; GONZÁLEZ-STAGNARO, C. Interpretación de la circunferencia escrotal en la evaluación de la fertilidad de toros doble propósito en monta natural. En, **Desarrollo sostenible de la ganadería doble propósito**. GONZÁLEZ-STAGNARO, C.; MADRID BURY, N.; SOTO BELLOSO, E. (Eds). Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo-Venezuela. Cap. IL. Pp 604-616. 2008.
- [23] MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ, G.; GREGORY, K.E.; BENNETT, G.L.; VAN VLECK, L.D. Genetic relationships between scrotal circumference and female reproductive traits. **J. Anim. Sci.** 81:395-401. 2003.
- [24] MOSER, D.W.; BERTRAND, J.K.; BENYSHEK, L.L.; MCCANN, M.A.; KISER, T.E. Effects of selection for scrotal circumference in Limousin bulls on reproductive and growth traits of progeny. **J. Anim. Sci.** 74:2052-2057. 1996.
- [25] PALOMARES, R.A.; WOLFE, W.F. Factors that affect the scrotal circumference of the bull and its impact on herd reproductive performance. A review. **J. Clinic. Theriogenol.** 3(2):115-127. 2011.
- [26] PERUMAL, P. Scrotal Circumference and Its Relationship with Testicular Growth, Age, and Body Weight in Tho Tho (*Bos indicus*) Bulls. **International Scholarly Research Notices Volume**, Article ID 249537. 2014
- [27] POLUPAN, YU. Selection of bull on scrotal circumference. **Zootekhniya**, 7:29-30. 1994.
- [28] RUÍZ-SESMA, B.; RUIZ-HERNÁNDEZ, H.; MENDOZA-NAZAR, P.; OLIVA-LLAVEN, M.A.; GUTIÉRREZ-MICELI, F.A.; ROJAS-MARTÍNEZ, R.I.; HERRERA-HARO, J.G.; RUÍZ-SESMA, D.L.; AGUILAR-TIPACAMU, G.; LEÓN-VELASCO, H.; BAUTISTA-TRUJILLO, G.U.; RUIZ-MORENO, A.; IBARRA-MARTÍNEZ, C.E.; VILLALOBOS-ENCISO, A. Caracterización reproductiva de toros *Bos taurus* y *Bos indicus* y sus cruzas en un sistema de monta natural y sin reposo sexual en el trópico mexicano. **Rev. UDO Agrí.** 10(1):94-102. 2010.
- [29] RUSK, C.P.; KING, M.E.; MORTINER R.G.; SPEER, N.C. Relationships of scrotal volume and semen traits in beef bulls. **PAS** 18:79-84. 2002.
- [30] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). SAS/STAT User's Guide. Version 8.2. 2001.
- [31] TERRABUIO-ANDREUSSI, P. A.; SAMPAIO-COSTA, D.; CARVALHO-FARIA, C.J.; CARVALHO-FERNANDES, C. A.; DINIZ-SANTOS M.; BORGES-SILVA. J.C. Testicular histomorphometric evaluation of zebu bull breeds. **Braz. Arch. Biol. Technol.** 57(6):900-907. 2014.
- [32] VÁSQUEZ, L.; VERA, O.; ARANGO, J. Testicular growth and semen quality in peripuberal Brahman bulls. **Livest. Res. Rural Develop.** 15: Article #76. 2003.
- [33] WANG, Z.; COLAZO, M.G.; BASARAB, J.A.; GOONEWARDENE, L.A.; AMBROSE, D.J.; MARQUES, E.; PLASTOW, G.; MILLER, S.P.; MOORE, S.S. Impact of selection for residual intake on breeding soundness and reproductive performance of bulls on pasture-based multisire mating. **J. Anim. Sci.** 90:2963-2969. 2012.
- [34] YAÑEZ-CUELLAR, L.F.; CONTRERAS-DURAN, R.; ARRIJAS DE C, M.; MONTONI D'AVERSA, D.; RINCÓN-URDANETA, E.; MADRID-BURY, N. Heredabilidad de la circunferencia escrotal en toros brahman. **Rev. Cientif. FCV-LUZ** VII(3):175-183. 1997a.
- [35] YAÑEZ-CUELLAR, L.F.; MADRID-BURY, N.; CONTRERAS-DURAN, R.; RINCÓN-URDANETA, E. Relaciones de circunferencia escrotal con edad y peso corporal en toros mestizos. **Arch. Latinoam. Prod. Anim.** 5(Supl. 1):479-481. 1997b.