

# ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DEL EPIDÍDIMO EN TOROS JÓVENES MESTIZOS 5/8 HOLSTEIN Y 5/8 PARDO SUIZO CON TESTÍCULOS PEQUEÑOS

## Morphometric Analysis of Epididymis in 5/8 Holstein and 5/8 Brown Swiss Young Crossbred Bulls with Small Testes

José M. Rodríguez Márquez<sup>1</sup>, Ninoska Madrid-Bury<sup>2</sup>, Aixa Urdaneta de Romero<sup>1</sup>, José Atilio Aranguren<sup>1</sup>  
y Armando Quintero M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Veterinarias, Apartado 15252. <sup>2</sup>Facultad de Agronomía, Apartado 15205.  
Universidad del Zulia. Maracaibo 4005-A, Edo. Zulia, Venezuela.

### RESUMEN

Doce toros de 24 meses de edad fueron utilizados luego de ser descartados como reproductores. Agrupados por la causa de eliminación (desarrollo corporal y características morfométricas testiculares): Grupo 1 (n=2 5/8 Holstein) criptorquidia unilateral; Grupo 2 (n=1 5/8 Pardo Suizo) hipoplasia testicular bilateral total; Grupo 3 (n=4 5/8 Pardo Suizo) testículos simétricos, bajo desarrollo testicular y/o corporal y Grupo 4 (n=5: 4 5/8 Holstein; 1 5/8 Pardo Suizo) testículos asimétricos. Se tomó el peso corporal, circunferencia escrotal (CE), semen por electroeyacuación y niveles séricos de testosterona. Los epidídimos se obtuvieron por castración, tomándoseles el peso y longitud, así como secciones transversales de cabeza y cola para estudio histológico, en 10 túbulos de cada región fue medida la altura del epitelio epididimal (AEE) y el diámetro. La estadística consistió en determinar la correlación entre las variables estudiadas. A los grupos 1 (criptorquídicos) y 2 (hipoplásico) se les hizo análisis descriptivo por separado debido a las lesiones encontradas. Las diferentes variables fueron comparadas entre los grupos 3 y 4. Los criptorquídicos mostraron mayor AEE en la cabeza y mayor diámetro en la cabeza y cola que los intactos, demostrando un desarrollo compensatorio del epidídimo en peso, longitud e histología, igualmente producen testosterona en niveles superiores ( $5,23 \pm 0,75$  ng/mL) contra ( $1,94 \pm 0,96$  ng/mL) en los intactos. El toro hipoplásico mostró un epitelio epididimal no desarrollado, producto de la no-función testicular. La alta CE fue asociada con la mayor AEE en la cabeza ( $r=0,74$ ;  $P<0,05$ ), en la cola ( $r=0,68$ ;  $P<0,05$ ) y con mayor peso ( $r=0,79$ ;  $P<0,01$ ) y longitud ( $r=0,85$ ;  $P<0,01$ ) epididimal.

El G3, todos 5/8 Pardo Suizo y con CE  $\geq 30$  cm, mostró mejores características morfométricas e histológicas de los epidídimos, así como mejor calidad seminal que los toros con asimetría testicular y CE  $< 30$  cm. La AEE en la cola se correlacionó con la testosterona sérica ( $r=0,66$ ;  $P<0,05$ ) pero no la altura de la cabeza. La AEE de la cabeza fue asociada con la concentración espermática ( $r=0,71$ ;  $P<0,05$ ) y el porcentaje de espermios normales ( $r=0,71$ ;  $P<0,05$ ). El desarrollo y mantenimiento estructural y funcional de las células del epitelio en la cabeza del epidídimo dependen de la función testicular y por lo tanto, de los andrógenos y moléculas intraluminales, pero el de la cola depende de los andrógenos sanguíneos.

**Palabras clave:** Mestizos, epidídimo, circunferencia escrotal, criptorquidismo unilateral, hipoplasia testicular, testosterona.

### ABSTRACT

Twelve bulls of 24 months of age were used after be discarded as reproducers. Grouped by the elimination cause (corporal development and testicular morphometric characteristic): Group 1 (n=2 5/8 Holstein) unilateral cryptorchidic; Group 2 (n=1 5/8 Brown Swiss) testicular hypoplasia; Group 3 (n=4 5/8 Brown Swiss) symmetrical testes, under testicular and/or corporal development and Group 4 (n=5: 4 5/8 Holstein; 1 5/8 Brown Swiss) asymmetrical testes. It was taken the corporal weight, escrotal circumference (CE), semen by electroejaculation and levels of testosterone. The epididymides is obtained for castration, was taken the weight and length, as well as transverse sections of head and tail for study histology, the epididymal epithelial height (AEE) and the diameter was measured in 10 tubular cross sections of each region. The statistic

consisted on determining the correlation between the studied variables. To the groups 1 (cryptorchidic) and 2 (hypoplastic) they were made descriptive analysis separately due to the found injuries. The different variable were compared between the groups 3 and 4. The cryptorchidic showed greater AEE in the head and greater diameter in the head and tail that the intact ones, demonstrating a compensatory development of the epididymis in weight, length and histology, equally they produce testosterone in levels superiors ( $5,23 \pm 0,75$  ng/mL) against ( $1,94 \pm 0,96$  ng/mL) in the intact ones. The bull hypoplastic showed an epididymal epithelium not developed, product of the not testicular function. The high CE was associated with greater AEE in the head ( $r=0,74$ ;  $P<0,05$ ), in the tail ( $r=0,68$ ;  $P<0,05$ ) and with greater weight ( $r=0,79$ ;  $P<0,01$ ) and length ( $r=0,85$ ;  $P<0,01$ ) epididymal. The G3 all 5/8 Brown Swiss and with  $CE \geq 30$  cm showed better morphometric and histology characteristic of the epididymides, as well as better seminal quality that the bulls with testicular asymmetry and  $CE < 30$  cm. The AEE in the tail was correlated with the testosterone ( $r=0,66$ ;  $P<0,05$ ) but not the height of the head. The AEE of the head was associated with the spermatic concentration ( $r=0,71$ ;  $P<0,05$ ) and the percentage of normal sperms ( $r=0,71$ ;  $P<0,05$ ). The development and structural and functional maintenance of the cells of the epithelium in the head of the epididymis depend on the testicular function and therefore of the intraluminal androgens and molecules, but that of the tail depends on the sanguine androgens.

**Key words:** Crossbred bulls, epididymides, scrotal circumference, unilateral cryptorchidism, testicular hypoplasia, testosterone.

## INTRODUCCIÓN

El epidídimo es un órgano esencial para la reproducción normal, siendo parte de los tubos del tracto reproductivo masculino los cuales proveen un microambiente especializado para el desarrollo, maduración y almacenamiento de espermatozoides. Como se sabe los espermatozoides que abandonan el testículo son incapaces de fertilizar un gameto femenino, debido a que en éste momento tienen una limitada capacidad biosintética la cual es maximizada a través de la acción de una serie de moléculas (biocatalizadores - iones), muchas de las cuales son secretadas por varias regiones especializadas del epitelio epididimal, de aquí, la importancia de este órgano que junto a los conductos eferentes colectivamente tienen cuatro funciones: 1.- Absorción de agua, 2.- Transporte de espermatozoides; 3.- Maduración de espermatozoides. 4.- Mantenimiento y almacenaje de espermatozoides fértiles en número suficiente para maximizar la fecundidad [1, 29]. En tal sentido, el papel del tracto reproductivo bovino en el mantenimiento y mejoramiento de la eficiencia productiva y reproductiva en cualquier sistemas de explotación, no solamente depende del desarrollo y funcionalidad de los testículos, sino también del

estatus fisiológico de los epidídimos, así como del resto de los órganos del tracto reproductivo, a tal efecto, la selección de machos mestizos como reproductores, debe llevarse a cabo de tal manera que se realice un examen clínico exhaustivo de las gónadas masculinas y sus órganos accesorios.

El tamaño exacto del escroto puede ser medido, la circunferencia escrotal (CE) se ha utilizado como excelente indicador de fertilidad ya que existe una significativa correlación positiva entre la CE y el volumen de células espermáticas y porcentaje de espermatozoides normales [27], también es indicativo del estatus patológico de los testículos (Grado de Pérdida del Epitelio Germinal), en toros jóvenes peripuberales y adultos [21, 26, 27], pudiendo ser además indicativa de la función epididimal, ya que el epidídimo tiene una relación de continuidad y contiguidad con el testículo por lo que está involucrado en la medida de la CE. Existe una correlación positiva altamente significativa entre la CE y, el peso testicular ( $r=0,98$   $P<0,001$ ), y epididimal ( $r=0,83$   $P<0,001$ ), y con la altura del epitelio del epidídimo en la cabeza ( $r=0,88$   $P<0,001$ ) así como con la cola ( $r=0,56$ ,  $P<0,05$ ) [27]. Igualmente la CE está correlacionada con el peso corporal [9], las características seminales y las reservas espermáticas del epidídimo [12, 21, 23, 27]. Así mismo, la CE es un predictor de la pubertad en toros en crecimiento [20, 21]. Todo lo anterior aunado a que la CE. es altamente heredable ( $h^2 = 0,88 \pm 0,9$ ) [13], y a su facilidad de obtención, hacen de ella una medida de alto valor para la evaluación de toros dentro de un programa de selección.

Una serie de hallazgos patológicos han sido reportados a nivel testicular. La hipoplasia testicular es una de las causas de eliminación de toros como futuros reproductores, siendo uno de los factores causantes de infertilidad, la cual representa una incidencia de 2,7% en general [14] y de aproximadamente 23% dentro de las causas de infertilidad [18], sin embargo, las alteraciones a nivel del epidídimo en animales con esta anomalía no han sido reportadas.

Los cambios morfológico macro y microscópicos del epidídimo de toros han sido estudiados [27], estos autores reportan una correlación positiva significativa del peso de ambos epidídimos con el peso del par de testículos ( $r=0,77$ ;  $P<0,001$ ) y la CE ( $r=0,88$ ;  $P<0,001$ ), de manera que el peso de los epidídimos disminuye al disminuir el peso testicular y la CE. Por otro lado, reportan un bajo peso epididimal en toros oligospermicos y azoospermicos, explicado por el hecho de que parte del peso de los epidídimos se debe a su contenido luminal, de tal manera que su peso disminuye en toros con baja o ausencia de la función testicular. Microscópicamente se ha estudiado la altura del epitelio de los epidídimos, con predominio de la altura a nivel de la cabeza respecto a la cola [27, 28], la altura del epitelio del epidídimo en la cabeza está altamente correlacionada con la CE y daños a nivel del epitelio seminífero testicular, sin embargo, la correlación de la altura del epitelio epididimal a nivel de la cola es muy baja y no correlacionada con los daños del testículo, así la altura del epitelio de la cabeza del epidídimo disminuye a medida que aumentan los daños a

nivel del epitelio seminífero ( $P < 0,01$ ), no así con la altura de la cola ( $P > 0,10$ ), posiblemente debido a que la cantidad de andrógenos intraluminal no es suficiente para impedir la regresión de la altura del epitelio de la cabeza del epidídimo [27], por otro lado, el epitelio de la cola del epidídimo en toros, no es alterado por fallas de andrógenos lumbales ya que al nacimiento éste está completamente diferenciado (revisado por Veeramachaneni) [27]. Hallazgos similares fueron encontrados por Goyal y col. [15], en machos cabríos, en los cuales se usó la altura del epitelio epididimal como marcador de diferenciación, estos autores encontraron que el epitelio de la cola del epidídimo se desarrolla previo al lumen de los túbulos seminíferos. Contrariamente, la diferenciación del epitelio de la cabeza del epidídimo ocurre simultáneamente y después de la formación del lumen de los túbulos seminíferos, de manera que depende del suministro de fluido testicular. El diámetro del ducto epididimal disminuye en toros oligospermicos, dicha disminución fue observada con mayor magnitud en toros azoospermicos [27].

La producción espermática se ve marcadamente disminuida en toros con cambios hipoplásicos o degenerativos, una baja concentración espermática en el eyaculado está correlacionada con baja altura del epitelio epididimal en la cabeza ( $r = 0,71$ ;  $P < 0,01$ ), pero no con la altura de la cola, pues con la disminución del número de espermatozoides, el epidídimo puede ser privado de un requerido grupo de enzimas y esteroides [27]. El espermatozoide adquiere su motilidad (maduración) a medida que este pasa por el epidídimo, involucrando remodelación de componentes a nivel de la membrana plasmática del espermatozoide [16], dicha motilidad empieza a ser adquirida hacia la parte media de la cabeza del epidídimo (revisado Veeramachaneni) [27], de manera que la motilidad progresiva de los espermatozoides también está correlacionada con la altura del epitelio epididimal de la cabeza ( $P < 0,01$ ) pero no con la cola ( $P > 0,10$ ) [27]. Por otro lado, un aumento de los defectos en cola y gota proximal, podría deberse a daños en la función epididimal ya que toros post-pubertad con testículos pequeños, tienen lesiones las cuales no solamente afectan el número de espermatozoides normales, sino que también causan cambios en el microambiente intratesticular, como consecuencia, éstos pueden afectar la estructura y función epididimal, causando futuros daños a los espermatozoides [27].

Una alteración también causal de eliminación de toros como futuros reproductores es el criptorquidismo, definido como fallas en el descenso de uno o ambos testículos a su posición normal dentro del escroto [17]. En los toros con criptorquidismo unilateral el testículo que desciende, se hipertrofia y produce un incremento compensatorio de los niveles de testosterona por parte de las células de Leydig [6, 8, 19]. La criptorquidia unilateral izquierda se presenta en mayor porcentaje (69%) que la derecha. La heredabilidad de esta anomalía es cuestionable, principalmente en Holstein [17]. Por otro lado, ninguna investigación ha sido orientada a medir las características morfométricas del epidídimo bajo estas condiciones.

En base a lo antes expuesto se consideró necesaria la evaluación histológica y cuantitativa del epidídimo en nuestros animales (5/8 Holstein y 5/8 Pardo Suizo). Estos toros se han presentado como la alternativa para incrementar la producción de insumos agropecuarios (leche y carne), por ser animales con un porcentaje de sangre *Bos taurus* y cebuina (5/8 Holstein x 5/16 Brahman x 1/16 Mosaico indefinido y 5/8 Pardo Suizo x 5/16 Brahman x 1/16 Mosaico indefinido) obtenidos mediante cruces alternos por inseminación artificial desde 1974 con registros genéticos de cada animal en la Hacienda La Esperanza de LUZ, animales estos adaptados a nuestro medio con un buen rendimiento desde su doble propósito de producción de leche y carne, presentando también un rendimiento satisfactorio en relación a: Peso al nacer, al destete, a la pubertad, producción láctea y, en los parámetros reproductivos [3]. De tal manera que se diseñó un estudio con el propósito de analizar: 1<sup>o</sup>.- Los hallazgos morfométricos e histopatológicos de los epidídimos en dos toros con criptorquidismo unilateral 5/8 Holstein y en un toro con hipoplasia testicular bilateral total 5/8 Pardo Suizo. 2<sup>do</sup>.- Los epidídimos desde el punto de vista cuantitativo e histológico (Peso, longitud, diámetro de los ductos epididimales y altura del epitelio epididimal) y relacionarlos con las características seminales, CE y niveles de testosterona, en toros 5/8 Holstein y 5/8 Pardo Suizo a los 24 meses de edad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon doce toros mestizos: Seis 5/8 Holstein x 5/16 Brahman x 1/16 Mosaico indefinido y, seis 5/8 Pardo Suizo x 5/16 Brahman x 1/16 Mosaico indefinido, pertenecientes al rebaño comercial de la hacienda "La Esperanza" de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, localizada en el Km. 107 de la vía Maracaibo-Machiques, del Municipio Autónomo Rosario de Perijá del estado Zulia, es una zona de bosque seco tropical, ubicada entre las coordenadas 10°15' Latitud Norte y 72°25' Longitud Oeste, aproximadamente a 100 msnm (COPLANARH, 1975) [11], con temperaturas promedio de 28°C y variaciones entre 23 y 35°C. La precipitación promedio oscila entre 700 y 1290 mm/anales, presentando un régimen bimodal con dos picos máximos (Mayo y Octubre) y dos mínimos (Enero-Febrero y Julio-Agosto). El procesamiento histológico se realizó en el laboratorio de histopatología de la Policlínica Veterinaria de la Universidad del Zulia.

Los animales pertenecientes al rebaño comercial de la hacienda, recibieron un manejo sanitario y alimenticio similar, de acuerdo a los requerimientos estándares. Los becerros fueron identificados por tatuaje auricular al nacer, criados en jaulas individuales durante 15 días, recibiendo calostro y 4 L de leche/animal/día. Posteriormente se trasladaron a los corrales con otros animales contemporáneos en edad, donde además recibieron su ración de leche diaria y, fueron suplementados con 500 g/animal/día de concentrado con 16% de proteína cruda. Pastorearon en pasto Guinea (*Panicum maximum*) hasta

los 8 meses de edad o al alcanzar 200 kg de peso corporal, momento a partir del cual fueron alimentados exclusivamente con pasto Guinea y suplementados con sales minerales. Los toros fueron incorporados individualmente al ensayo una vez cumplidos los 23 meses de edad luego de ser descartados como futuros reproductores. Se dividieron en cuatro grupos tomando en cuenta la causa de eliminación basadas en el desarrollo corporal y en las características morfométricas de los testículos, así: Grupo 1 (G1 n=2 5/8 Holstein) criptorquidia unilateral; Grupo 2 (G2) un toro 5/8 Pardo Suizo con hipoplasia testicular bilateral total; Grupo 3 (G3, n=4 5/8 Pardo Suizo) testículos simétricos con bajo desarrollo testicular y/o corporal y Grupo 4 (G4, n=5: 4 5/8 Holstein y 1 5/8 Pardo Suizo) asimetría testicular, TABLA I. A los 24 meses fueron pesados individualmente mediante el uso de una romana, con una capacidad de 5000 kg y una precisión de 1 kg; La CE fue tomada con una cinta escroto-testicular calibrada en centímetros (Lane Manufacturing IncR. Colorado). Cuya técnica de medida consistió en el desplazamiento de los testículos hasta el fondo de la bolsa escrotal con la mano, formando un anillo con los dedos índice y pulgar a nivel de la unión de los cordones testiculares con el testículo, evitando que se formen pliegues y manteniendo ambos testículos unidos; la cinta se colocó alrededor del escroto y ajustada donde el diámetro fuese mayor. Posteriormente los animales fueron electroeyaculados, para tal fin los toros luego de ser sujetados, se les realizó estimulación manual vía rectal (masajes), seguido por la estimulación eléctrica con el electroeyaculador, hasta lograr la eyacuación, a cada una de las muestras se les registró: Volumen (mL), Motilidad Masal, Motilidad Individual, Concentración Espermática y Morfología Espermática (% de Normales y, % de Anormales).

Todos los grupos de animales fueron sangrados desde las 6 a.m. a las 9 a.m. cada media hora por venopunción yugular en tubos vacutainer de 10 mL sin anticoagulante. Una vez obtenidas las muestras, éstas fueron centrifugadas a 3000 r.p.m. durante 20 min y los sueros envasado en viales plásticos, llevados al laboratorio donde se conservaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta ser analizados para la determinación de los niveles de testosterona mediante el método de Radioinmunoanálisis (RIA), utilizando kits Coat-A-Count de la Diagnostics Products Corporation (DPC), en fase sólida, el cual presenta una sensibilidad de 0,04 ng/mL y una reactividad cruzada menor al 0,05% con la Androstenediona e inferior al 0,01% para otros esteroides (androsterona y cortisol), el coeficiente de variación intra e inter-ensayo fue de 5,4 y 4,8% respectivamente.

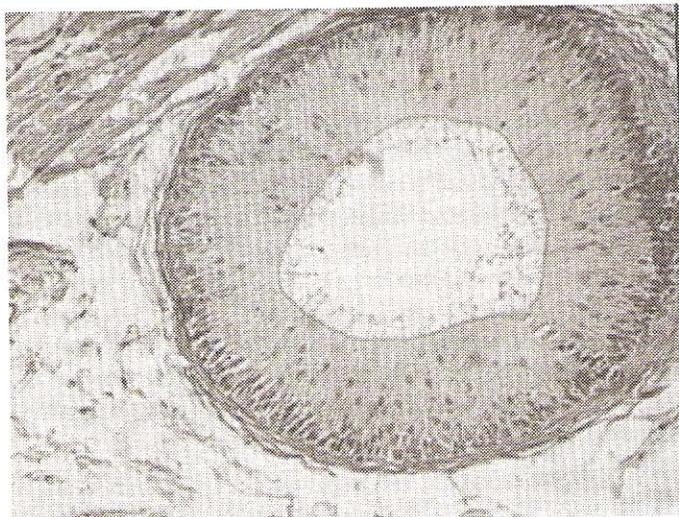
Luego del sangrado los animales fueron castrados quirúrgicamente a fin de obtener los testículos con sus epidídimos para lo cual se les administró una dosis de 20 mg/kg de Rompun (Bayer Químicas Unidas, S.A.) vía i.m. y luego de 10 min se derribaron y se mantuvieron en decúbito-lateral, procediendo a realizar el acto quirúrgico. Los epidídimos se separaron cuidadosamente de los testículos, lavados con solución fisiológica isotónica y examinados macroscópicamente, de inmediato en el mismo sitio donde se llevó a cabo la cirugía (corrales ubicados en los potreros de la hacienda), fue registrado el peso (PE) y la longitud epididimal (LE) con la ayuda de una balanza no analítica cuya sensibilidad era de 1 g (peso menor no fue posible determinar) y un vernier calibrados para tal fin, expresados en gramos y centímetros respectivamente.

Se tomaron muestras mediante cortes transversales de la cabeza y cola de los epidídimos, cada muestra fijada en Solución de Bouin por 48 horas, de inmediato rutinariamente proce-

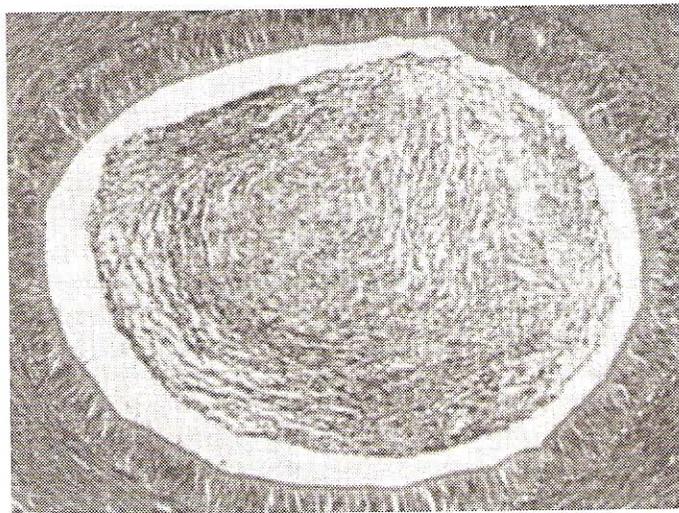
**TABLA I**  
**MEDIDA DE LA CE Y PESO CORPORAL DE TOROS MESTIZOS (5/8 HOLSTEIN Y 5/8 PARDO SUIZOS) A LOS 24 MESES DE EDAD, AGRUPADOS DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LOS TESTÍCULOS Y/O AL DESARROLLO CORPORAL**

Grupo	No. Toro	C.E. (cm)	Peso (kg)	Genotipo	Edad (meses)
1	2008	22,5	255	5/8 H.	24
1	1086	20,0	295	5/8 H.	24
2	1061	16,0	293	5/8 P.S.	24
3	1097	33,0	331	5/8 P.S.	24
3	1058	32,0	330	5/8 P.S.	24
3	1048	30,0	335	5/8 P.S.	24
3	2051	30,0	288	5/8 P.S.	24
4	1031	28,5	315	5/8 P.S.	24
4	2052	30,0	262	5/8 H.	24
4	1074	29,0	332	5/8 H.	24
4	2048	26,5	306	5/8 H.	24
4	2046	21,5	306	5/8 H.	24

C.E. = Circunferencia escrotal. P.S. = Pardo Suizo. H = Holstein.



**FIGURA 1. CABEZA DEL EPIDÍDIMO DEL TORO 1086 5/8 HOLSTEIN (CRIPTORQUÍDICO UNILATERAL). LA ALTURA DEL EPITELIO Y EL DIÁMETRO AUMENTADOS. H&E. 125X.**



**FIGURA 2. COLA DEL EPIDÍDIMO DEL TORO 1086 5/8 HOLSTEIN (CRIPTORQUÍDICO UNILATERAL). LA ALTURA DEL EPITELIO MENOR QUE EN LA CABEZA PERO EL DIÁMETRO ES MAYOR. H&E. 125X.**

sadas, incluidas en parafina, seccionadas con un grosor de 3 a 5 micras ( $\mu\text{m}$ ) y coloreados con Hematoxilina y Eosina (H&E).

Una vez obtenidos los cortes histológicos se procedió a determinar la altura del epitelio epididimal en la cabeza (AEECA) y la cola (AEECO) se midieron 10 secciones de túbulos transversos y esencialmente circulares de cada región del epidídimo (cabeza y cola) por animal y tomadas como el valor promedio de los epidídimos derecho e izquierdo, a cada túbulo se le tomaron cuatro medidas las cuales fueron promediadas, también se midió el diámetro del ducto epididimal en 10 secciones de túbulos transversos y esencialmente circulares de cada región del epidídimo. Todas medidas fueron tomadas con el uso de un analizador de imágenes computarizado (Leco

2001, Canadá), mediante la orden de medición directa de imágenes expresadas en micrómetros y con un lente de 10X en la cámara captadora de la imagen.

El análisis estadístico consistió en correlaciones para determinar el grado de relación entre la circunferencia escrotal, longitud y peso de los epidídimos, altura del epitelio epididimal, diámetro de los ductos epididimales, parámetros seminales y niveles séricos de testosterona. También se usó la prueba de t-student para comparar medias de grupos independientes, así como estadística descriptiva [24]. Todos los datos fueron procesados mediante el uso del paquete estadístico computarizado. Minitab, Inc. Ver. 7.2.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los animales del presente estudio fueron utilizados en dos ensayos previos donde se les evaluaron las características reproductivas desde los 8 hasta los 18 meses (pubertad) [2], una vez eliminados como futuros reproductores por las características antes descritas y posterior al ensayo de evaluaron histopatológica y morfométrica de los testículos [26], fueron utilizados para esta investigación y agrupados según la TABLA I.

Una serie de lesiones macroscópicas fueron encontradas en el contenido escrotal de los toros, lesiones presentadas independientemente del genotipo y de la causa de eliminación. Los toros 1097 y 1031 presentaron adherencias entre las túnicas vaginales (común y propias) en la región posterior próximas al epidídimo derecho, otros toros (1086 y 2051) mostraron adherencias de estas mismas láminas pero a nivel del cordón testicular y cola del epidídimo respectivamente, correspondiendo al 33,3% de los animales. Otra lesión encontrada fue la desaparición del seno epididimario en el 25% de los casos. La etiología principal de tales lesiones se ha atribuido a traumas en esta zona producto de golpes con cualquier elemento durante el pastoreo, ó bien debido a los intentos de monta entre los animales [26]. Del total de animales del presente estudio, dos toros (1086 y 2008) 5/8 Holstein contenían un solo testículo en el escroto (criptorquidismo unilateral izquierdo), correspondiendo al 16,66% de los animales del estudio, los animales con esta anomalía se caracterizaron por presentar muy pobre calidad seminal, con un promedio de volumen, concentración, motilidad individual y espermios normales de 1,5 mL, 200 x 106/mL, 30% y 73,5% respectivamente y, una CE en promedio de 21,1 cm, las medidas de peso (25,2 g) y de longitud (17,9 cm) del epidídimo presente en el escroto, fueron similares al de animales intactos del presente estudio. Microscópicamente la evaluación de los epidídimos en los criptorquídicos, se caracterizó por mostrar un epitelio pseudoestratificado cilíndrico en cabeza y cola, una altura del epitelio en la región de la cabeza del epidídimo mayor que en los animales intactos, no así la altura del epitelio a nivel de la cola, FIGS. 1 y 2, TABLA II. Igualmente el diámetro del ducto epididimal en la cabeza y cola fue mayor que en los intactos, indicando que en los

TABLA II

**ALTURA DEL EPITELIO ( $\mu\text{m} \pm \text{EE}$ ) A NIVEL DE LA CABEZA Y COLA DEL EPIDÍDIMO Y NIVELES PROMEDIOS DE TESTOSTERONA (N.T ng/mL) EN TOROS MESTIZOS (5/8 HOLSTEIN Y 5/8 PARDO SUIZOS) A LOS 24 MESES DE EDAD, AGRUPADOS DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LOS TESTÍCULOS Y/O AL DESARROLLO CORPORAL**

Grupo	No. Toro	N.T (ng/mL)	Epidídimo					
			Derecho		Izquierdo		Promedio/animal	
			Cabeza	Cola	Cabeza	Cola	Cabeza	Cola
1	2008	5,98	107,8 (5,12)	42,7 (1,48)	-	-	107,8 (5,12)	42,7 (1,48)
1	1086	4,48	111,6 (2,31)	35,7 (1,0)	-	-	111,6 (2,31)	35,7 (1,0)
2	1061	0,01	13,1 (0,82)	9,45 (0,43)	13,8 (0,32)	10,7 (0,56)	13,4 (0,59)	10,1 (0,49)
3	1097	1,93	96,4 (3,98)	58,3 (1,77)	101,7 (2,79)	59,3 (2,83)	99,0 (2,44)	58,8 (1,63)
3	1058	1,22	96,4 (5,12)	44,5 (3,60)	97,9 (2,75)	55,9 (3,48)	97,1 (2,83)	50,2 (2,77)
3	1048	2,28	119,6 (3,35)	43,8 (1,90)	79,6 (2,75)	55,6 (3,04)	99,6 (5,05)	48,2 (2,68)
3	2051	3,84	103,3 (3,79)	47,6 (2,01)	66,7 (3,18)	56,3 (2,93)	85,0 (4,83)	52,0 (2,0)
4	1031	4,78	85,9 (2,56)	56,8 (2,43)	86,2 (1,60)	56,9 (2,29)	82,0 (1,47)	56,9 (1,63)
4	2052	2,04	66,7 (1,26)	54,5 (1,57)	64,0 (3,29)	43,1 (1,65)	65,3 (1,74)	48,8 (1,71)
4	1074	0,70	77,8 (2,52)	44,4 (2,62)	56,9 (0,8)	39,0 (1,76)	67,4 (2,72)	42,2 (1,74)
4	2048	0,41	86,3 (2,94)	37,1 (1,80)	69,0 (2,15)	36,1 (1,10)	77,6 (2,66)	36,6 (1,03)
4	2046	4,61	58,3 (2,59)	57,3 (3,30)	60,6 (3,53)	43,1 (2,33)	59,4 (2,15)	50,2 (2,55)

animales criptorquídicos unilaterales no sólo hay crecimiento compensatorio de la gónada remanente [6, 19], sino también desarrollo compensatorio del epidídimo en cuanto al PE, LE, diámetro del ducto epididimal y altura del epitelio principalmente en la cabeza, debido a su importancia en la contribución de la calidad seminal.

En criptorquídicos se ha demostrado que la producción de testosterona aumenta para mantener la concentración media comparable con los toros intactos [8, 9, 19] e incluso niveles superiores [7], coincidiendo estos resultados con los del presente estudio, donde los toros criptorquídicos mostraron mayor concentración media de testosterona ( $5,23 \pm 0,75$  ng/mL), favoreciendo el desarrollo y la función epididimal principalmente en la región de la cabeza, la cual es dependiente de andrógenos provenientes en el fluido testicular [15]. Por otro lado, la superioridad de la concentración media de testosterona en el presente trabajo posiblemente se debió a que la criptorquidia de estos animales fue congénita, no así, la de animales de los trabajos citados la cual fue producida quirúrgicamente, en uno de estos trabajos se encontró que a menor edad en la que se realizaba la cirugía, se producía mayor actividad compensatoria del testículo remanente [9].

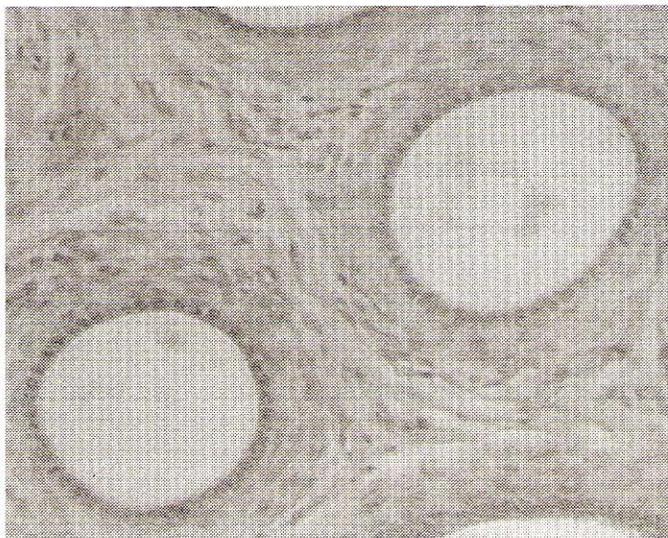
Uno de los toros del estudio, el 1061 5/8 Pardo Suizo, presentó hipoplasia testicular bilateral total, azoospermia con niveles no detectables de testosterona ( $<0,01$  ng/mL) y, una CE de apenas 16 cm lo que indica la presencia de testículos y epidídimos extremadamente pequeños, el peso de los epidídimos fue muy bajo (imperceptible a la balanza utilizada) y con

un promedio de longitud igualmente bajo (7,6 cm), la exploración del epidídimo mostró una firmeza muy irregular. Histopatológicamente los epidídimos de este animal se caracterizaron por presentar un epitelio cúbico simple y cilíndrico simple en la cabeza y cola respectivamente y desprovistos de cilios, FIGS. 3 y 4, no coincidente con el tipo de epitelio característico de los ductos epididimales. El diámetro de los ductos epididimales en la cabeza ( $226,7 \pm 14$ ) y cola ( $407,2 \pm 25,4$ ) estuvo disminuido con ausencia total de elementos espermáticos en la luz, El tejido interductal se incrementó y se observaron linfocitos esparcidos. La altura del epitelio fue extremadamente baja tanto a nivel de la cabeza como en la cola ( $13,46 \pm 0,59$   $\mu\text{m}$  y  $10,11 \pm 0,49$   $\mu\text{m}$ ) respectivamente, FIGS. 3 y 4, es decir, se caracterizó por presentar un epitelio no desarrollado, posiblemente producto de la disfunción testicular (no producción de espermatozoides y andrógenos), siendo el desarrollo del epitelio epididimal andrógeno dependiente, bien provenientes en el fluido testicular y/o suministrados vía sanguínea, como ha sido reportada en trabajos anteriores en toros (Revisado por Veeramachaneni) [27] y en machos cabríos [15], en tal sentido, la disminución o ausencia de flujo del fluido testicular hacia el epidídimo altera el microambiente intraluminal y potencialmente produce cambios funcionales y/o ausencia de desarrollo de las células del epitelio epididimal.

Los otros toros del estudio se agruparon de acuerdo a las características morfométricas de los testículos, TABLA I. Entre estos dos genotipos no se encontraron diferencias en relación al peso corporal, sin embargo, los promedios de PC es-



**FIGURA 3. CABEZA DEL EPIDÍDIMO DEL TORO 1061 5/8 PARDO SUIZO (HIPOPLÁSICO BILATERAL). OBSÉRVESE LA ALTURA DEL EPITELIO Y EL DIÁMETRO MARCADAMENTE DISMINUIDO CON UN EPITELIO CILÍNDRICO SIMPLE. H&E. 250X.**



**FIGURA 4. COLA DEL EPIDÍDIMO DEL TORO 1061 5/8 PARDO SUIZO (HIPOPLÁSICO BILATERAL). OBSÉRVESE LA ALTURA DEL EPITELIO Y EL DIÁMETRO MARCADAMENTE DISMINUIDO CON EPITELIO CÚBICO SIMPLE. H&E. 250X.**

tuvieron por debajo de los pesos reportados en otros trabajos realizados en toros de igual genotipo y edad [4], en 3/4 x 1/2 taurus x indicus [5] y en toros 1/2 Holstein x 1/2 Brahman [22]. Los toros del grupo 3 (bajo desarrollo testicular y/o corporal) presentaron mayor CE que los toros del grupo 4 (asimetría testicular) TABLA III, arrojando diferencias estadísticas significativas ( $P < 0,05$ ). En este grupo (G4= asimetría testicular) los valores promedio de las medidas anatómicas de los epidídimos (PE y LE) fueron significativamente más bajos que los animales del grupo 3 ( $P = 0,035$  y  $P = 0,032$  respectivamente),

**TABLA III  
COMPARACIÓN DEL PESO CORPORAL (PC), CE, MORFOMETRÍA EPIDIDIMAL (PE, LE), AEECA, AEEO, DIÁMETRO DE DUCTOS EPIDIDIMALES EN LA CABEZA (DDECA) Y COLA (DDECO), Y NIVELES SÉRICOS DE TESTOSTERONA EN TOROS MESTIZOS (5/8 HOLSTEIN Y 5/8 PARDO SUIZOS), AGRUPADOS DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LOS TESTÍCULOS ( $\bar{X} \pm EE$ )**

Variables	Grupo 3	Grupo 4
PC (kg)	321 (11)	304,2 (12)
CE (cm)	31,25 (0,75) <sup>a</sup>	27,10 (105) <sup>b</sup>
PE (g)	32,0 (1,6) <sup>a</sup>	24,6 (2,7) <sup>b</sup>
LE (cm)	16,63 (0,5) <sup>a</sup>	14,18 (0,87) <sup>b</sup>
AEECA ( $\mu\text{m}$ )	95,2 (5,6) <sup>c</sup>	71,2 (3,8) <sup>d</sup>
AEEO( $\mu\text{m}$ )	52,69 (2,2)	46,8 (2,7)
DDECA( $\mu\text{m}$ )	305,5 (25) <sup>c</sup>	403,8 (19,6) <sup>d</sup>
DDECO( $\mu\text{m}$ )	686,2 (37)	706,2 (32)
Testosterona (ng/mL)	2,37 (0,52)	2,51 (0,93)

a-b=  $P < 0,05$ . c-d=  $P < 0,01$ .

**TABLA IV  
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL (C.E) Y EL PESO CORPORAL (P.C); PESO DEL EPIDÍDIMO (P.E); LONGITUD DEL EPIDÍDIMO (L.E) Y LA ALTURA DEL EPITELIO EPIDIDIMAL EN LA CABEZA (A.E.E.CA) Y COLA (A.E.E.CO)**

	P.C.	P.E.	L.E	A.E.E.CA.	A.E.E.CO.
C.E.	0,20	0,79**	0,85**	0,74*	0,68*

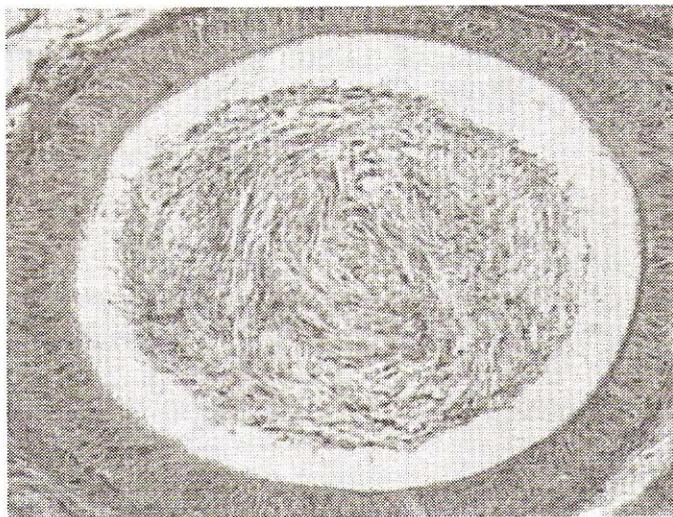
\*  $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ .

TABLA III, esta diferencia podría deberse a la baja CE en estos animales ya que a medida que disminuye la CE disminuye el PE ( $r = 0,70$ ;  $P < 0,01$ ) TABLA IV, resultados estos que son concordantes con los de estudios previos [21, 27], e igualmente con la disminución de la CE disminuye la LE ( $r = 0,85$ ;  $P < 0,01$ ) TABLA IV.

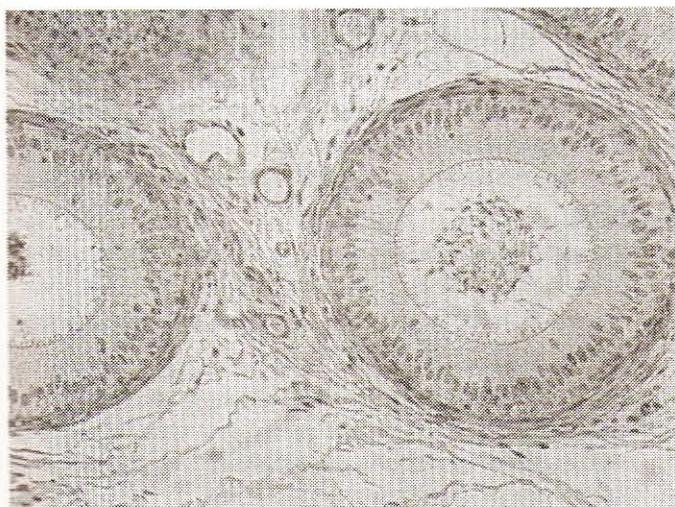
Los hallazgos microscópicos revelaron un predominio de la altura del epitelio epididimal a nivel de la cabeza ( $P = 0,0039$ ) pero no a nivel de la cola ( $P = 0,12$ ) en los toros del grupo 3, FIGS. 5, 6, 7, 8, consecuentemente el diámetro de los ductos epididimales de la cabeza fue menor en los animales del grupo 4 ( $P = 0,0076$ ), tal diferencia no se encontró en relación al diámetro de los ductos epididimales en la región de la cola. La alta CE fue asociada con una mayor altura de epitelio epididimal a nivel de la cabeza ( $r = 0,74$ ;  $P < 0,05$ ) y cola epididimal ( $r = 0,68$ ;  $P < 0,05$ ), de los toros en el presente estudio, TABLA IV, por otro lado, se encontró una asociación entre la concentración de testosterona sérica y la altura del epitelio epididi-



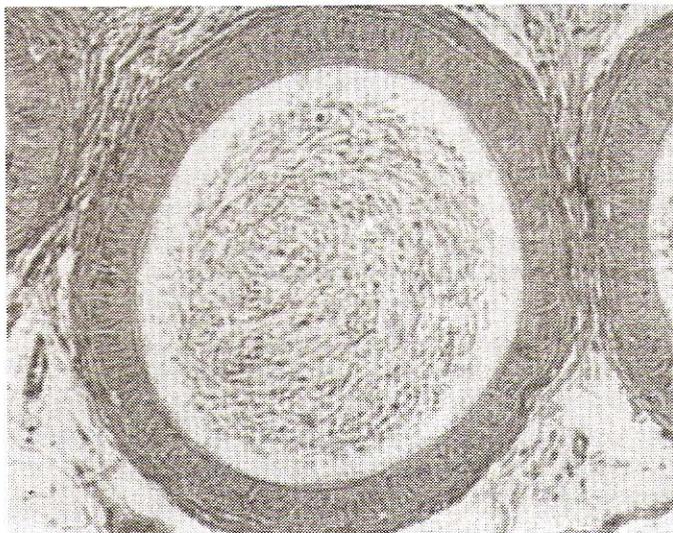
**FIGURA 5. CABEZA DEL EPIDÍDIMO DEL TORO 2051 5/8 PARDO SUIZO (TESTÍCULOS PEQUEÑOS, GRUPO 3). H&E. 125X.**



**FIGURA 6. COLA DEL EPIDÍDIMO DEL TORO 2051 5/8 PARDO SUIZO (TESTÍCULOS PEQUEÑOS, GRUPO 3). H&E. 125X.**



**FIGURA 7. CABEZA DEL EPIDÍDIMO DEL TORO 1074 5/8 HOLSTEIN (TESTÍCULOS ASIMÉTRICOS, GRUPO 4). OBSÉRVESE LA ALTURA DEL EPITELIO MENOR RESPECTO A LA FIGURA 5, CONSECUENTEMENTE CON MAYOR DIÁMETRO H&E. 125X.**



**FIGURA 8. COLA DEL EPIDÍDIMO DEL TORO 1074 5/8 HOLSTEIN (TESTÍCULOS ASIMÉTRICOS, GRUPO 4). LA ALTURA DEL EPITELIO Y DIÁMETRO NO MOSTRÓ DIFERENCIAS RESPECTO AL GRUPO 3. H&E. 125X.**

mal en la cola ( $r=0,66$ ;  $P<0,05$ ) pero no con la altura a nivel de la cabeza. Estos hallazgos aunado a la correlación de la altura del epitelio epididimal a nivel de la cabeza con la concentración espermática ( $r=0,71$ ;  $P<0,05$ ) y el porcentaje de espermios normales ( $r=0,71$ ;  $P,05$ ), TABLA V, indican la dependencia de la calidad seminal del desarrollo estructural y funcional del ducto epididimal en la región de la cabeza. También existe una correlación negativa y altamente significativa entre el grado de pérdida de epitelio seminífero y la altura del epitelio epididimal de la cabeza ( $r=-0,943$ ;  $P<0,01$ ) pero no con la altura en la cola ( $r=-0,364$ ;  $P>0,05$ ), todo esto debido a que el desarrollo y mantenimiento funcional y estructural de las células del epitelio de la cabeza del epidídimo depende mayormente del contenido de andrógenos y moléculas regu-

latorias intraluminales, no así el epitelio de la cola el cual depende de los andrógenos suministrados en el plasma sanguíneo.

En el presente estudio no se encontraron diferencias estadísticas significativas de los niveles séricos de testosterona entre los dos grupos clasificados de acuerdo al tamaño testicular y/o desarrollo corporal ( $2,32 \pm 0,55$  ng/mL) y los de asimetría testicular ( $2,51 \pm 0,93$  ng/mL), resultados estos coincidentes con los de otros estudios [25], de allí que la altura del epitelio epididimal a nivel de la cola dependiente de andrógenos plasmáticos tampoco mostrara diferencias estadísticas significativas ( $P=0,12$ ) entre los dos grupos de estudio, TABLA III.

TABLA V

**COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENTRE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL (C.E); ALTURA DEL EPITELIO EPIDIDIMAL EN LA CABEZA (A.E.E.CA); EN LA COLA (A.E.E.CO), CON LAS CARACTERÍSTICAS SEMINALES EN EL EYACULADO**

	CONC.	MOT.	E.N	E.D.Ca.	E.D.Co.	E.D.Go.P.	E.D.T
C.E	0,59	0,66*	0,67*	-0,41	-0,60	-0,72*	-0,67*
A.E.E.CA.	0,71*	0,85**	0,71*	-0,56	-0,79*	-0,72*	-0,71*
A.E.E.CO.	0,35	0,68*	0,54	-0,39	-0,72*	-0,45	-0,54

\*P<0,05. \*\*P<0,01. CON = Concentración/mL. MOT = Motilidad. E.N = Espermatozoides Normales. E.D.Ca = Espermatozoides con defectos de cabeza. E.D.Co = Espermatozoides con defectos de cola. E.D.Go.P = Espermatozoides con defectos de gota proximal. E.D.T = Espermatozoides con defectos totales.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los toros 5/8 Holstein con criptorquidismo unilateral congénito no sólo experimentan hipertrofia del tejido testicular sino también del epidídimo en términos de peso, longitud y altura del epitelio epididimal. Estos animales también producen niveles séricos de testosterona mayores que los intactos. Debido a estos resultados y a la no certeza de la inherencia hereditaria de esta anomalía en ganado, principalmente en Holstein, se recomienda realizar estudios citogenéticos con la finalidad de estimar la heredabilidad de tal anomalía, de modo que sirva de base para recomendar la no eliminación (o la eliminación) de sementales de alto valor, luego de evaluar las características seminales y los niveles de testosterona. Por otro lado, los toros con hipoplasia testicular bilateral total, se caracterizan por presentar un epitelio epididimal sin desarrollar y diámetro disminuido con las consecuencias que esto trae, por lo que deben ser eliminados como futuros reproductores. La CE es recomendada como determinante del estado patológico de los testículos en toros mestizos [26], sin embargo, los resultados del presente estudio indican que la medida de la CE, valora indirectamente la función epididimal, siendo un indicador del estatus patológico del epidídimo en toros 5/8 Holstein y 5/8 pardo Suizos a los 24 meses de edad, de manera que siendo esta una medida fácil y rápida de obtener, es recomendada su uso en la selección de reproductores de estos genotipos, soportado por las características seminales. En tal sentido, la forma y tamaño escrotal son buenos indicadores de fertilidad, de manera que no se deben seleccionar toros con testículos de forma desigual (un testículo obviamente más pequeño que el otro) y cuando note alguna anomalía, debido a que estas pueden causar infertilidad temporal o permanente, dependiendo de la extensión del daño. El desarrollo y/o mantenimiento estructural y funcional del epitelio epididimal de toros mestizos 5/8 Holstein y 5/8 Pardo Suizo dependen de la funcionalidad testicular debido a la dependencia del suministro de testosterona en el fluido testicular para la cabeza del epidídimo y vía sanguínea para la región de la cola.

## AGRADECIMIENTO

Al servicio de diagnóstico de anatomía patológica de la Policlínica Veterinaria Universitaria de la Facultad de Ciencias

Veterinarias de la Universidad del Zulia, por el procesamiento histopatológico de las muestras de tejido; al laboratorio de morfofisiología del Postgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, por facilitar el analizador de imágenes y a la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA-AUSTRIA) por el aporte de los kits de testosterona.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMANN, R.P.; HAMMERSTEDT, R.H.; VEERAMACHANENI, D.N.R. The epididymis and sperm maturation: a perspective. *Reprod. Fertil. Dev.* 5: 361-381. 1.993.
- [2] ARANGUREN, J.A.; MADRID, N.; GONZÁLEZ, C.; RINCÓN, E.; RAMÍREZ, L.; QUINTERO, A. Pubertad en toros 5/8 Holstein y 5/8 Pardo Suizo. *Rev. Fac. Agron. (L.U.Z)* 12: 393-407. 1995.
- [3] ARANGUREN, J.A. El mestizo lechero 5/8 taurino en la región Zuliana, un genotipo promisorio para el trópico. *Manejo de la ganadería mestiza de doble propósito*. Astro Data. Maracaibo-Venezuela. 1995.
- [4] BARBA, F.; FUENTES, J.L. Desarrollo testicular en toros del cruce 5/8 Holstein x 3/8 Cebú. *Rev. Cub. Reprod. Anim.* 5 (2): 55-61. 1979.
- [5] BARBA, F.; FUENTES, J.L. Desarrollo testicular en toros del cruce 3/4 Holstein x 1/4 Cebú. *Rev. Cub. Reprod. Anim.* 5 (2): 63-67. 1979.
- [6] BARNES, M.A.; LONGNECKER, J.V.; CHARTER, R.C.; RIESEN, J.W.; WOODY, C.O. Influence of unilateral castration and increased plane of nutrition on sexual development of Holstein bulls. I. Growth and sperm production. *Theriogenology*. 14: 49. 1980.
- [7] BARNES, M.A.; KASMER, G.W.; BOOCKFOR, F.R.; WEDE, R.J.; HALMAN, R.D.; DICKEY, J.F. Testosterone, luteinizing hormone, follicle stimulating hormone, and prolactin response to unilateral castration in prepubertal Holstein bulls. *Theriogenology*. 19: 5. 1983.
- [8] BOOCKFOR, F.R.; BARNES, M.A.; KASMER, G.W.; HALMAN, R.D.; BIERLEY, S.T.; DICKEY, J.F. Effect of

- unilateral castration and unilateral cryptorchidism of the Holstein bull on gonadotropin, testosterone and testis anatomy. **J. Anim. Sci.** 56 (6): 1376-1385. 1983.
- [9] BOOCKFOR, F.R.; BARNES, M.A.; DICKEY, J.F. Effect of unilateral castration and unilateral cryptorchidism of the Holstein bull on in vitro Leydig cell response. **J. Anim. Sci.** 56 (6): 1386-1392. 1983.
- [10] BRUNER, K.A.; MCCRAW, R.L.; WHITACRE, M.D.; COMP-SD-VAN.; VAN-CAMP-SD. Breeding soundness examination of 1.952 yearling beef bulls in North Carolina. **Theriogenology.** 44: 129-145. 1995.
- [11] COMISIÓN DEL PLAN NACIONAL DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS (COPLANARH). **Inventario Nacional de Tierras.** Región del lago de Maracaibo. Región I. Sub-Regiones, 1A, 1B, 1C. Caracas, Venezuela. p.295. 1975.
- [12] COOK, R.B.; COULTER, G.H.; KASTELIC, J.P. The testicular vascular cone, scrotal therma regulation, and their relationship to sperm production and seminal quality in beef bulls. **Theriogenology.** 41: 653-671. 1994.
- [13] COULTER, G.H.; ROUNSAVILLE, T.R.; FOOTE, R.H. Heritability of testicular size and consistency in Holstein Bulls. **J. Anim. Sci.** 43 (1): 9-12. 1976.
- [14] CHENOWETH, P.J.; OSBORNE, H.G. Breed differences in abnormalities of the reproductive organs of young beef bulls. **Australian Veterinary J.** 54 (10): 463-467. 1978.
- [15] GOYAL, H.O.; WILLIAMS, C.S.; KHALIL, M.K.; VIG, M.A.; MALONEY, M.A. Postnatal differentiation of the ductos deferens, tail of the epididymis, and distal body of the epididymis in goats occurs independently of rate testis fluid. **Anatomical Record.** 254 (4): 508-520. 1999.
- [16] JAMES, P.S.; WOLFE, C.A.; LADHA, S.; JONES, R. Lipid diffusion in the plasma membrane of ram and boar spermatozoa during maturation in the epididymis measured by fluorescence recovery after photobleaching. **Mol. Reprod. and Dev.** 52 (2): 207-215. 1999.
- [17] JEAN, S.T.; GAUGHAN, E.M.; CONSTABLE, P.D. Cryptorchidism in north American cattle: breed predisposition and clinical findings. **Theriogenology.** 38: 951-958. 1992.
- [18] LAGERLOF, N. Infertility in male domestic animals. **Proc. 12<sup>th</sup> Inter. Vet. Congress.** Zurich - Interlaken. 214-231. 1938.
- [19] LEIDL, W.; BRAUN, R.; SHAMS, D. Effects of hemicastration and unilateral vasectomy on the FSH, LH and testosterone blood concentration in bulls. **Theriogenology.** 14: 173. 1980.
- [20] LUNSTRA, D.D.; FORD, J.J.; ECHTERNKAMP, S.E. Puberty in beef bulls: Hormone concentration, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. **J. Anim. Sci.** 46 (4): 1054-1062. 1978.
- [21] MADRID, N.; OTT, R.S.; VEERAMACHANENI, N.R.; PARRETT, D.F.; VANDERWERT, W.; WILLMS, C.L. Scrotal circumference, seminal characteristics, and testicular lesions of yearling Angus bull. **Amer. J. Vet. Res.** 49 (4): 579-585. 1988.
- [22] MADRID, N.; GONZÁLEZ, R.; SOTO, E.; STAGNARO, C.; ARANGUREN, J.A. Circunferencia escrotal, crecimiento y características seminales de toretes mestizos F1 (1/2 Brahman x 1/2 Holstein). **Fac. Agro. (LUZ).** 11: 127-136. 1994.
- [23] PALASZ, A.T.; CATES, W.F.; BARTH, A.D.; MAPLETOFT, R.J. Relationship between scrotal circumference and qualitative testicular traits in yearling beef bulls. **Theriogenology.** 42: 715-726. 1994.
- [24] STEEL, R.G.; TORRIE, J.H. **Bioestadística: Principios y procediminetos.** 2<sup>a</sup> Edición. Interamericana. México. 1.992.
- [25] THOMPSON, J.A.; FORREST, D.W.; BLANCHARD, T.L.; BRONSON, A.R.; LAWES, N. L. Ratios of serum concentration of testosterone and progesterone from yearling bulls with small testes. **Theriogenology.** 41: 1045-1052. 1994.
- [26] URDANETA DE ROMERO, A.; MADRID, N.; RODRIGUEZ, J.M.; ARANGUREN, J.A.; CAMACHO, J.; GONZALES-STAGNARO, C. y CASTEJON, O. Histopatología y morfometría de testículos en toros mestizos 5/8 Holstein y 5/8 Pardo Suizo a los 24 meses de edad. **Revista Científica, FCV-LUZ.** 7 (2):163-176. 1998.
- [27] VEERAMACHANENI, D. N. R.; OTT, R. S.; HEATH, E. H.; MCENIEE, K.; BOLT, D.J.; HIXON, J.E. Pathophysiology of small testes in beef bulls: Relationship between scrotal circumference, histopathologic features of testes and epididymides, seminal characteristics, and endocrine profiles. **Amer. J. Vet. Res.** 47 (9): 1988-1999. 1986.
- [28] WILDEUS, S.; HAMMOND, A.C. Testicular, semen and blood parameters in adapted and nonadapted Bos Taurus bulls in semi-arid tropics. **Theriogenology.** 40: 345-355. 1993.
- [29] ZAMBONI, L. Sperm structure and its relevance to infertility. **Arch. Pathol. Lab. Med.** 116: p. 325-344. 1992.