

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD REPRODUCTIVA DE
SEMENTALES *Bos indicus* Y SUS CRUZAS EN DIFERENTE EPOCA
DEL AÑO EN TUZANTLA, MICHOACÁN**

TESINA

Que presenta:

PMVZ BENIGNO NUÑEZ ARELLANO

Para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Asesor

DR. JOSE HERRERA CAMACHO

Morelia, Michoacán. Mayo del 2006.



UNIVERSIDAD MICHOCANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

**FACULTAD DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD REPRODUCTIVA DE
SEMENTALES *Bos indicus* Y SUS CRUZAS EN DIFERENTE EPOCA
DEL AÑO EN TUZANTLA, MICHOCÁN**

TESINA

Que presenta:

PMVZ BENIGNO NUÑEZ ARELLANO

PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Morelia, Michoacán. Mayo 2006.

ÍNDICE

1. Introducción	01
2. Antecedentes	04
2.1 Anatomía del aparato reproductor del toro	04
2.1.1 Escroto	05
2.1 Testículos	06
2.1.2.1 Túbulos seminíferos	08
2.1.2.3 Células intersticiales o de leydig	08
2.1.2.4 Función endocrina de los testículos	08
2.1.3 Conductores externos	09
2.1.3.1 Epidídimo	09
2.1.3.2 Vasos deferentes	11
2.1.3.3 Uretra	11
2.1.4 Órganos sexuales accesorios	11
2.1.4.1 Vesículas seminales	12
2.1.4.2 Próstata	12
2.1.4.3 Glándulas bulbouretrales o de cowper	12
2.1.5 Pene	13
2.1.5.1 Emisión y eyaculación	14
2.2 Espermatogénesis y ciclos de producción espermática	14
2.2.1 Espermatocitogénesis	14
2.2.2 Espermiogénesis	16
2.2.3 Espermiación	18
2.2.4 Control endocrino de la espermatogénesis	18
2.2.5 Ciclos de producción espermática	19
2.3 Evaluación de la capacidad reproductiva de sementales bovinos	20
2.3.1 Evaluación física general	25
2.3.2 Evaluación de los órganos reproductivos	27
2.3.3 Colección seminal	29
2.3.4 Evaluación seminal	30
2.3.4.1 Evaluación macroscópica	31
2.3.4.2 Evaluación microscópica	32

3. Metodología	34
4. Resultados	38
5. Conclusiones	40
6. Bibliografía	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diferencia entre temperatura corporal y testicular en el toro (°C)	05
Cuadro 2. Calificación de la capacidad reproductiva del toro según la Sociedad de Teriogenología	21
Cuadro 3. Efecto del mes sobre la Ces y eyaculados de toros <i>B indicus</i> y sus cruas en Tierra Caliente, Michoacán	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Eventos realizados durante la Espermatocitogénesis. Las flechas indican transición al siguiente tipo celular	16
Figura 2: Identificación de algunas regiones corporales utilizadas para asignar grados de condición corporal	26
Figura 3. Conformación de aplomos en sementales bovinos	26
Figura 4. Diferentes anormalidades peneanas más frecuentes en el toro	27
Figura 5. Disposición prepucial en animales <i>B. indicus</i> y <i>B. taurus</i>	27
Figura 6. Medición de la circunferencia testicular	28
Figura 7. Componentes y estructura de una vagina artificial para bovinos	29
Figura 8. Equipo de electroeyaculación	30
Figura 9. Volumen y apariencia de las muestras de semen bovino	31
Figura 10. Cámara de Neubauer (hematocitómetro)	32
Figura 11. Principales anormalidades morfológicas de espermatozoides bovinos	33

1. INTRODUCCIÓN

En el periodo 2000-2002, en México se producían alrededor de 4,482,800 toneladas de carne, de las cuales la carne de pollo represento el 42.3% de la producción total, seguida la carne de res 31.9%, la producción porcina 23.6%, la caprina 0.87%, la ovina 0.80% y finalmente la de guajolote 0.58% (SAGARPA, 2003).

Si bien en México la producción de carne de res en el periodo de 1990 al 2002 ha tenido un crecimiento anual promedio 29,475 toneladas, este ritmo de crecimiento ha sido superado por las necesidades de consumo de la población, lo cual se ve reflejado en las importaciones de carne de bovino que de 1990 al 2001 tuvo un crecimiento promedio de 26,211 toneladas, mientras que las exportaciones han tenido un depresión anual promedio en el mismo periodo de 899 toneladas (SAGARPA, 2003).

En Michoacán, la ganadería productora de carne se encuentra ubicada en la región de tierra caliente, que cuenta con una población de 1,658,371 cabezas que producen alrededor de 49,400 toneladas de carne y cerca de 150,000 becerros anualmente. En forma general, los bovinos son explotados en forma extensiva y basan su alimentación en la producción de forraje de los agostaderos con pastos nativos en la temporada de lluvias y durante la época de secas son alimentados a base de esquilmos agrícolas de los cultivos de maíz y sorgo principalmente (Jiménez, 2004).

El municipio de Tuzantla, en el 2002 contaba con un inventario de bovinos productores de carne de 29,692, con los cuales, se obtuvo una producción de 1125.5 toneladas de carne. El 4.8% de las unidades de producción en el municipio son tecnificadas y el 95.2% están en condiciones de semi-tecnificación y de producción de traspatio. Los animales se crían en condiciones de pastoreo extensivo y en ocasiones en época de sequía (primavera-verano), cuando se escasea el alimento, se suplementa con alimento comercial y granos de la región

(maíz y sorgo) (Suárez y López, 1996; SAGARPA y Gobierno del Estado de Michoacán, 2002).

En la región de trópico seco del país predominan los animales *B. indicus* (Brahman, Indobrasil, Gyr) cruzados con *B. taurus* (Suizo Pardo, Simmental y Holstein), con parámetros reproductivos bajos (55-60 becerros destetados por cada 100 vacas al año y 180-190 kg como peso promedio al destete), por lo que produce para el abasto regional, nacional y solo estados del norte del país exportan becerros en pie a otros países (Suárez y López, 1996).

En el toro recae en gran medida la baja producción anual de becerros, pues si este no cumple óptimamente con la función de preñar al mayor número de vacas posibles, de nada sirven entonces otras consideraciones, como las características genéticas, nutrición o proporción vaca toro (Blockey, 1976). En la zona del trópico seco, tradicionalmente se ha puesto un mayor énfasis en la importancia de tener hembras fértiles y menos en la importancia de tener toros fértiles (Duchens, 1999). Sin embargo, en la actualidad se sabe que en un hato con varios toros, alrededor de 1 o 2 de 5 producen insuficiente cantidad o calidad de semen o tienen defectos físicos que dificultan la cópula o falta de libido (Carol et al., 1963; Sanchez et al., 1982; Duchens, 1999); máxime en condiciones tropicales, en donde los índices reproductivos de los toros son bajos (Molina et al., 2003).

Estos problemas son frecuentemente enmascarados por el uso de varios toros durante las épocas de empadre (Duchens, 1999). Kennedy et al. (2002), evaluaron 3,648 toros en estaciones experimentales de los cuales el 76.2% de los toros fueron reproductivamente satisfactorios y el resto fueron insatisfactorios; ya que presentaron problemas seminales y físicos, situación que pudiera más severa en los sistemas de producción extensiva, especialmente en las zonas con clima tropical seco.

Los sementales, a pesar de la poca importancia que se les confiere en los procesos reproductivos, en los sistemas extensivos de producción, son los responsables en mayor grado del número de crías en un sistema de producción,

ya que una vaca solo puede tener un becerro al año, mientras que un toro puede ser el padre de todos los becerros y consecuentemente el responsable de la rapidez de la mejora genética que se presente en el sistema (Nelson, 1997).

Uno de los métodos más económicos, rápidos y confiables para detectar problemas reproductivos en los toros es por medio de la evaluación de su capacidad reproductiva. Esta técnica facilita la identificación de animales subfértiles que puedan comprometer la tasa de preñez durante la época de empadre y así mejorar la eficiencia reproductiva y la obtención de becerros para el abasto u obtener un mayor progreso genético (Duchens, 1999).

2. ANTECEDENTES

2.1 ANATOMÍA DEL APARATO REPRODUCTOR DEL TORO

La función natural de los sementales es la producción de espermatozoides potencialmente fértiles y su adecuado depósito en el aparato reproductor de la hembra (Salisbury *et al.*, 1978).

Para poder cumplir con esa función, cuenta con una serie de órganos reproductivos, que para su más fácil comprensión han sido divididos en tres: a) órganos sexuales primarios (testículos), ubicados en el escroto; b) órganos reproductivos secundarios (conductos eferentes, epidídimos y conductos deferentes), conductos que comunican los testículos con el exterior y pene; y c) órganos reproductivos accesorios (glándula prostática, dos glándulas vesiculares y 2 glándulas bulbo uretrales), ubicados en la cavidad pélvica (Salisbury *et al.*, 1978).

El desarrollo prenatal del aparato reproductor tiene lugar en el interior del abdomen, en posición medial respecto al riñón (mesonefros). Dentro del testículo, el plexo de conductos se conecta a los túbulos mesonéfricos para formar el epidídimo, conducto deferente y glándulas vesiculares. La glándula prostática y bulbouretral se forman a partir del seno urogenital embrionario. Y el pene a partir de un tubérculo que se desarrolla en el orificio del seno urogenital (Hafez y Hafez, 2002).

2.1.1 Escroto

El escroto es un saco bilobulado por un surco vertical medio que contiene los testículos y se localiza en la región inguinal. El escroto se halla formado por varias capas:

- a) La piel, que se halla cubierta por pelos finos y posee muchas glándulas sebáceas y sudoríparas grandes.

- b) El músculo dartos, íntimamente ligado a la piel excepto en la parte dorsal de la bolsa, esta formada de tejido muscular involuntario y de fibras y de conexiones de tejido conjuntivo. En el fondo de cada bolsa, la túnica dartos se fija a la túnica vaginal.
- c) La túnica vaginal, es una prolongación de peritoneo. La túnica vaginal tiene dos capas, una capa visceral que es el revestimiento del testículo y epidídimo y otra parietal que reviste la cavidad escrotal. Desciende dentro del escroto como una bolsa bilobulada que se estrecha en la parte posterior por donde atraviesa el anillo inguinal. En su interior se encuentran las arterias y venas espermáticas, los nervios linfáticos y conductos de los testículos (cordón espermático) además de glándulas que segregan un líquido lubricante).
- d) El músculo cremáster, se origina en el orificio interno del canal inguinal, es estriado y se fija en la parte exterior de la túnica vaginal en las zonas posteriores y externa (Salisbury *et al.*, 1978).

El escroto con todas sus capas, músculos y revestimientos, le dan soporte y protección a los testículos, además de que contribuyen para mantener una temperatura menor a la corporal, lo que se requiere para mantener una espermatogénesis activa. En el toro se han encontrado variación entre la diferencia de temperatura corporal y la testicular (cuadro1) dependiendo esto de la temperatura ambiente (Salisbury *et al.*, 1978).

Cuadro 1. Diferencia entre temperatura corporal y testicular en el toro.

Especie	Escrotal subcutáneo °C	Intra-testicular °C	Intra-epididimal °C
<i>B. indicus</i>	33.7 ± 0.8	33.8 ± 0.7	34.6 ± 0.8
<i>B. indicus X B. taurus</i>	33.3 ± 1.0	32.8 ± 1.6	34.4 ± 1.0
<i>B. taurus</i>	34.8 ± 1.0	33.9 ± 1.0	35.6 ± 0.6

(Brito *et al.*, 2004^b).

Cuando la temperatura testicular es baja, la túnica Dartos se contrae retrayendo al escroto y acercando los testículos al cuerpo del animal, lo contrario pasa cuando la temperatura es alta; esta función termorreguladora empieza en los machos hasta la pubertad y esta controlada por las hormonas testiculares. Otro factor termorregulador es el orificio por el plexo pampiniforme, en el cual se enfría o se calienta la sangre de la arteria testicular por medio del contacto con las venas testiculares (Salisbury *et al.*, 1978), además, los receptores ubicados en la piel escrotal pueden inducir respuestas que desencadenan disminución de la temperatura corporal y llegan a provocar jadeo y sudoración (Hafez y Hafez, 2002). Cuando la temperatura es muy alta y no se puede controlar por estos factores termorreguladores, se produce degeneración de tejidos espermáticos y se detiene la espermatogénesis, mientras que la actividad de las células de Leydig se mantiene (Salisbury *et al.*, 1978)

2.1 Testículos

Los testículos tienen dos funciones básicas, la producción de espermatozoides potencialmente fértiles y la producción de los andrógenos testosterona y androstenediona, bajo la influencia de las hormonas de la adenohipófisis. En los mamíferos, la producción de espermatozoides se efectúa a una temperatura inferior a la del resto del cuerpo, lo que se puede lograr gracias a la ubicación del escroto en relación al cuerpo (Salisbury *et al.*, 1978). Los testículos del toro tienen forma oval alargado, suspendidos dentro del escroto por el cordón espermático. El tamaño de los testículos del toro varía según la edad y raza del toro (Salisbury *et al.*, 1978).

En cada testículo se encuentran las siguientes estructuras: la túnica albugínea, es la capa externa de los testículos, es una capa delgada y blanquecina de tejido conjuntivo elástico; por debajo de ella se encuentra el parénquima, que es de color amarillento y está dividido en segmentos por tejido conjuntivo; dentro del parénquima se encuentran numerosos túbulos seminíferos, se calcula que en el toro adulto entre todos tienen una longitud aproximada de 4.8 km y un diámetro cada uno de 200 a 300 micras, estos túbulos desembocan los

espermatozoides en un tabique medial llamado mediastino su contenido, entre los túbulos seminíferos se encuentran las células intersticiales o de leydig que representan aproximadamente el 20% del peso del testículo normal del toro (Salisbury *et al.*, 1978; Hafez y Hafez, 2002).

La innervación del testículo está a cargo del nervio simpático externo que nace en el ganglio mesentérico posterior y acompaña a la arteria espermática en el cordón espermático y se divide para inervar los testículos. La innervación de los propios testículos se cree que esta formada totalmente por nervios simpáticos vasoconstrictores que controlan el flujo de sangre por todo el testículo. Los nervios del epidídimo y escroto tienen fibras colinérgicas y adrenérgicas, lo que indica que se hallan presentes fibras simpáticas y parasimpáticas. Por ello la corriente sanguínea de los testículos se ve disminuida cuando existe el miedo (Salisbury *et al.*, 1978). La innervación autónoma de los testículos mantiene la regulación de las funciones del aparato genitourinario del macho, donde los mecanismos adrenérgico, colinérgico y no adrenérgico no colinérgico operan conjuntamente (Hafez y Hafez, 2002).

La irrigación sanguínea esta a cargo de la arteria espermática (testicular), que nace de la aorta, la arteria espermática se va desarrollando conforme desciende al cono testicular, lo que es un mecanismo mediante el cual la sangre venosa (mas fría) ayuda a disminuir la temperatura de la sangre arterial, además de que disminuye la presión arterial casi a cero (Salisbury *et al.*, 1978; Hafez y Hafez, 2002). La arteria testicular pasa sobre el testículo hasta la porción ventral (bajo la cola del epidídimo), en donde se divide en tres o cuatro ramas desarrolladas que después se subdividen una vez mas para formar un modelo de arterias desarrolladas sobre si mismas, que atraviesan de abajo arriba la superficie del testículo. Las arterias terminales se dividen y penetran en el testículo a lo largo del mediastino y a partir de este se irradian para irrigar los lóbulos del tejido testicular, después estas se subdividen hasta llegar a capilares, los cuales corren a lo largo y alrededor de los túbulos seminíferos, pero no los atraviesan (Hafez y Hafez, 2002). La linfa procedente del testículo y epidídimo pasa a los ganglios linfáticos de la aorta lumbar (Hafez y Hafez, 2002).

2.1.2.1 Túbulos seminíferos

Los túbulos seminíferos es el lugar donde se forman los espermatozoides, estos se forman a partir de las células germinativas (espermatogonias) las cuales se sitúan en la membrana basal del tubo, las espermatogonias empiezan a sufrir una serie de cambios (hasta espermatozoides) y van avanzando hacia la luz del túbulo seminífero y siguiendo la guía de las células de Sertoli que sobresalen a la luz del túbulo (Salisbury *et al.*, 1978). Las células de Sertoli inmediatamente antes de la pubertad forman una barrera que aísla a las células germinativas de la circulación general y además de servir de guía en la diferenciación de espermatozoides, segregan líquido hacia la luz del túbulo seminífero (Hafez y Hafez, 2002).

Los túbulos seminíferos se unen formando los tubos rectos que a su vez forman la *rete testis* en el mediastino, ya ahí se continúan en una docena de vasos eferentes hasta que confluyen en la parte dorsal del mediastino dando lugar así al comienzo del epidídimo (Salisbury *et al.*, 1978).

2.1.2.3 Células intersticiales o de Leydig

Las células de Leydig, se distribuyen en el parénquima de los testículos y entre los túbulos seminíferos, son las principales productoras de hormonas masculinas, las que vierten en las venas testiculares y vasos linfáticos (Salisbury *et al.*, 1978; Hafez y Hafez, 2002). En los bovinos se empiezan a observar desde que el embrión tiene 30 mm de tamaño y a partir de ese momento empiezan a aumentar el número hasta inmediatamente antes del parto, cuando se ve una disminución en su crecimiento (Salisbury *et al.*, 1978; Hafez y Hafez, 2002).

2.1.2.4 Función endocrina de los testículos

La producción de hormonas es una función muy importante de los testículos, ya que aparte de dar los caracteres de masculinidad en los machos

son necesarios para la correcta producción de los espermatozoides. Las hormonas masculinas reciben el nombre de andrógenos (Salisbury *et al.*, 1978).

Los andrógenos se forman en los testículos bajo la influencia de las hormonas folículo estimulantes (FSH) y hormona luteinizante (LH) u hormona estimulante de las células intersticiales (ICSH); a su vez, la secreción de gonadotropinas se encuentra controlada por los andrógenos y estrógenos, un aumento en cualquiera de ellos da como resultado una disminución en la producción de gonadotropinas (Salisbury *et al.*, 1978).

Las funciones de la testosterona (andrógeno) son:

- a) Participa en el comienzo y mantenimiento de la espermatogénesis.
- b) Es responsable del deseo sexual (libido) del macho.
- c) Desarrollo de los caracteres secundarios del macho.
- d) Mantiene la integridad funcional del músculo de la túnica dartos y el epidídimo.
- e) Mantiene la actividad secretora de las glándulas sexuales accesorias.

2.1.3 CONDUCTOS EXTERNOS

2.1.3.1 Epidídimo

Es la estructura que le sigue a los conductos eferentes, en la parte dorsal del testículo y para su mejor comprensión se divide en 3 porciones: cabeza, cuerpo y cola del epidídimo (Salisbury *et al.*, 1978).

El epidídimo se encuentra dentro de una vaina de revestimiento de tejido conjuntivo que es una prolongación de la túnica albugínea, la porción más desarrollada del epidídimo es la cabeza, ubicada en la porción dorsal del testículo. Las circunvoluciones del tubo empiezan a disminuir mientras que este desciende a la porción ventral hasta tomar un aspecto de tubo recto (cuerpo); para finalmente en la porción ventral aumentan las circunvoluciones y en unión con la vaina que lo rodea forma la cola del epidídimo (Salisbury *et al.*, 1978).

La luz del conducto epididimal se haya revestida de glándulas; sin embargo, en la cabeza del epidídimo se encuentra un epitelio prismático pseudo estratificado con cilios, que mueven en dirección del cuerpo del epidídimo; en el toro el epidídimo puede llegar a medir hasta 35 cm (Salisbury *et al.*, 1978).

Las principales funciones del epidídimo son:

1. Transporte, son varios los factores que contribuyen al movimiento de los espermatozoides por el epidídimo, uno es la presión que ejercen los espermatozoides en los túbulos seminíferos y red testicular; otro factor que posiblemente ejerza influencia sobre el movimiento de los espermatozoides son los cilios presentes en el epidídimo (Bearden y Fuquay, 1982). En el toro, los espermatozoides duran de 9 a 13 días en pasar por el epidídimo, cuando las eyaculaciones son frecuentes, el transporte se acelera de un 10 a 20% (Bearden y Fuquay, 1982; Hafez y Hafez, 2002).
2. Concentración, diariamente el testículo segrega una gran cantidad de líquidos hacia el epidídimo (hasta 60 ml en el carnero), este es absorbido principalmente en la cabeza del epidídimo, alcanzándose de esta manera concentraciones espermáticas en el toro que van de 100×10^6 a 400×10^7 por ml (Bearden y Fuquay, 1982; Hafez y Hafez, 2002).
3. Almacenamiento, el epidídimo cuenta con las condiciones adecuadas para almacenar espermatozoides viables hasta por 60 días (Bearden y Fuquay, 1982). La cola del epidídimo es el principal órgano de almacenamiento, pues casi el 75% de los espermatozoides en el epidídimo se encuentran en esta última estructura (Hafez y Hafez, 2002).
4. Maduración, cuando los espermatozoides entran a la cabeza del epidídimo no tienen la capacidad de movilidad y de fertilidad, y es en el epidídimo donde la adquieren, además de perder una gota citoplasmática ubicada en el cuello, la presencia de la gota citoplasmática servido durante mucho tiempo de indicador de inmadures (Bearden y Fuquay, 1982).

2.1.3.2 Vasos deferentes

Estos nacen donde termina el epidídimo, en la porción ventral del testículo y se prolongan a la porción dorsal atravesando el anillo inguinal con el cordón espermático, una vez en la cavidad abdominal se dirige hacia la pelvis para desembocar en la uretra. Los conductos deferentes tienen un diámetro de 32 a 46 mm con una luz relativamente pequeña y revestida de una mucosa de epitelio prismático pseudo estratificada; tiene además dos capas de fibras musculares involuntarias, una circular y otra longitudinal y esta recubierto por peritoneo (Salisbury *et al.*, 1978).

Los conductos deferentes tienen una abundante innervación proveniente del plexo pelviano, del sistema nervioso simpático. En la región pelviana cada conducto deferente se ensancha para formar la ampolla de Henle, la cual sirve de almacén temporal de espermatozoides, esta ampolla cuenta con numerosas glándulas que segregan fructosa y ácido cítrico (Salisbury *et al.*, 1978).

2.1.3.3 La uretra

Es la vía común para la excreción de la orina y la eyaculación. Se extiende a través de la zona pelviana y del pene hasta la punta del glande del pene como orificio uretral externo. La uretra se origina en el cuello de la vejiga, en el orificio uretral interno y se ensancha inmediatamente después formando el *culliculus seminalis*, en donde se mezclan las secreciones provenientes de los conductos deferentes, y glándulas accesorias (Salisbury *et al.*, 1978).

2.1.4 ÓRGANOS SEXUALES ACCESORIOS

Estos proporcionan la mayor parte del eyaculado, contiene abundantes carbohidratos, citratos, proteínas, aminoácidos, enzimas, vitaminas hidrosolubles y minerales y posee una capacidad tampón relativamente alta, que sirve para mantener los procesos vitales de los espermatozoides (Salisbury *et al.*, 1978).

La arteria pudenda interna irriga los genitales pélvicos, y sus ramas salen de la cavidad pélvica por el arco del isquión (arco isquiático) para llevar sangre al pene. La linfa de las glándulas accesorias, uretra y pene llega a los ganglios iliacos medios y sacros; la linfa del escroto, prepucio y de tejidos peripeneanos drena hacia los ganglios linfáticos inguinales superficiales (Hafez y Hafez, 2002).

2.1.4.1 Vesículas seminales

Situadas una a cada lado de la ampolla, se abren en el *culliculus seminalis* por encima o abajo de los conductos deferentes. Tienen una longitud > 10 cm y un grosor > 2.5 cm; son lobuladas; las paredes contienen fibras musculares involuntarias y una cubierta fibrosa externa. La irrigación sanguínea proviene de la arteria pudenda interna. Son glándulas de mucha actividad secretora, contribuyen en el toro con más del 50% del volumen del semen; la secreción tiene más del 1% de fructosa y ácido cítrico, además contiene amortiguadores como fosfatos y carbonato (Salisbury *et al.*, 1978; Bearden y Fuquay, 1982).

2.1.4.2 Próstata

Se sitúa dorsalmente a la unión de la uretra pelviana con el cuello de la vejiga; tiene una longitud de unos 3.7 cm, una anchura de 1.25 cm y un grosor de 1.25 cm. La próstata rodea a la uretra pélvica, siendo más gruesa en la parte dorsal que la ventral y vierte su contenido a ese conducto mediante numerosos orificios pequeños. Se haya rodeada de músculos uretrales. La próstata se haya revestida por células glandulares prismáticas, es el origen de la antiaglutinina del macho y segrega un líquido rico en iones inorgánicos como sodio, cloro, calcio y magnesio (Salisbury *et al.*, 1978; Bearden y Fuquay, 1982).

2.1.4.3 Glándulas bulbouretrales o de Cowper

Situadas a ambos lados de la uretra pelviana, aproximadamente de 10 a 15 cm caudales a la próstata, se hayan parcialmente enterradas en el músculo bulbo

cavernoso. Están revestidas por una gruesa capa de tejido fibroso, son algo ovoides y miden aproximadamente 2.5 cm de longitud por 1.25 de grosor. Cada una de ellas vierte una secreción a la uretra a través de un orificio simple. Producen una sustancia lubricante viscosa, de aspecto de moco (Salisbury *et al.*, 1978).

2.1.5 PENE

En los mamíferos, el pene tiene tres cuerpos cavernosos que se agrupan alrededor de la uretra peneana. El cuerpo cavernoso, que rodea la uretra, se expande. Este bulbo está cubierto por un músculo bulboesponjoso estriado. El cuerpo cavernoso se origina en un par de raíces del arco isquiático, que están cubiertas por los músculos isquiocavernosos. La túnica albugínea envuelve a los cuerpos cavernosos (Hafez y Hafez, 2002).

La parte fija del pene se denomina raíz, la parte principal del órgano cuerpo y la parte libre se llama glande del pene. Constituido en la mayoría de las especies de gran parte de tejido eréctil, dado por los cuerpos cavernosos, que cuando el macho se estimula sexualmente se llenan de sangre, aumenta la presión y el pene se pone erecto (Salisbury *et al.*, 1978).

En el toro los espacios vacíos del cuerpo cavernoso del pene son pequeños, excepto en las raíces y en el doblez distal de la curvatura sigmoidea, motivo por el cual el pene del semental bovino no se hace más grande, pero sí más rígido cuando se excita. La cavidad prepucial tiene unos 38 cm de longitud y un diámetro de 2.5 cm y se haya revestido de epitelio escamoso estratificado de diferente altura (Salisbury *et al.*, 1978; Hafez y Hafez, 2002). El pene y el escroto son irrigados por la arteria pudenda externa, la cual proviene de la cavidad abdominal a través del conducto inguinal (Hafez y Hafez, 2002).

2.1.5.1 Emisión y eyaculación

La emisión consiste en el paso de líquido espermático a través de los conductos deferentes hacia la uretra pélvica, en donde se mezcla con las secreciones de las glándulas accesorias; esta es realizada por la acción de los músculos lisos, bajo el control del sistema nervioso autónomo. Durante la excitación y eyaculación, existen también contracciones de la cola del epidídimo y el conducto deferente (aumentando la tasa de flujo); dichas contracciones son controlada por los nervios autónomos simpáticos del plexo pélvico, provenientes de los nervios hipogástricos (Salisbury *et al.*, 1978; Hafez y Hafez, 2002).

La eyaculación es el paso del semen por la uretra peneana, para que esta pueda llevarse a cabo, el músculo bulboesponjoso comprime el bulbo peneano, de modo que bombea sangre desde este hacia el resto del cuerpo esponjoso. A diferencia del cuerpo cavernoso peneano, este cuerpo cavernoso normalmente es drenado por venas dístales y las ondas de presión de este ayudan a transportar el semen por la uretra (Hafez y Hafez, 2002).

2.2 ESPERMATOGÉNESIS Y CICLOS DE PRODUCCIÓN ESPERMÁTICA

Los espermatozoides se forman en los túbulos seminíferos a partir de las espermatogonias, las cuales se ubican dentro de los túbulos seminíferos, al proceso completo de formación de los espermatozoides se le llama “espermatogénesis”, la cual se divide a su vez en dos fases: la espermatocitogénesis y espermiogénesis (Salisbury *et al.*, 1978).

2.2.1 ESPERMATOCITOGÉNESIS

Antes de la pubertad solo se encuentran dos tipos de células en los túbulos seminíferos, las células de Sertoli (sirven de nodrizas) y espermatogonias o células sexuales primarias del macho, estas últimas experimentan una serie de divisiones y cambios que comienzan en la periferia y avanzan hacia la luz del

túbulo (Salisbury *et al.*, 1978; Hafez y Hafez, 2002); no se sabe a ciencia cierta en que clase de procesos están implicados las células de sertoli, pero se supone que desempeñan el papel de alimentación de espermatozoides totalmente formados, antes de que abandonen los túbulos (Salisbury *et al.*, 1978).

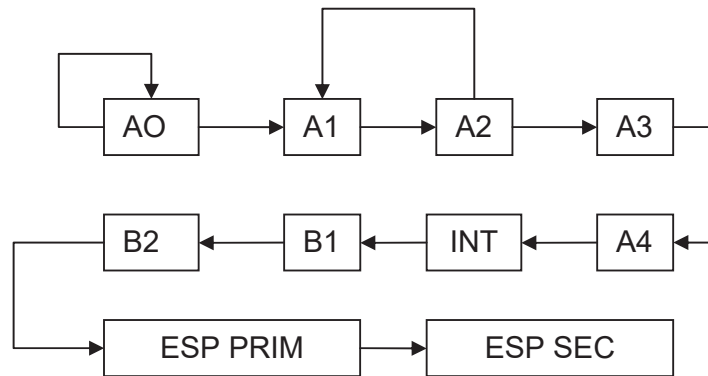
Las espermatogonias tipo A0, son células diploides, estas y las células de Sertoli son relativamente inactivas hasta antes de la pubertad, que en el ternero es a los 6-9 meses de edad y es cuando empieza la división de espermatogonias, las cuales llenan la periferia y se extienden hacia la luz del túbulo (Salisbury *et al.*, 1978; Hafez y Hafez, 2002). Las espermatogonias tipo A0 se dividen para dar origen así a las espermatogonias A1, las cuales se dividen progresivamente para formar las espermatogonias A2, A3 y A4 (figura 1). El tipo A4 se divide para formar espermatogonias intermedias y este a su vez forma los tipos B1 y B2, estas células se pueden identificar mediante cortes histológicos y tinciones (Hafez y Hafez, 2002).

Se piensa que las espermatogonias tipo A2 no solo se divide para formar espermatozoides, sino que también para reponer la población del tipo A1, mientras que los tipo A0 reponen la población de células madre (Hafez y Hafez, 2002).

Las espermatogonias tipo B2 son la base de la producción de espermatozoides, estas se dividen para formar dos espermatocitos primarios, hasta aquí todas las divisiones han sido mitóticas (figura 1), ósea que se han conservado los números diploides de cromosomas (Salisbury *et al.*, 1978)

Los espermatocitos primarios se dividen a su vez en dos células haploides, llamadas espermatocitos secundarios, cada uno de los cuales a su vez se dividen en 2 espermátides, de modo que de cada espermatocito primario surgen 4 espermátides. Los espermatozoides, en su estadio final, se producen a partir de las espermátides, después de que las divisiones celulares se sucedieron hasta espermátides, sigue la espermiogénesis o segunda fase de la espermatogénesis (Salisbury *et al.*, 1978).

Figura 1. Eventos realizados durante la Espermatocitogénesis. Las flechas indican transición al siguiente tipo celular.



(Salisbury *et al.*, 1978).

2.2.2 ESPERMIOGÉNESIS

Se conoce como espermiogénesis a la segunda fase de la espermatogénesis, la cual consiste en la metamorfosis de la espermatíde hasta espermatozoide totalmente formado, aunque inmaduro (Salisbury *et al.*, 1978). Para llevar a cabo este proceso, la espermiogénesis se divide en cuatro fases: 1) fase de Golgi, 2) fase de encasquetamiento, 3) fase acrosómica y 4) fase de maduración:

1. Fase de Golgi: Caracterizada por la formación de gránulos proacrosómicos y su coalescencia en una vacuola, la adhesión del granulo acrosómico resultante a la envoltura nuclear, y las etapas tempranas de formación de la cola (Hafez y Hafez, 2002). El centríolo proximal se acerca al núcleo, se cree que de ahí forma una base para la unión de la cola y cabeza (Salisbury *et al.*, 1978; Hafez y Hafez, 2002).
2. Fase de encasquetamiento: Caracterizada por la dispersión del granulo acrosómico adherente sobre la superficie del núcleo de la espermatíde, continuando el proceso hasta aproximadamente dos tercios de la porción anterior del núcleo, quedando cubierto por un delgado saco membranoso de doble capa adherido íntimamente a la envoltura nuclear, el acrosoma del espermatozoide se forma a partir de estas estructuras y el líquido contenido en

la vacuola (Salisbury *et al.*, 1978; Hafez y Hafez, 2002). En esta fase los componentes axonémicos de la cola en desarrollo, formados a partir del centriolo distal, se alargan más allá de la periferia del citoplasma celular. En el desarrollo temprano, el axonema es muy parecido a un cilio, ya que consiste en dos túbulos centrales rodeados por nueve pares de túmulos (Hafez y Hafez, 2002).

3. Fase acrosómica: se reconoce esta fase por cambios en el núcleo, lo cual es facilitado por la rotación del núcleo hacia la base del túbulo seminíferos las colas hacia la luz del túbulo. Los cambios incluyen condensación de la cromatina en gránulos densos y remodelación del núcleo, de esferoide ha aplanado y alargado. Aquí las histonas nucleares son sustituidas progresivamente por proteínas transicionales. El acrosoma, íntimamente adherido al núcleo, también se condensa y alarga (Hafez y Hafez, 2002).

El citoplasma se desplaza hacia la parte caudal del núcleo rodeando la parte proximal de la cola en desarrollo; en el citoplasma, los microtubulos se asocian y forman una vaina cilíndrica temporal llamada manguito que rodea laxamente al axonema, dentro del manguito, el cuerpo cromatoide se condensa alrededor del axonema formando una estructura llamada anillo citoplásmico, el cual emigra a lo largo de la cola (Hafez y Hafez, 2002). Las mitocondrias se concentran en la parte posterior de la célula en la membrana intracitoplasmática, formando un collar que aparece desde los bordes externos de la parte posterior del núcleo. Esta membrana, conocida como tubo caudal, define la zona del citoplasma que va a incluirse en la vaina mitocondrial que recubre los filamentos axiales (Salisbury *et al.*, 1978).

4. Fase de maduración: Durante esta fase, dentro del núcleo, los gránulos de cromatina se condensan progresivamente, mientras las proteínas transicionales son substituidas por protaminas formando así un material homogéneo que llena homogéneamente todo el núcleo espermático. Alrededor del axonema se forma una vaina fibrosa y las 9 fibras gruesas subyacentes al parecer estas se asocian individualmente con los 9 pares de microtubulos del

axonema y son continuas con las presentes en el cuello del segmento conector de la espermatide. La vaina fibrosa cubre el fonema hasta el inicio del segmento caudal. El anillo citoplásmico migra caudalmente hasta el punto donde mas tarde se separara el segmento medio del principal y las mitocondrias se empacan apretadamente en una vaina continua desde el cuello hasta el anillo citoplásmico (Hafez y Hafez, 2002). Después de la eliminación del exceso de citoplasma, queda una gota citoplasmática residual (Salisbury *et al.*, 1978).

2.2.3 ESPERMIACIÓN

Se llama espermiación a la liberación de las células germinales hacia la luz del túbulo seminífero, en esta etapa, las espermatides se orientan perpendicularmente hacia la pared de la célula de sertoli y sobresalen poco a poco hacia la luz del túbulo. La unión de las espermatides con la célula de sertoli es entonces un puente intercelular que se va extruyendo hasta solo quedar un delgado tallo conectado al cuello de la espermatide. Después de la liberación, queda una gota citoplasmática en el espermatozoide y los residuos son fagocitados por las células de sertoli, que además fagocita muchas espermatides degeneradas (Hafez y Hafez, 2002).

2.2.4 CONTROL ENDOCRINO DE LA ESPERMATOGÉNESIS

El proceso de la espermatogénesis se encuentra bajo el control endocrino, no se tienen datos suficientes para determinar la secuencia exacta de todas las hormonas que interactúan para llevar a cabo con éxito la espermatogénesis, pero se ha demostrado que las principales glándulas que influyen en ella son el hipotálamo, la pituitaria y los testículos (Salisbury *et al.*, 1978).

La espermatogénesis requiere tanto la acción de la FSH como la de los andrógenos inducidos por la acción de la LH en las células intersticiales. La secuencia de acontecimientos en el control hormonal de la espermatogénesis en el toro parece ser de la siguiente manera:

1. En la pubertad la gonadotropina LH actúa sobre las células de Leydig (células intersticiales), para producir andrógenos.
2. El andrógeno inicia las primeras fases de la espermatogénesis posiblemente actuando en unión con la FSH.
3. La FSH estimula las células Sertoli para producir y liberar una proteína que se liga a los andrógenos (ABP) que aumenta el enlace y la acumulación de éstos (andrógenos) dentro del túbulo seminífero (Noakes *et al.*, 2001).
4. La FSH estimula la espermiogénesis y en presencia con el andrógeno termina la producción de espermatozoides.
5. La espermatogénesis se mantiene por un equilibrio entre la FSH, andrógenos y estrógenos.
6. El andrógeno además de mantener las condiciones optimas durante la espermatogénesis, favorece el transporte de espermatozoides y deposito del semen cerca del lugar de fecundación (Salisbury *et al.*, 1978).

2.2.5 CICLOS DE PRODUCCIÓN ESPERMÁTICA

En los túbulos seminíferos de machos reproductivamente activos, existe una sincronía, en la cual forman asociaciones celulares que experimentan cambios cíclicos (Bearden y Fuquay, 1982; Hafez y Hafez, 2002), en el toro se han identificado 12 etapas de este ciclo, a estos ciclos se les denomina *ciclo de epitelio seminífero* y se define como “una serie de cambios en un área determinada de epitelio seminífero entre dos apariciones de la división celular o entre dos del desarrollo” y dura en el toro aproximadamente 14 días (Hafez y Hafez, 2002). De tal manera que los espermatozoides liberados tienen una asociación única con tipos específicas de espermatoцитos en desarrollo y con espermatogonias, estas asociaciones celulares se encuentran seriadas y en regularidad cíclica (Bearden y Fuquay, 1982).

Las etapas del ciclo seminífero cambia no solo con el tiempo, sino que también ocurren en secuencia a lo largo del asa tubular (Bearden y Fuquay, 1982; Hafez y Hafez, 2002); ese cambio secuencial a través del tiempo y espacio se

conoce como *onda del epitelio seminífero*, así comienza una serie de etapas de menos avanzada a media asa y continua con etapas progresivamente más avanzadas cerca de la red testicular (Hafez y Hafez, 2002). Por ejemplo, si el ciclo de epitelio seminífero, se encuentra en fase 3, entonces encontramos a los lados las fases 2 y 4 (Bearden y Fuquay, 1982).

2.3 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD REPRODUCTIVA DE SEMENTALES BOVINOS

La evaluación de la capacidad reproductiva del semental bovino, tiene como principal interés detectar animales infértiles o con una capacidad reproductiva disminuida que en un momento dado pudieran comprometer la tasa de preñez en un hato (Duchens, 1999; Yelich, 2002), pudiendo esto significar cuantiosas pérdidas económicas (Muller, 1992).

La Sociedad de Teriogenología en EUA, recomienda un sistema de evaluación de fertilidad basado en tres aspectos básicos: **circunferencia escrotal**, **morfología espermática** y **movilidad espermática**, dando a cada uno de estos aspectos una calificación específica (40%, 40% y 20% respectivamente) de acuerdo a la relación entre estos y la tasa de preñez, de modo que la calificación de los tres aspectos suman una porcentaje que sirven para ubicar el estatus reproductivo de los sementales (Cuadro 2), en satisfactorios (>60%), insatisfactorios (<29%) o dudosos (30-59%; Duchens, 1999).

Cuadro 2. Calificación de la capacidad reproductiva del toro según la Sociedad de Teriogenología.

Circunferencia escrotal recomendadas para toros <i>B. indicus</i> (cm.)				
EDAD EN MESES		MUY BUENA	BUENA	DEFICIENTE
< 24		33	30-32	< 29
< 36		34	31-34	< 30
< 48		36	33-35	< 32
< 54		38	35-37	< 34
< 72		38	35-37	< 35
Calificación para circunferencia escrotal		40	20	10
Circunferencia escrotal recomendadas para toros <i>B. taurus</i> (cm.)				
Categoría	Meses	MB	B	Regular
Circunferencia escrotal por edad	12-14	> 34	30-34	< 30
	15-20	> 36	31-36	< 31
	21-30	> 38	32-38	< 32
	> 31	> 39	34-39	< 34
Calificación para la circunferencia escrotal		40	24	10
Morfología del semen				
Anormalidades primarias	< 10	10-19	20-29	> 29
Anormalidades totales	< 25	26-39	40-59	> 59
Calificación para morfología	40	24	10	3
Movilidad del semen				
Movilidad masal	Remolinos rápidos (5)	Remolinos lentos (4)	Oscilación generalizada (3)	Oscilación esporádica (2)
Movilidad individual	Lineal rápida (> 85)	Lineal moderada (70-85)	Lineal lenta (45-70)	Lineal muy lenta (< 45)
Calificación para movilidad	20	12	10	3
Clasificación de toros de acuerdo a la calificación recomendada por la sociedad de teriogenología				
SATISFACTORIO			> 60	
DUDOSO			30-59	
INSATISFACTORIO			< 29	

(Sprott *et al.*, 1997; Parker *et al.*, 1999; Nelson, 1997)

La **circunferencia escrotal** es un punto de especial interés debido a que es un indicador de fertilidad, pues los toros de mayor circunferencia escrotal generalmente producen más semen, mayor cantidad de espermatozoides morfológicamente normales y una mayor movilidad espermática que los toros de

menor circunferencia escrotal, debido a la alta correlación entre la circunferencia escrotal y el parénquima testicular (Martínez, 1993; Duchens, 1997). Además, la circunferencia escrotal es una característica altamente heredable en toros *B. taurus* y moderada en toros *B. indicus* (Martínez *et al.*, 2004); las crías de toros de gran circunferencia escrotal alcanzan más rápidamente la pubertad que los hijos e hijas de toros de menor circunferencia escrotal (Nelson 1997; Brito *et al.*, 2004^a; Martínez *et al.*, 2004). La circunferencia escrotal puede ser influenciada por la raza del semental, las razas de *B. indicus* tienen un menor diámetro testicular que los *B. taurus* (Martínez, 1993; Parker *et al.*, 1999); si embargo aún entre las razas de *B. indicus* existen diferencias en la circunferencia escrotal (Martínez 1993).

Muller (1992), señala que el desarrollo de la circunferencia escrotal depende mucho de la temperatura y que los toros en condiciones templadas alcanzan más rápidamente una mayor circunferencia escrotal que toros criados en condiciones tropicales y al pastoreo. De Dios *et al.*, (1988) compararon el diámetro de la circunferencia escrotal en diferentes épocas del año y en diferentes razas de toros, encontrando en época de sequía y lluvias una mayor circunferencia escrotal en toros Brahmán seguidos de Indobrasil y Gyr y una menor circunferencia escrotal en los toros Nellore; mientras que en la época de lluvias, la raza de mayor circunferencia escrotal fue la Indobrasil, mostrando posiblemente una mayor adaptabilidad a las condiciones adversas que los sementales de raza Brahmán. En otro estudio, Chacon *et al.* (2002) reportaron, en toros Brahmán, una mayor circunferencia escrotal durante los meses más calurosos en relación con los meses fríos del año. Brito *et al.* (2004^b), reportaron una mayor longitud de la arteria testicular, mayor pendulosidad y un mayor recorrido de la arteria y vena testicular en el cono vascular testicular en toros *B. indicus*, lo que puede mejorar la termorregulación y por lo tanto permitir una mejor adaptación que los *B. taurus* en zonas tropicales.

El estado nutricional también afecta al desarrollo testicular, pues los incrementos de energía en la dieta pueden acelerar el desarrollo de la circunferencia escrotal (Mwansa y Makarechian 1991) y alcanzar más rápidamente la edad a la pubertad, además bajos niveles de energía disminuyen significativamente los picos de LH por día, motivo que puede llegar a retrasar el

desarrollo testicular. Aunado a esto, cuando la condición corporal disminuye, la producción de espermatozoides baja (Martínez, 1993). Ambos factores, pueden favorecer la disminución de la consistencia testicular (degeneración), pues esto es frecuente en animales en trópico (Muller, 1992).

La poca disponibilidad de forrajes y temperatura elevada, reportada en las zonas tropicales, también afecta la calidad del semen en animales *B. taurus* y sus cruza, mientras que esto no se ve tan marcado en animales *B. indicus* (Chacón *et al.*, 2002), Brito *et al.* (2004^b) reportan un incremento en la calidad del semen asociado al tamaño testicular y la disminución de la temperatura escrotal superficial y subcutánea.

La **morfología espermática** indica el porcentaje de espermatozoides capaces de fecundar un óvulo. Las anormalidades que se pueden encontrar en los espermatozoides pueden ser primarias o secundarias. Las anormalidades primarias tienen su origen durante la espermatogénesis, esta a su vez se dividen en específicas e inespecíficas. Las específicas son provocadas por alteraciones en el código genético y van a estar presentes en proporciones similares durante toda la vida reproductiva del semental, mientras que las inespecíficas son ocasionadas por factores climáticos, nutricionales, traumáticos o infecciosos. Las alteraciones morfológicas secundarias tienen su origen durante la eyaculación, manipulación y evaluación del semen y no representan problemas de importancia (Muller, 1992).

Las anormalidades espermáticas disminuyen conforme aumenta la talla testicular, además estas parecen ser ms comunes en toros de razas tropicales (Martínez, 1993); no obstante, Chacon *et al.* (2002) no encontraron diferencias significativas en anormalidades espermáticas en toros Brahmán bajo condiciones tropicales a lo largo del año; sin embargo, hubo significativa fluctuación en la presencia de gota citoplasmática, encontrando hasta un 21% en el mes de agosto.

La **movilidad espermática** aumenta conforme la circunferencia escrotal incrementa (Martínez, 1993). En lo que refiere a la época del año, Chacon *et al.*

(2002) reportaron un decremento en de la movilidad espermática del 63% en septiembre y del 47% en diciembre en toros Brahmán, lo cual fue probablemente debido a que no era en ese momento la época reproductiva.

No obstante que la Sociedad de Teriogenología de EUA solo toma en cuenta los factores anteriormente señalados, también debe tomarse en cuenta la condición física y libido de los animales. La libido es un factor que no debe descuidarse, pues aunque los sementales produzcan una buena cantidad y calidad de semen, pueden ver su capacidad reproductiva disminuida por falta de libido.

El bajo o poco interés sexual que presentan algunos toros pueden obedecer a muchos factores, desde problemas de conformación física hasta traumatismos o simplemente una sobre explotación (Nelson, 1997). Además, la libido es un factor medianamente heredable y que tiene correlación con las características morfológicas seminales y la circunferencia escrotal (Quirino *et al.*, 2004), pero puede variar entre sementales de la misma raza (Sprott *et al.*, 1997). Al parecer, la testosterona es un factor que influye positivamente en la libido, aunque altos niveles de esta hormona no lo incrementa (Sprott *et al.*, 1997). Martínez (1993) señala que los toros de 6 y 7 meses de edad tienen poca producción de testosterona; Silva *et al.* (2000) reportan que existe una correlación positiva entre la libido y capacidad de servicio con la edad, por lo cual es probable que los bajos niveles de testosterona en toros jóvenes afecte la libido, esto es apoyado por el reporte de Jiménez (2002) que indica un bajo interés sexual en animales púberes y que este se incrementó en la segunda exposición con las hembras. Sin embargo, Henney *et al.* (1990) reportan que toros con bajo libido tenían altos niveles de testosterona en comparación con toros con mucha libido.

La evaluación de la capacidad reproductiva comprende varios factores a tomar en cuenta, además de los que intervienen directamente en la calificación, primero, el evaluador debe observar desde que entra a la granja, las condiciones generales de la misma, para eliminar posibles causas que pudieran alterar el comportamiento reproductivo de los animales, tales como tipos de praderas, disponibilidad de insumos de buena calidad, aguajes o bebederos, disponibilidad

de sales minerales, entre otros (Muller, 1992). Posteriormente se procede a la evaluación propiamente dicha, la cual consiste en tres factores básicos: evaluación física general, evaluación de los órganos reproductivos y evaluación seminal (Yelich, 2002).

2.3.1 EVALUACIÓN FÍSICA GENERAL

Mediante este examen se pretende comprobar que el animal no tenga alguna enfermedad o alteración física que pudiera comprometer su desempeño reproductivo (Muller, 1992; Yelich, 2002). Los principales aspectos a examinar son: a) físicos, b) condición corporal y c) conformación física.

- a) Físicos. Incluye este aspecto una evaluación ocular y dental, procurando encontrar anomalías que dificulten al animal la identificación del alimento y hembras en la pradera. Incluye además de que el animal debe estar en condiciones libres de enfermedad (Yelich, 2002).
- b) Condición corporal. La condición corporal es una evaluación subjetiva de la cantidad de grasa o de la cantidad de energía almacenada que un semental posee (Figura 2). La condición corporal cambia a lo largo de la vida reproductiva. Los grados de condición corporal son una herramienta utilizada para ajustar la alimentación y las prácticas de manejo de manera que maximizan el potencial.

Un grado de condición corporal se asigna visualmente observando el área de la cadera del semental, principalmente el área delimitada por la tuberosidad coxal, las tuberosidades isquiáticas y la base de la cola. La cantidad de "cobertura" de grasa sobre las vértebras de la espalda se utiliza también para asignar un grado. Los sementales se ordenan usualmente en una escala que va de 1 a 5. Sementales extremadamente flacos se les asigna un grado de 1 y los extremadamente gordos, un grado de 5 (Wattiaus, 2005).

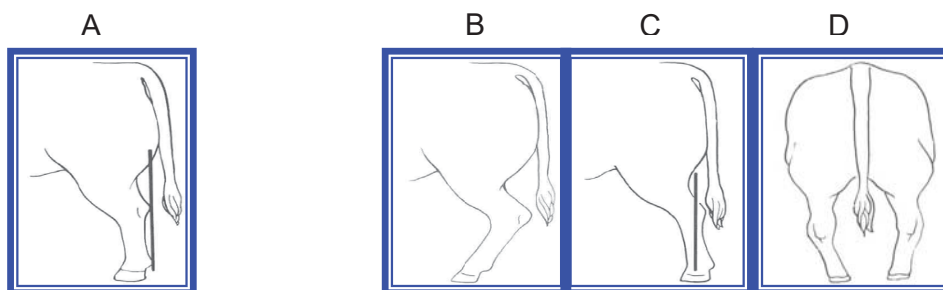
Figura 2. Identificación de algunas regiones partes corporales utilizadas para asignar grados de condición corporal

Grado de condición corporal	Vértebra en la espalda	Aspecto posterior del hueso pélvico	Aspecto lateral de la línea entre las caderas	Cavidad entre cola y la tuberosidad isquiática	
				Aspecto posterior	Aspecto lateral
1 Subcondicionamiento severo					
2 Esqueleto obvio					
3 Buen balance de esqueleto y tejidos superficiales					
4 Esqueleto no tan obvio como tejidos superficiales					
5 Sobrecondicionamiento severo					

(Wattiaus, 2005).

- c) Conformación física. En ocasiones existen animales que tienen una mala conformación en aplomos (Figura 4), que le impiden desplazarse con facilidad dentro del potrero en busca de alimentos o en busca de vacas en estro, además puede ello provocar dificultades al momento de la copula.

Figura 3. Conformación de aplomos en sementales bovinos. (A) Conformación deseable, (B) Corvejón en S, (C) Corvejón atrasado, (D) Corvejón en forma de hongo.



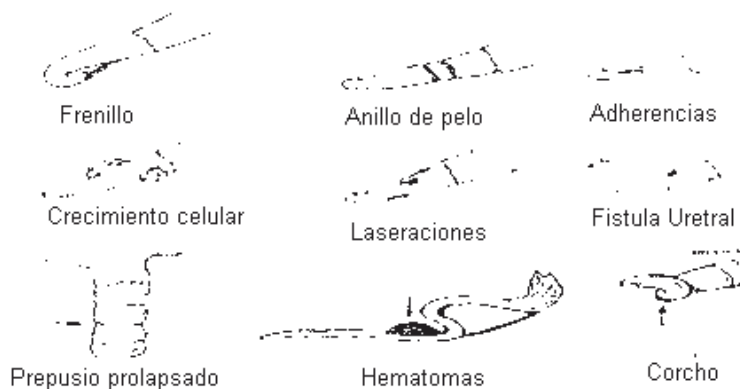
(Yelich, 2002)

2.3.2 EVALUACIÓN DE LOS ÓRGANOS REPRODUCTIVOS

El examen de los órganos reproductivos se intenta identificar anomalías específicas de los órganos reproductivos tanto a) externos (testículos, prepucio y pene) como b) internos (glándulas vesiculares, prostática y de cowper; Yelich, 2002).

a) **Órganos reproductivos externos:** En este caso la evaluación se hace por medio de observación y palpación, empezando con el prepucio y pene, en ellos se trata de verificar la ausencia de adherencias, inflamaciones o abscesos que dificulten o imposibiliten la penetración o eyaculación (Figura 4); es común que en condiciones de pastoreo, los sementales, sobretodo los *B. indicus* (por el tipo de prepucio; figura 5), sufran lesiones en prepucio y hasta en pene (Yelich, 2002).

Figura 4. Diferentes anomalías peneanas más frecuentes en el toro.



(Yelich, 2002).

Figura 5. Disposición prepucial en animales *B. indicus* (A) y *B. taurus* (B).

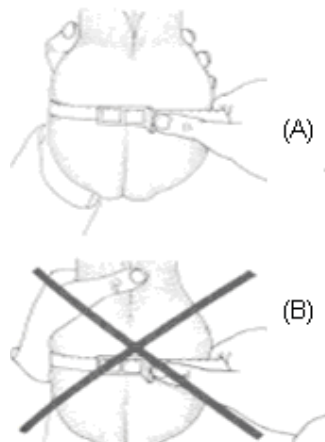


(Yelich, 2002).

La evaluación testicular es de especial interés, debido a la correlación positiva que existe entre el tamaño de estos y la cantidad de semen producido, en este examen se inicia con los testículos y su relación con el escroto verificando la ausencia de adherencias, después la simetría testicular y una posible relación con la consistencia, que pudiera indicar degeneración testicular o hipoplasias (Muller, 1992).

La circunferencia escrotal es conocida por su correlación y la fertilidad y potencial del semental, se supone que mientras mayor sea la circunferencia escrotal, mayor es la cantidad de tejido espermatogénico y por consecuencia mayor es la cantidad de espermatozoides producidos. La circunferencia escrotal (Figura 6) se mide colocando los testículos con suavidad en la porción ventral del escroto, se apoyan en la palma de la mano y midiendo el escroto por el mayor diámetro testicular con una cinta métrica (Sport *et al.*, 1997).

Figura 6. Medición de la circunferencia testicular (A) Forma correcta de medición y (B) Forma incorrecta de medición.



(Yelich, 2002).

- a) **Órganos reproductivos internos:** El examen de los órganos reproductivos internos se hace por medio de palpación transrectal y consiste en verificar la funcionalidad de los órganos reproductivos accesorios, esto se hace tomando en cuenta el tamaño y consistencia de las diferentes glándulas y por signos de

dolor expresados por el animal al ejercerle una leve presión sobre las glándulas. En este examen, además de verificar que los órganos se encuentran en buena condición, el examen provoca una estimulación benéfica para la futura colección seminal (Muller, 1992).

2.3.3 COLECCIÓN SEMINAL

Previo a la colección del semen se realiza una limpieza del área prepucial, recortando los pelos prepuciales y lavando con agua tibia para evitar una posible contaminación de la muestra de semen. Para la colección del semen existen dos técnicas ampliamente difundidas, a) la vagina artificial y b) la electroeyaculación.

a) Vagina artificial. La técnica de colección mediante vagina artificial es la más difundida, consiste en la preparación de un artefacto que imita a la vagina de una vaca; para llevar a cabo esta técnica, previamente debe prepararse la vagina con los elementos mostrados en la (Figura 7), de manera que se le proporcione condiciones de temperatura, presión y fricción parecidos a una vagina natural, así mismo es importante que el toro reciba una estimulación sexual con una vaca debidamente sujeta o bien un maniquí, cuando todo está listo se debe permitir que el toro monte la vaca y antes de que la penetre se debe sujetar el pene y prepucio y dirigirlo a la vagina artificial para que este eyacule ahí y el semen quede atrapado en un tubo colector graduado y mantenido a 37°C para su posterior evaluación (Bearden y Fuquay, 1982; Hafez y Hafez, 2002).

Figura 7. Componentes y estructura de una vagina artificial para bovinos.



b) Electroeyacuación. Esta técnica se utiliza más frecuentemente en toros productores de carne, especialmente para corroborar la calidad del semen de toros usados en monta natural. El equipo consiste de un electrodo bipolar y una fuente variable de corriente alterna, el voltaje fluctúa de 0 a 500 milivolts, el electrodo puede tener anillos alternados positivos y negativos separados por cada 4cm (Figura 8). El electrodo se coloca en el recto, previamente lubricado, inmediatamente arriba de las glándulas accesorias de manera que se estimulan los nervios del aparato reproductor. Las descargas se aplican de manera alternada aumentando cada vez unos 25 o 50 milivolts hasta llegar a la descarga precisa que el animal requiere para eyacular, en los toros suele producirse erección peneana y el semen se recolecta sin la posibilidad de contaminación proveniente del prepucio. El semen es colectado con la ayuda de un bastón en el cual se acopla un embudo de látex y un tubo graduado para la colecta, el cual debe mantenerse a 37° C. (Bearden y Fuquay, 1982; Hafez y Hafez, 2002).

Figura 8. Equipo de electroeyacuación para bovinos.



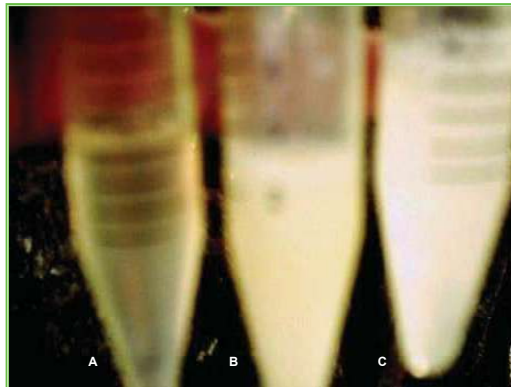
2.3.4 EVALUACIÓN SEMINAL

La evaluación seminal se realiza en un campo macroscópico: a) volumen, b) color y c) pH) y otro campo microscópico: a) movilidad espermática, b) concentración espermática y c) morfología espermática.

2.3.4.1 Evaluación macroscópica

- a) Volumen. La medición del volumen (Figura 9) se hace para calcular posibles diluciones del semen para su posterior procesamiento y establecer patrones de cada toro (Bearden y Fuquay, 1982), por ejemplo la edad de los sementales, estado nutricional, raza y talla ocasiona variantes en la cantidad de semen (Hafez y Hafez, 2002), además de la circunferencia escrotal (Martínez, 1993).
- b) Color. La evaluación del color (Figura 9) es dada por observación subjetiva y se clasifica en cremoso, lechoso y acuoso, teniendo el color una correlación positiva con la concentración espermática de la muestra, de modo que una muestra cremosa sugiere una alta concentración espermática, una lechosa una concentración mediana y una muestra acuosa nos hace pensar en una concentración muy baja de espermatozoides en el eyaculado (Bearden y Fuquay, 1982; Hafez y Hafez, 2002).

Figura 9. Volumen y apariencia de las muestras de semen bovino. (A) Muestra acuosa, (B) Muestra lechosa, (C) Muestra cremosa.

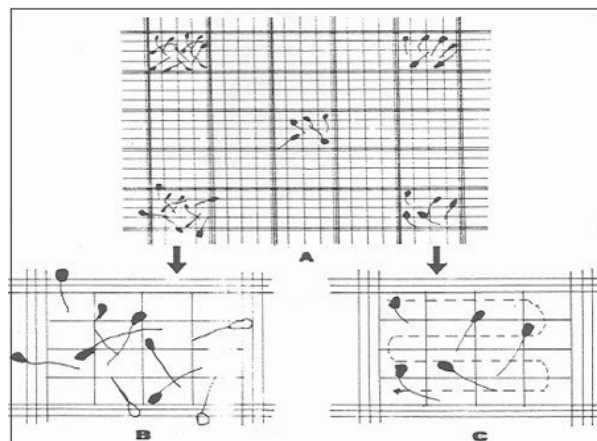


- c) pH. La medición del potencial de Hidrogeno es realizada mediante un peachimetro o bien con cintas tornasol en una pequeña muestra de semen. El semen bovino tiene un pH fluctúa entre de 6.4 a 7.8 (Hafez y Hafez, 2002).

EVALUACIÓN MICROSCÓPICA

- a) **Movilidad espermática:** Para evaluar la movilidad (masal y progresiva) se utiliza una gota de semen, la cual se coloca entre un portaobjetos y un cubreobjetos a 37°C y se observa a un aumento de 400x. La determinación de movilidad se realiza por observación subjetiva, utilizando los criterios presentados por Parker (1999).
- b) **Concentración espermática:** Se determina por la técnica de recuento directo; Se realiza una dilución de 1:200, para lo cual se toma semen hasta la marca de 0.5 de la pipeta de Thoma y luego se toma citrato de formalina hasta la marca de 101; después, la muestra se agita para combinar el semen y el citrato de formalina, se desechan las primeras tres gotas de la pipeta; posteriormente se llena una cámara de Neubauer (hematocitometro) colocando la pipeta en la hendidura entre la cámara de Neubauer y un cubreobjetos, esta se llena por capilaridad; para el conteo se toman en cuenta 5 cuadrículas (las 4 esquinas y el centro; Figura 10), se cuentan los espermatozoides en cada cuadrícula y los que estén sobre la línea marginal superior e izquierda.

Figura 10. Cámara de Neubauer



(Hafez y Hafez 2002)

- c) **Morfología espermática:** Se coloca una gota de semen en un cubreobjetos y se tiñe con 1 gota de eosina nigrosina, la muestra teñida se extiende a lo largo del cubreobjetos con la ayuda de otro portaobjetos; cuando el frotis se seca,

se observa con aumento de 400x y se cuentan 200 espermatozoides registrando los morfológicamente anormales. Las anomalías morfológicas (Figura 11) se clasifican en: anomalías primarias (subdesarrollo, doble acrosoma, cabezas pequeñas, cabeza en forma de pera, contorno anormal, pieza media anormal, cola enrollada, 2 o más colas, implantación abaxial) y anomalías secundarias (cabezas desprendidas, gota citoplasmática, capuchón desprendido, cola quebrada, cola con dobles simple (Hafez y Hafez, 2002).

Figura 11. Principales anomalías morfológicas de espermatozoides bovinos



(Yelich, 2002).

Objetivo general

Evaluar el comportamiento reproductivo de sementales *Bos indicus* y sus cruzas en la región de Tierra Caliente en el estado de Michoacán, en diferente época del año.

Objetivos particulares

- 1) Evaluar el efecto de la época del año sobre la circunferencia escrotal de toros *Bos indicus* y sus cruzas en la región de Tierra Caliente en el estado de Michoacán.
- 2) Evaluar el efecto la época del año sobre la calidad del semen de toros *Bos indicus* y sus cruzas en la región de Tierra Caliente en el estado de Michoacán.

3. METODOLOGIA

La siguiente experiencia profesional se realizó en varias explotaciones ganaderas ubicadas en el municipio de Tuzantla, Michoacán, que se localiza al este del Estado, en las coordenadas 19° 13' 00'' de latitud norte y 100° 35' 00'' longitud oeste a una altura de 650 msnm, cuenta con una superficie de 827.69 km² (1.3% del territorio Estatal); su hidrografía esta compuesta por 3 ríos y 5 arroyos; clima tropical con lluvias en verano, una precipitación pluvial anual de 1184.5 mm³ y temperaturas de 19.9 a 36.7°C (Secretaría de Gobernación *et al.*, 1987).

En esta región se mantienen a los animales en pastoreo extensivo todo el año y cuando los pastos se escasean se suplementan, especialmente a los sementales, con alimento comercial y granos propios de la región (maíz y sorgo); en los aspectos reproductivos se usa la monta natural, en un empadre continuo con uno o más toros, ignorándose muchas veces el estado reproductivo de los sementales, pues el único indicativo que existe de fertilidad es que las vacas estén pariendo.

En la presente experiencia profesional se evaluaron 68 toros *B. indicus* y sus cruzas utilizados como sementales activos en condiciones de pastoreo extensivo. La evaluación se realizó una vez por mes durante los meses de Diciembre, Enero y Abril. Durante el mes de diciembre fue considerado como el fin de la época de lluvias, caracterizada, por existir una cantidad abundante de pasto seco en el potrero y poca o nula suplementación con concentrado, wen el mes de enero se considero el inicio de la época de sequía donde la cantidad de pasto disminuye y la suplementación con alimento comercial se incrementa a razón de 1 kg por animal por día y en el mes de abril, se considero la época de seca, donde la calidad y la cantidad de forraje en potrero es escasa y la suplementación con alimento comercial se incrementa a razón de 2.5 kg por animal por día.

Los parámetros evaluados fueron: examen físico general (visión, aplomos, condición corporal), examen de los órganos reproductivo del bovino (escroto, testículos, epidídimos, pene, prepucio y glándulas accesorias) y examen seminal (macroscópico y microscópico).

En el examen físico general se empezó a observar al animal desde el momento en que era lazado y conducido al lugar en donde sería evaluado, se puso especial interés en ese momento la manera de caminar, para así descartar alguna posible lesión en los aplomos; algunos toros fueron evaluados en mangas de manejo, mientras que otros fueron evaluados en condiciones de campo con la ayuda de un lazo y un verijero; una vez trampeado el semental, se observaron los ojos del animal para registrar alguna anomalía que pudiera dificultar su capacidad reproductiva, se observaron nuevamente los aplomos para descartar una mala conformación de los mismos.

Así mismo, se evaluó la condición corporal (CC), mediante la observación directa del tren posterior de cada uno de los animales, asignando un valor en las categorías de 1 al 5 (donde 1 es emaciado y 5 es muy obeso), utilizando los criterios ya mencionados. Finalmente se corroboró la ausencia visible de algún padecimiento que pudiera limitar su actividad reproductiva.

En el examen de los órganos reproductivos, se consideró la evaluación (observación y palpación) de los órganos reproductivos externos (prepucio, escroto, pene, epidídimos y testículos), buscando malformaciones, heridas, fibrosis, adherencias entre otras, en los testículos, además se palpó la consistencia de los mismos, ya que una consistencia muy blanda pudiera indicar una degeneración testicular, mientras que una consistencia muy dura indica fibrosis. Los órganos reproductivos internos (glándulas de Cowper, vesiculares y prostática) se evaluaron mediante palpación transrectal, registrando en la historia clínica cualquier anormalidad (inflamación o diferencias en consistencia a las normales) que pudiera estar presente al momento de la evaluación.

Dentro de la evaluación de los órganos reproductivos, la circunferencia escrotal (Ces), es de vital importancia debido a su correlación positiva con la

cantidad y calidad de semen producido, para llevar a cabo esta tarea, los testículos se colocaron con suavidad en la porción ventral del escroto, se apoyaron en la palma de la mano y se midió el escroto por el mayor diámetro testicular con una cinta métrica.

Una vez realizada una hoja clínica con todos los datos obtenidos de los exámenes anteriormente descritos se procedió a la colección de una muestra de semen de cada uno de los sementales. La recolección de semen se realizó mediante la técnica de electroeyaculación, previamente el toro se preparó lavando el prepucio y área circundante y se recortaron los pelos prepuciales. El electrodo del electroeyaculador, previamente lubricado, se introdujo en el recto del semental, se colocó en la pared ventral del recto y se aplicaron estímulos eléctricos de 0 a 30 voltios con aumentos de 5 voltios y a intervalos de 5 a 10 segundos durante cada aumento, hasta llegar al punto de estimulación en que cada animal eyaculó. El semen fue colectado en tubo de ensayo graduado y conservado a una temperatura de 37° C.

Inmediatamente después de ser colectada, la muestra fue evaluada macroscópicamente (volumen, color y pH) y microscópicamente (movilidad masal y progresiva, concentración y morfología espermática). Para evaluar la movilidad (masal y progresiva) se utilizó una gota de semen, la cual se colocó entre un portaobjetos y un cubreobjetos a 37°C y se observó a un aumento de 400x. La determinación de movilidad se hizo por observación subjetiva, utilizando los criterios ya descritos. La concentración se determinó por la técnica de recuento directo; se hizo una dilución de 1:200, para lo cual se tomó semen hasta la marca de 0.5 de la pipeta de Thoma y luego se tomó citrato de formalina hasta la marca de 101; después, la muestra se agitó para combinar el semen y el citrato de formalina, se desecharon las primeras tres gotas de la pipeta; posteriormente se llenó una cámara de Neubauer (hematocitómetro) colocando la pipeta en la hendidura entre la cámara de Neubauer y un cubreobjeto, esta se llenó por capilaridad; para el conteo se tomaron en cuenta 5 cuadrículas (las 4 esquinas y el centro), se contaron los espermatozoides en cada cuadrícula y los que estuvieron sobre la línea marginal superior e izquierda. Para determinar la

concentración total de espermatozoides por eyaculado se procedió a efectuar las formulas utilizadas en el laboratorio de reproducción animal de la FMVZ-UMSHN.

Para la morfología espermática, se colocó una gota de semen en un cubreobjetos y se tiñó con 1 gota de eosina nigrosina, la muestra teñida fue extendida a lo largo del portaobjetos con la ayuda de otro portaobjetos; cuando el frotis se secó, se observó con aumento de 400x y se contaron 200 espermatozoides registrando los morfológicamente anormales. Las anormalidades morfológicas se clasificaron en: anormalidades primarias (subdesarrollo, doble acrosoma, cabezas pequeñas, cabeza en forma de pera, contorno anormal, pieza media anormal, cola enrollada, 2 o más colas, implantación abaxial) y anormalidades secundarias (cabezas desprendidas, gota citoplasmática, capuchón desprendido, cola quebrada, cola con dobles simple).

4. RESULTADOS

La circunferencia escrotal (Ces), fue mayor en el mes de abril con respecto a los meses de diciembre y enero (Cuadro 3), esto debido posiblemente a la suplementación con alimento comercial que los productores acostumbra a realizar durante la época de escases de forraje, como una medida de evitar la pérdida de la condición corporal en los sementales.

En cuanto a las características seminales, el volumen (Vol), y movilidad progresiva (MP) mostraron un incremento de diciembre a abril; lo cual tiene una relación directa con el incremento en la circunferencia escrotal, lo que indica que existe un mayor desarrollo del tejido testicular y en consecuencia una mayor producción de espermatozoides.

En cuanto al porcentaje de espermatozoides muertos (EM) se observó un descenso de diciembre a abril. Esto puede ser debido a que durante el mes de diciembre, los sementales aun se encuentran en servicio, mientras que en abril, la cantidad de servicios es casi nula, situación que puede explicar el menor porcentaje de espermatozoides muertos en el mes de abril, respecto a diciembre y enero.

El resto de las variables no presentaron cambios significativos durante el periodo de estudio (cuadro 3). En el presente trabajo, los eyaculados de mejor calidad se observaron en abril, probablemente debido a una mayor Ces.

En abril se observó que la Ces fue mayor y los eyaculados de mejor calidad, con respecto al resto de los meses, no obstante que hubo un incremento en la temperatura ambiental y una disminución en la cantidad y calidad de los pastos. Esto se explica, debido a que durante marzo y abril los sementales recibieron una mayor suplementación.

Cuadro 3. Efecto del mes sobre la Ces y calidad del eyaculado de toros *B indicus* y sus cruzas en Tierra Caliente, Michoacán.

CATEGORIA	MES DE MUESTREO		
	DICIEMBRE n = 27	ENERO n = 25	ABRIL n = 16
Circunferencia escrotal (cm)	36.2±0.8	37.9±0.9	40.8±0.9
Volumen (ml)	2.90±0.3	4.22±0.4	5.21±0.8
pH	7.79±0.1	6.86±0.1	6.72±0.1
Movilidad masal	2.42±0.3	3.39±0.3	2.5±0.3
Movilidad progresiva (%)	54.1±5.30	68.7±5.82	72.2±4.97
Concentración espermática (x10 ⁶)	302.91±49.7	546.7±96.1	380.3±109.6
Anormalidades totales (%)	22.5±3.70	18.7±2.98	16.2±2.94
Espermatozoides muertos (%)	28.4±4.32	18.5±4.14	16.1±2.39

5. CONCLUSIONES

- La circunferencia escrotal fue mayor en abril respecto a los meses de diciembre y enero.
- En el mes de abril se observaron los eyaculados con mejores características seminales, en cuanto a volumen y motilidad progresiva; sin embargo, la concentración de espermatozoides por ml fue superior en enero respecto al mes de diciembre y abril.
- Las diferencias tan marcadas en movilidad masal y concentración espermática fueron probablemente debidas a la técnica utilizada y a las condiciones en que se realizaron las recolecciones seminales en cada uno de los meses.
- La evaluación de la capacidad reproductiva es una herramienta útil para detectar toros infértiles o con una incapacidad que pudiera comprometer la obtención de becerros.
- Es necesario evaluar de manera regular a los sementales, dado que ellos son los responsables de que las hembras queden gestantes.
- Es importante seguir generando información que nos permita establecer cuales pudieran considerarse como valores normales en las características seminales de los toros de diferente raza y mantenidos en las diferentes regiones agroecológicas de nuestro estado.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Blockey, M.A.B., 1976. Sexual behavior of bulls at pasture: A review. *Theriogenology* 6: no. 4, 387-392.
- Bearden, J. y Fuquay, J. 1982. Reproducción animal aplicada. Manual moderno. México, Distrito Federal. 360 p.
- Hafez, E y Hafez, B. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7ª ed. McGraw-Hill. México, Distrito Federal. 522 p.
- Salisbury, G., Vandemark, N. y Lodge, J. 1978. Fisiología de la reproducción e inseminación artificial de los bóvidos. Acribia. Zaragoza España. 832 p.
- Brito, L., Silva, A., M., Barbosa, R. and Kastelic, J. 2004^b. Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. *Theriogenology*, 61: 255-266.
- Brito, L., Silva, A., Unanian, M., Dode, M., Barbosa, R. and Kastelic, J. 2004^a. Sexual development in early- and late-maturing *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred bulls in brazil. *Theriogenology*, 62: 1198-1217.
- Carroll, E.V., L. Ball and J.A. Scott, 1963. Breeding soundness in bulls. A summary of 10940 examination, *J. Am. Vet. Med. Ass.* 142: 1105.
- Chacon, J., Pérez, E. y Rodríguez, H. 2002. Seasonal variations in testicular consistency, scrotal circumference and espermiogramme parameters of extensively reared Brahman (*Bos indicus*) bull in the tropics. *Theriogenology*, 58: 41-50.
- De Dios, O., De La Cruz, J., Alvarez, F., Bernal, H., Ruiz, P. y Santos, J. 1988. Efecto de la época del año y edad en el desarrollo testicular de cuatro razas cebuinas, en área tropical húmeda. *Veterinaria México* 19: 3-11.
- Duchens, M. 1999. Examen de fertilidad para selección en toros de carne. *Revista de extensión TECNO VET*, 5: 2.
- Henney, S., Killian, G. y Dreaver, D. 1990. Libido, hormone concentrations in blood plasma and semen characteristics in Holstein bulls. *Journals of Animal Science* 68: 2784-2792.

- Jimenez, H. 2002. Sexual development of dairy bulls in the mexican tropics. *Theriogenology*, 58: 921-932.
- Jimenez, J. 2004. Validación y transferencia de tecnología para bovinos de leche y carne en Michoacán. Centro de Investigación Regional del Pacifico Centro. Campo Experimental Morelia. INIFAP. Michoacán, México. 35 p.
- Kennedy, S. Spitzer, J., Hopkins, F., Higdon, H. Y Bridges, W. 2002. Breeding soundness evaluations of 3648 yearling beef bulls using the 1993 society for theriogenology guidelines. *Theriogenology*, 58: 947-961.
- Martínez, G., Edward, K., Lee, G y Vleck, V. 2004. Parametros geneticos para la circunferencia escrotal, edad a la pubertad en vaquillas y tasa de destete en varias razas de bovinos productores de carne. *Tecnica Pecuaria México*, 42 (II): 159 – 170.
- Martínez, R. 1993. La circunferencia escrotal como un indicador potencial de la fertilidad en el toro y su progenie. *Tecnica Pecuaria México*, 31: 84-96.
- Molina, R., Galina, C., Díaz, M., Galicia, L., estrada, S. 2003. Evaluacion del empadre rotativo con monta natural: efecto en el rendimiento reproductivo de vacas cebú. *Agrociencia*: 37 1-10.
- Muller, E. 1992. Evaluacion andrologica de toros bajo condiciones tropicales. IV curso internacional de reproduccion bovina. México, D.F. FMVZ, UNAM y Academia de Investigación en Biología de la Reproducción.
- Mwansa, P. y Makarechian, M. 1991. The effect of postweaning level of dietary energy on sex drive and semen quality of young beef bulls. *Theriogenology* 35: 1169-1178.
- Nelson, D. 1997. Bull Selection and Breeding Soundness Evaluation for the Beef Producer. Cooperative Extension College of Agriculture and Home Economics Washington State University. pp 1-11.
- Noakes, D.E., Parkinson, T.J. y England, G.C. 2001. *Arthur's Veterinary reproduction and obstetrics*. 8ª ed. Saunders. China. Pp. 673-694.
- Parker, R., Mathis, C. y Hawkins, D. 1999. Evaluating the Breeding Soundness of Beef Bulls. Cooperative Extension Service, College of Agriculture and Home Economics Washington State University. pp 1-4.
- Quirino, J., Bergmann, V., Filho, V., Andrade, S., Reis, R., Mendoza and Fonseca, C. 2004. Genetic parameters of libido in Brazilian Nellore bulls. *Theriogenology*, 62: 1-7.

- SAGARPA. 2003. Coordinación General de Ganadería. [En línea]. <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/ganind3.htm#pe9001>. [4-noviembre-2004]
- SAGARPA y Gobierno del Estado de Michoacán. 2002. Anuario estadístico estatal: agropecuario, forestal y de pesca. Estadísticos pecuarios 2002. pp 519-575.
- Sánchez, A.R., L.R. Bourguetts L. y A. Zapién S., 1982. Evaluación de la capacidad reproductiva y de los factores que la afectan en sementales bovinos de las razas productoras de carne en el Estado de Sonora, Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México 1982. p. 631.
- Silva, C., Aké, R. y Delgado, R. 2000. Sexual behavior and pregnancy rate of *Bos indicus* bulls. *Trerriogenology* 53: 991-1002.
- Sprott, L., Carpenter, B., y Thrift, T. 1997. Bull management for cow/calf producers. Texas Agricultural Extension Service.
- Suárez, H. y López, Q. 1996. The beef production system in México: the current situation. *Livestock in: Symposium of North American Free Treatment Agreement and Agricultural*. Pp: 1-16.
- Wattiaux, M.A. 2005. Grados de condición corporal. Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin-Madison, 12: 45-48.
- Yelich, J.V. 2002. Techniques in ruminant reproduction breeding soundness exam and semen collection in the bull. Department of animal sciences. University of florida. Pp: 1-8.