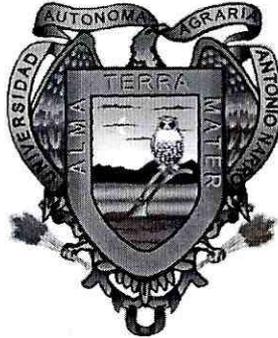


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
División Regional de Ciencia Animal**



**“EFECTO DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL  
Y LA TEMPERATURA SOBRE LA FERTILIDAD DE  
LOS BOVINOS DE CARNE.”**

**POR:**

**JOSÉ ANTONIO AGUILAR MARTÍNEZ**

**MONOGRAFÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

División Regional de Ciencia Animal

## MONOGRAFÍA

# "EFECTO DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL Y LA TEMPERATURA SOBRE LA FERTILIDAD DE LOS BOVINOS DE CARNE."

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

PRESIDENTE DEL JURADO

  
DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

  
M.V.Z. ERNESTO MARTINEZ ARANDA

  
Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal  
UAAAN - UL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

División Regional de Ciencia Animal

MONOGRAFÍA

POR

JOSÉ ANTONIO AGUILAR MARTÍNEZ

“EFECTO DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL Y LA  
TEMPERATURA SOBRE LA FERTILIDAD DE LOS  
BOVINOS DE CARNE.”

MONOGRAFÍA ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ  
PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESIDENTE:

  
DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO

VOCAL:

  
M.V.Z. MA. GUADALUPE DE LA FUENTE S.

VOCAL:

  
M.V.Z. GREGORIO RODRÍGUEZ GARCÍA

VOCAL:

  
DR. GERARDO DUARTE MORENO

## **AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS: Por haberme brindado la oportunidad de terminar mis estudios y por saber guiarme por el camino del bien.**

**AL DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO: Gracias por el apoyo que me brindo en este importante trabajo.**

## DEDICATORIAS

### A MIS PADRES:

Gracias por haberme formado como un hombre verdadero, por enseñarme que lo que uno se propone se puede cumplir, mil gracias por todo el apoyo que me dieron para seguir adelante cuando sentía que el mundo se venía a bajo ustedes estaban ahí.

**BETTY Y ANDREA:** Por ustedes soy lo que soy, muchas gracias por todo la paciencia que tuvieron, gracias por esperar este momento, esto es de ustedes, las amo.

Yo se que tu querrías estar en este momento, y se también que querías verme en lo que soy ahora, cuando te tuve me diste tu apoyo, me enseñaste miles de cosas, que si no fuera por ti no sería lo que fuera, a ti abuelita donde quiera que estés te doy las gracias.

Sra. Toña y Sr. José, gracias por el apoyo que nos brindaron, y mil gracias por creer en mí.

<b>Número</b>	<b>INDICE</b>	<b>Página</b>
1.0	Introducción	1
2.0	Objetivos	2
2.1	Objetivos específicos	2
2.1.1	Explicar de que manera influyen las altas temperaturas en la producción y calidad del semen de bovinos de carne	2
2.1.2	Estimar el valor de la circunferencia escrotal sobre la edad a la pubertad en novillos de carne	2
3.0	Desarrollo del tema	2
3.1	Termorregulación	3
3.2	Papel del escroto en la termorregulación	4
3.3	Mecanismo de enfriamiento testicular	8
4.0	Espermatogénesis	9
4.1	Fases de la espermatogénesis	10
4.2	Factores que afectan la espermatogénesis	11
5.0	Efecto de altas temperaturas sobre la fertilidad, calidad y porcentaje de espermatozoides	13
5.1	Ambiente climático	14
5.2	Factores climáticos	14
5.3	Mediciones climáticas	16
5.4	Interacción clima-animal	17
5.5	Estrés calórico	17
5.6	Transferencia de calor	19
6.0	Estimación del valor de la circunferencia escrotal sobre la calidad y volumen del semen	20
6.1	Importancia	21
6.2	Circunferencia escrotal sobre la calidad del semen en novillos	22
6.3	Circunferencia escrotal sobre el volumen del semen en novillos	23
6.4	Circunferencia escrotal sobre la edad a la pubertad en novillos	25
6.5	El escroto y los testículos del toro	28
6.5.1	Estado físico	29
6.6	Factores que influyen en el éxito del toro en la fertilización	29
6.7	Formas básicas del escroto y los testículos	29
7.0	Evaluación reproductiva de los toros	31
8.0	Circunferencia escrotal	31
9.0	Evaluación de la salud reproductiva del toro	32
9.1	Adaptaciones fisiológicas	35
10.0	El rendimiento en la reproducción o fertilidad	37
11.0	Conclusiones	39
12.0	Literatura citada	40

<b>Número</b>	<b>Índice de Figuras</b>	<b>Página</b>
1	Lugares de medición.	7
2	Enfriamiento de los testículos por intercambio calórico a través del sistema circulatorio.	9
3	Fotografía que muestra la medición de la circunferencia escrotal.	21
4	Relación de la circunferencia escrotal en 1528 reproductores en sistema extensivo.	24
5	Distribución de los valores de la circunferencia escrotal de la raza Limousin (Keeton <i>et al.</i> ,1996).	26
6	Formas básicas de testículos.	30
7	Muestra la forma ideal de medir la circunferencia escrotal.	31
8	Muestra la forma correcta de realizar la medición de la circunferencia escrotal	32
9	Figura que muestra los mínimos aceptables de la motilidad espermática y morfología espermática.	34
10	Proceso de retroalimentación negativa, ilustrando el mantenimiento del equilibrio corporal (homeostasis) en un animal sujeto a cambios ambientales.	36

## 1.0 INTRODUCCIÓN

Existe en la mayoría de las especies animales una influencia ejercida por la luz sobre la reproducción, pero hay que reconocer que la reproducción es mucho más eficiente durante los meses de invierno y primavera, disminuye la fertilidad en los meses de verano y otoño. Esta variación no solamente se debe al fotoperiodo (alteración diaria de luz / oscuridad), sino también a la alimentación o la elevación de la temperatura. Se ha observado que las variaciones estacionales de temperatura juegan un papel importante en los cambios de la calidad del semen, principalmente en toros de origen europeo (Barrios, 2002).

Las altas temperaturas también afectan a los machos y a su producción espermática. (Barrios, 2002).

Se ha visto un menor número de espermatozoides por eyaculado, una disminución de su mortalidad y poder fecundante en machos sometidos a temperaturas superiores a los 35 grados durante algunas semanas. Igualmente este efecto sobre la calidad semen se va a notar al cabo de 2 - 4 semanas después de haber sufrido el estrés calórico, también se observa un aumento de espermatozoides anormales en el eyaculado y disminución de la libido de los reproductores machos (Alba, 1985).

Hay algunas pruebas de la existencia de un ciclo sexual masculino en ratas, conejos, toros y hombre, que tiene a groso modo la misma duración que el ciclo del estro en la hembra de la especie (Barrios, 2002).

En general, la fecundidad del macho tiende a disminuir durante los meses calurosos del verano, si bien no se ha decidido si debe atribuirse este hecho a los efectos de la estación sobre las vías hipotálamo - hipofisarias o a un efecto directo de la temperatura sobre los testículos (Neumann, 1989). En

pocas especies de mamíferos y en aves de corral, los testículos funcionan en el interior de la cavidad abdominal (Neumann, 1989). Los machos mamíferos domésticos poseen testículos escrotales y esta posición es esencial en la función testicular normal. Los machos con criptorquidia bilateral son estériles (Neumann, 1989).

## **2.0 OBJETIVOS**

Conocer de qué manera influye la variación de las temperaturas sobre la reproducción en los bovinos productores de carne y estimar el valor de la circunferencia escrotal sobre la calidad del semen en bovinos de carne.

### **2.1 Objetivos Específicos.**

**2.1.1 Explicar de que manera influyen las altas temperaturas en la producción y calidad del semen de bovinos de carne.**

**2.1.2 Estimar el valor de la circunferencia escrotal sobre el volumen del semen en novillos de carne.**

**2.1.3 Estimar el valor de la circunferencia escrotal sobre la edad a la pubertad en novillos de carne.**

## **3.0 DESARROLLO DEL TEMA**

La labor más importante en un toro productor de carne es preñar el mayor número de hembras en un tiempo determinado, si esta labor no la lleva a cabo satisfactoriamente, otras consideraciones aunque sean superiores como por ejemplo una conformación ideal o características genéticas superiores, son de poca consideración. La capacidad reproductiva de un

toro está determinada por: cantidad y calidad de semen, libido, habilidad de monta e interacciones sociales en el empadre (Sánchez *et al.*, 1982).

La evaluación de semen se realiza generalmente en los toros que en otras especies. Una muestra de semen probablemente fecundada se clasifica: 500 millones de espermatozoides / ml., más del 50% de espermatozoides móviles hacia el frente y más del 80% de espermios con morfología normal. En caso de no cumplirse cualquiera de estos requisitos debe sospecharse de infecundidad. Sin embargo, un toro es estéril sólo cuando no existen espermatozoides y se ha examinado el aparato reproductor meticulosamente (Saravia, 1998).

Se ha observado que las variaciones estacionales de temperatura juegan un papel importante en los cambios de la calidad del semen, principalmente en toros (Preston *et al.*, 1984).

También es muy importante el sometimiento de los machos a temperaturas muy elevadas, con lo cual podemos tener una disminución de la producción de espermatozoides, menor motilidad de estos y producción. (Barrios, 2002).

### 3.1 Termorregulación.

Todos los animales poseen una zona termoneutral de temperatura ambiente en el cual no hay mayores esfuerzos por los mecanismos termorreguladores para mantener la temperatura corporal; el límite inferior es la temperatura crítica inferior (TCI), en la cual los animales comienzan a incrementar su tasa metabólica para protegerse del frío ambiental, pero a la vez reducen su actividad productiva, a pesar del aumento del apetito, debido a la energía extra que el animal necesita. (Yañez *et al.*, 1997).

El límite superior es la temperatura crítica superior (TCS), en la cual el animal empieza a aumentar sus pérdidas de calor por sudoración, jadeo (polipnea térmica), o vaso dilatación para evitar una sobrecarga calórica. En términos generales, los valores de TCI y TCS en bovinos europeos es de 10° y 21°C respectivamente; en razas cebuínas es de 12° y 27 °C (Preston *et al.*, 1984).

Si los mecanismos para mantener la temperatura corporal constante no son eficaces o si la exposición al frío o al calor o radiación solar es prolongada, llega un momento en que los animales no son capaces de regular su temperatura produciéndose la muerte por hipotermia a 20 °C de temperatura rectal, temperatura letal inferior (TLI), o por hipertermia a 44°C de temperatura rectal, temperatura letal superior (TLS) (Preston, *et al.*, 1984).

### 3.2. Papel del escroto en la termorregulación.

En el hombre, como en otros mamíferos, los testículos descienden al escroto durante la vida fetal o poco después del nacimiento. En mamíferos, el desarrollo de la gónada indiferenciada a testículo ocurre bajo la influencia de un factor determinante del desarrollo testicular, localizado en el cromosoma “y” (Smith *et al.*, 1989).

El testículo está rodeado de una cápsula que contiene grandes arterias y venas (figura 1). Dentro del testículo se encuentran los túbulos seminíferos y entre ellos, el tejido intersticial. Los túbulos seminíferos están rodeados de células mioides mientras que el tejido intersticial contiene vasos sanguíneos, nervios, células de Leydig, glóbulos blancos y vasos linfáticos (Lunstra, 1982).

El escroto junto con los músculos del cremáster y la red de vasos espermáticos, brindan un mecanismo termorregulador sumamente eficaz. El músculo de la túnica dartos y cremáster regulan el área de superficie del

escroto y la posición de los testículos con respecto a la pared abdominal; mientras que la arteria espermática y el plexo pampiniforme proporcionan un mecanismo para intercambio de calor (Alba, 1985).

El área de superficie del escroto y la posición de los testículos regulan la pérdida de calor. En tiempo cálido, los músculos del dartos y del cremáster, se relajan completamente para permitir pérdida máxima de calor; por lo contrario en días fríos, estos músculos se contraen para reducir dichas pérdidas. La sangre arterial se enfría a medida que pasa entre los vasos del plexo pampiniforme y circula sobre la superficie del testículo antes de llegar a su interior. La sangre venosa, a la inversa, se calienta por intercambio de calor con la arteria en el plexo pampiniforme (Alba, 1985).

El papel del escroto y el del cordón espermático en el control de la temperatura testicular incluye el acercar los testículos al cuerpo cuando la temperatura ambiente es muy baja o dejarlos colgar alejados del cuerpo cuando ésta aumenta. Dos músculos lisos participan en esto, la túnica dartos, el músculo liso que forra al escroto, y el cremaster, un músculo liso alrededor del cordón espermático, ambos sensibles a la temperatura. Durante el frío, la contracción de estos músculos provoca que el escroto se retraiga y se acorte el cordón espermático, acercando a los testículos más al cuerpo. Cuando el clima es caliente, estos músculos se relajan, permitiendo que el escroto se estire y se alargue el cordón espermático. De esta manera los testículos cuelgan alejados del cuerpo. Estos músculos no responden a los cambios de temperatura sino hasta el principio de la pubertad. Deben ser sensibilizados primero por la testosterona para que puedan responder a la temperatura ambiente cambiante (Byerley *et al.*, 1987).

En los animales con escroto, la temperatura de los testículos y del epidídimo es un poco más baja que en el resto del organismo (aproximadamente 2°C menos que en el cuerpo). La razón por la cual se necesita una temperatura

menor para que la espermatogénesis sea eficaz no se conoce bien. Se sabe que la temperatura corporal puede ser perjudicial para la producción espermática, sobre todo las espermátides redondas son especialmente sensibles a la temperatura (Bourdon *et al.*, 1986).

Se pueden dar varios ejemplos para ilustrar la importancia del control de la temperatura testicular. Si se aísla el escroto de un macho cabrío o se amarran los testículos contra el abdomen, habrá esterilidad. Las altas temperaturas causan degeneración de las células que forran la pared de los túbulos seminíferos. Se restablecerá la fertilidad si se regresan los testículos y el escroto a su estado natural antes de que ocurra la degeneración total. Sin embargo, se requerirán unas cuantas semanas para que se produzca semen fértil nuevamente. Los criptorquídeos bitozoides son estériles, lo que ilustra de nuevo que la producción de espermatozoides se suspende cuando la temperatura interna de los testículos es tan alto como la temperatura corporal (Rege *et al.*, 1993).

Reproducción en el macho

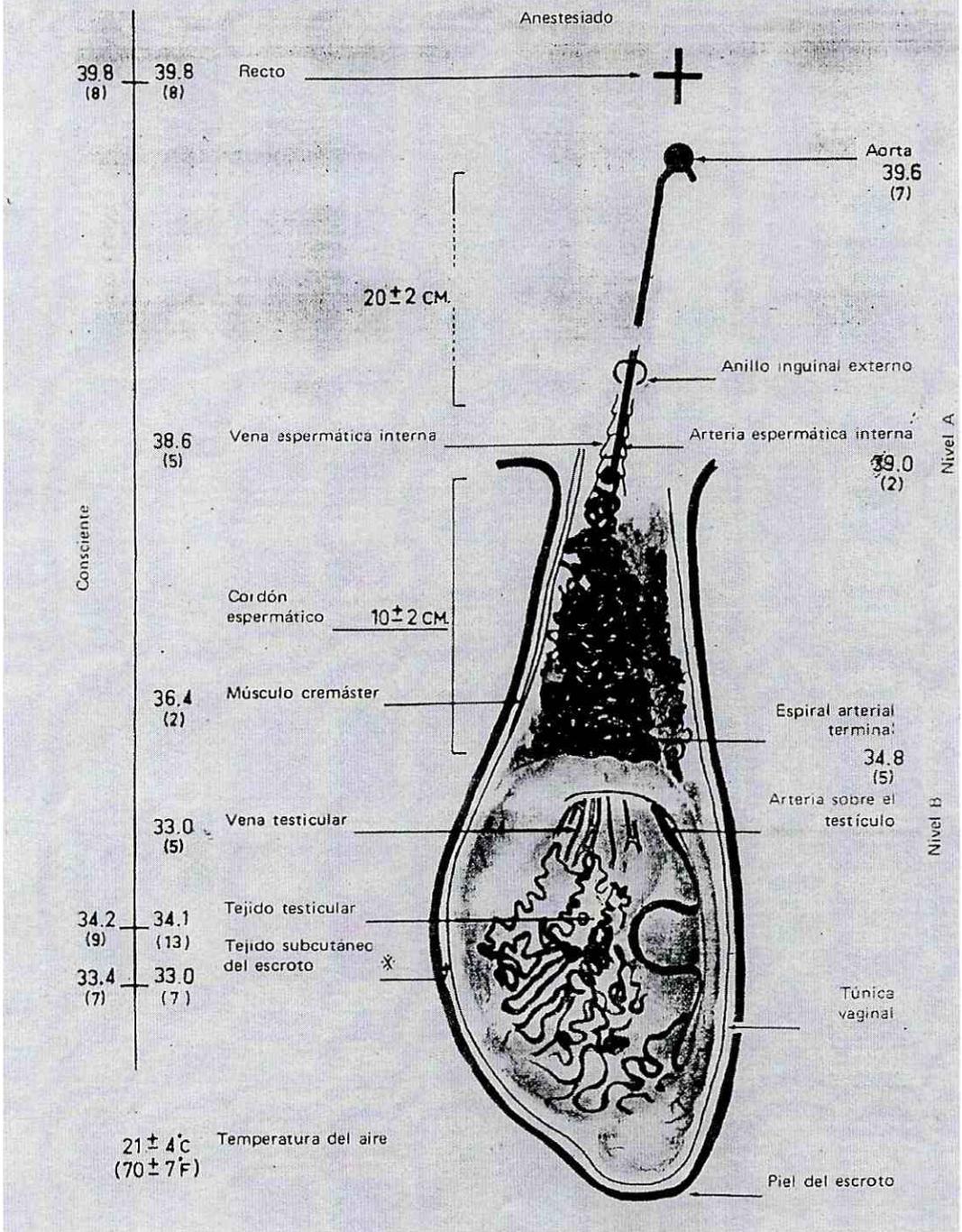


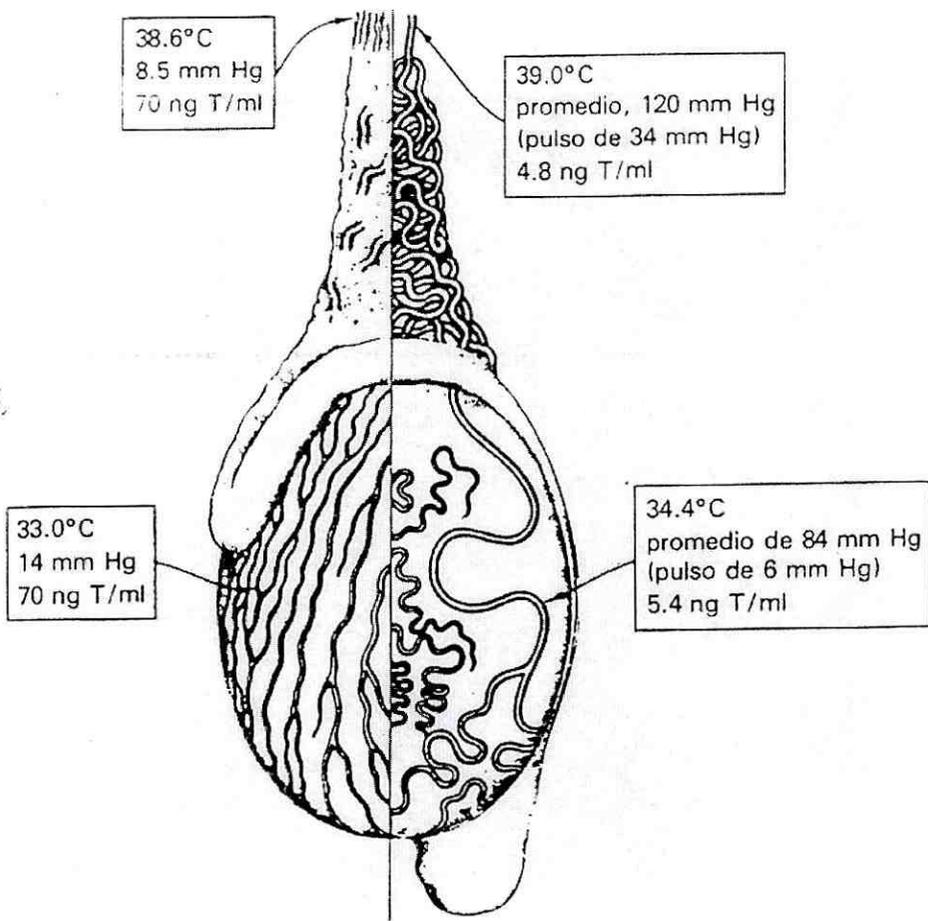
Figura. 1. Lugares de medición y comparaciones de las temperaturas registradas en machos despiertos y anestesiados. Cara lateral (Waites y Moule., 1961.)

### 3.3 Mecanismo de enfriamiento testicular.

El enfriamiento de los testículos en sí ocurre por medio de dos mecanismos. La piel del escroto tiene glándulas sebáceas y sudoríparas que son más activas en un clima caliente.

La evaporación de la secreción de estas glándulas enfría al escroto y por lo tanto a los testículos. La pared externa del escroto es de 2° a 5° más fría que la interna. A medida que se estira el escroto en un clima caliente, habrá más superficie que permitirá al enfriamiento por evaporación. Además de enfriar por evaporación, hay un enfriamiento significativo a través del intercambio calórico en el sistema circulatorio (Figura 2). A medida que las arterias transportan sangre a temperaturas corporales internas vía el cordón espermático, las sinusoides pasan a través de una red de venas, el plexo venoso pampiniforme, que llevan sangre más fría de regreso al organismo. así que ocurrirá cierto grado de enfriamiento de la sangre arterial antes de que llegue a los testículos. El alargamiento del cordón espermático durante el clima caliente provoca una superficie mayor para el intercambio de calor (Laster *et al.*, 1979).

El semen de baja fertilidad producido por algunas especies durante el verano se ha atribuido a la incapacidad de organismos para enfriar suficientemente los testículos. En el ganado, la temperatura inferior de los testículos será de 4° a 7 °C menor que en el organismo si la temperatura ambiental aumenta a 38°C, la diferencia entre la temperatura corporal y la de los testículos puede reducirse a la mitad (2° a 3° por debajo de la temperatura corporal). No se ha demostrado que una temperatura ambiental baje o reduzca la fertilidad (Sorensen, 1984).



**Figura 2. Enfriamiento de los testículos por intercambio calórico a través del sistema circulatorio. (Setchell. 1977.)**

#### **4.0 ESPERMATOGENESIS.**

La espermatogénesis es la suma de las divisiones mitóticas y meióticas de células espermáticas precursoras, que ocurren dentro del túbulo seminífero y resultan en la formación de los espermatozoides y se inicia a partir de la pubertad. El ciclo de la espermatogénesis en el toro adulto dura aproximadamente 61 días (Barrios, 2002).

Para poder hablar de los efectos de las temperaturas sobre la calidad del semen en los bovinos, es de suma importancia conocer la espermatogénesis.

En los mamíferos, la espermatogénesis es un proceso altamente complejo de división y diferenciación celular, por medio del cual las células germinales indiferenciadas se transforman en espermatozoides. La producción de espermatozoides tiene lugar en los testículos, dentro de los túbulos seminíferos, e implica proliferación celular por medio de divisiones mitóticas, duplicación de cromosomas, recombinación y división meiótica para producir espermátides haploides y, finalmente, la diferenciación de las espermátides en espermatozoides (Chung, 1997).

Así, la espermatogénesis puede dividirse en tres fases: proliferativa o mitótica, de reducción o meiótica y de diferenciación o espermiogénesis. Las tres fases están asociadas con determinados tipos de células germinales: espermatogonias, espermatoцитos y espermátides respectivamente (Splan et al., 1996).

#### 4.1 Fases de la espermatogénesis.

Este proceso se ha dividido en tres fases funcionalmente distintas: Fase proliferativa, durante la cual algunas espermatogonias se dividen para reponer la reserva de células en reposo y otras sufren divisiones mitóticas para comenzar la diferenciación y producir espermatoцитos. Fase meiótica, en la cual los espermatoцитos sufren divisiones meióticas para originar las espermátides haploides y por último, la espermiogénesis, durante la cual las espermátides se diferencian en espermatozoides maduros capaces de moverse y fecundar el óvulo (Tribulo y Alisio, 2000).

## 4.2 Factores que afectan la espermatogénesis.

En general, la sensibilidad de las células germinales del epitelio seminífero a agentes perjudiciales aumenta a medida que la diferenciación se acerca a la etapa de espermátzoide. Uno de los cambios más tempranos, debido a agentes perjudiciales que causan degeneración del epitelio seminífero es la aparición en el semen de espermátides y células multinucleadas de las capas lumbinales del epitelio espermatógeno (Alba, 1984).

El daño debido a radiación es una excepción de la regla general, porque la radiación produce su mayor efecto destructor en etapas de división y las espermatogonias son más sensibles que los espermatocitos. Por otra parte, los efectos más graves de la irradiación, en términos de población, se ejercen sobre el aparato genético (Alba, 1984).

Estos efectos incluirían mutaciones, translocaciones y supresiones. Las espermátides, son muy sensibles a los efectos mutágenos de la irradiación X, la sensibilidad de los espermatozoides es algo menor, y los espermatogonios son los menos sensibles (Alba, 1984).

Se debe comprender que la expresión en el semen de los efectos de agentes nocivos que dañan a la espermatogénesis es función de tiempo, así son afectados los espermatozoides del epidídimo se observaran los efectos en el semen poco después de la aplicación del agente nocivo (Quaas y Pollak, 1980).

Si el efecto es ejercido sobre los espermatogonios no se advertirá daño en el semen hasta varias semanas después. El intervalo entre la lesión testicular y la aparición de cambios en el semen depende de los tipos de células afectadas, de la duración de la espermatogénesis y del momento de la migración epididimaria en la especie correspondiente (Wright *et al.*, 1991).

El tiempo de emigración epididimal se ha estimado en 11 días en el toro, 15 días en el carnero, 14 días en el verraco y 10 días en el conejo (Moser *et al.*, 1996). Además, el tipo de cambio en la calidad del semen guarda relación con el tipo de lesión producida, esto es, la muerte de células que provoque disminución del número de espermatozoides, la espermateliosis anormal que origine defectos morfológicos, o la lesión del aparato genético que produce muerte del embrión y del feto o teratogenia (Ball *et al.*, 1983).

Las células de Sertoli son muy resistentes a casi todos los factores que perjudican a las células germinales y son con frecuencia las únicas células tubulares que perduran después de ataque prolongado al testículo. Sin embargo, es posible que los trastornos funcionales de las células de Sertoli causen cuando menos parte del daño apreciable en las células germinales. Por ejemplo, el esfácelo de las espermátides y la formación de células multinucleadas puede depender realmente de la lesión de las células de Sertoli, aún cuando no se observe modificación alguna de su integridad morfológica (Sorensen, 1984). Se perturba la espermatogénesis cuando se aplica calor al escroto o cuando se aísla éste contra pérdidas de calor. En consecuencia, los depósitos, de grasa intraescrotal perjudican la espermatogénesis. Quizá exista predisposición genética en cuanto a la formación de depósitos de grasa en el escroto. La degeneración es proporcional al grado y duración de la elevación de la temperatura (Hafez, 1980).

La espermatogénesis normal depende además de la homeotermia general del cuerpo. Los estados febriles que aumentan la temperatura testicular desencadenan trastornos de la espermatogénesis. La hipoxia testicular probablemente desempeñe un papel en los daños causados por el calor y en otros trastornos de la espermatogénesis (Elwood, S/F).

La espermatogénesis parece ser más resistente al enfriamiento que al calor, y los músculos del darto y el escroto se contraen para proteger los testículos de los efectos del frío. Las temperaturas bajas del ambiente (-15 a -20 °C) durante los meses de invierno no parecen interferir en el desarrollo testicular, la producción de esperma o la calidad del semen en el verraco. Toros que sufrieron congelación del escroto después de exposición a intensas nevadas, produjeron semen de calidad inferior cuando se le comparó con el de otros animales no afectados de necrosis escrotal en el mismo hato (Smith *et al.*, 1989).

La fertilidad de los toros es afectada a través del estrés térmico tanto o más que en las vacas, con aumento de temperatura de 29.5 °C, la espermatogénesis disminuye y el número de espermatozoides normales se reduce. Toma unas 6 a 8 semanas aproximadamente luego del retorno a temperaturas más frescas, antes que el toro regrese a una fertilidad normal. Dependiendo de la severidad del estrés térmico, el porcentaje de espermatozoides motiles puede ser disminuido en un 70 a 80% (Arije y Wiltbank, 1971).

## **5.0 EFECTO DE LAS ALTAS TEMPERATURAS SOBRE LA FERTILIDAD, CALIDAD Y PORCIENTO DE ESPERMATOZOIDE EN EXPLOTACIÓN GANADERA**

La reproducción es esencial para obtener altos rendimientos en la producción de leche, un número adecuado de reemplazos disponibles y una alta ganancia genética por año, así como efectos indirectos en la disminución de animales desechados por causas reproductivas. Para obtener una elevada producción de leche a través de los años se requiere de una eficiencia reproductiva, que a su vez requiere de un optimo ambiente climático. Sin embargo en términos generales se observan climas no

adecuados a los genotipos, manejos inapropiados y condiciones precarias de producción (Senseman, 1989).

### 5.1 Ambiente climático.

Él termino se deriva del viejo adverbio francés "environ" que significa alrededor, e incluye todos los factores externos que inciden en el comportamiento de un animal (Meyer *et al.*, 1990).

El clima generalmente se describe con variables metereológicas como la temperatura, humedad, radiación solar y velocidad del viento. El ambiente climático incluye las condiciones dadas por estas variables (Meyer, 1991).

El ganado bovino, como otros mamíferos han desarrollado mecanismos para minimizar los efectos del ambiente climático que le permitan mantener sus procesos fisiológicos más o menos constantes e independientes de las fluctuaciones de la temperatura ambiental. Para poder mantener estos procesos se requiere que en animal se encuentre en equilibrio con su ambiente climático (MacNeil *et al.*, 1984).

### 5.2 Factores climáticos.

Los factores climáticos que influye en el equilibrio térmico de los animales son: temperatura ambiental, humedad relativa, radiación solar y velocidad del aire (Smith *et al.*, 1989; Toelle y Robinson, 1985). La energía radiante abarca un amplio espectro electromagnético desde los rayos cuya longitud de onda es muy corta (rayos gama, rayos x) hasta los de onda muy larga (radiodifusión), (Wolfe *et al.*, 1990). La radiación solar es el principal factor climático que altera la capacidad de termorregulación de los animales en pastoreo a través de 2 componentes fundamentales: intensidad y duración del día. La energía recibida es obtenida directamente desde el sol bien en

formas difusas, a consecuencia de la dispersión en la atmósfera, de la radiación solar reflejada de las nubes y polvo y de la superficie terrestre conocida como albedo (Ramírez *et al.*, 1999).

Los problemas son más severos para el ganado cuando es explotado bajo condiciones en comparación al sistema de pastoreo. Los factores que toman mayor importancia en ganado estabulado de alta producción son la temperatura ambiental y la humedad relativa (Ojeda, 1999).

La humedad relativa representa el grado de saturación de un volumen de aire por vapor de agua, la cantidad de vapor de agua que el aire pueda recibir depende de la temperatura del mismo. El viento es la consecuencia de grandes diferencias de presión atmosférica y fricción que provocan el desplazamiento de masas de aire (Whittier y Bailey, 2000), empezando de una zona de alta presión a una de baja presión con el fin de equilibrar las diferencias de presión. Para reducir el estrés causado por el calor se puede dar movimiento al aire que se encuentra sobre el lomo del animal, lo cual rompe la cubierta de aire creada por el calor corporal del animal, requiriéndose un movimiento constante de 8 km/h (Chenoweth *et al.*, 1992). La temperatura es el grado de calor de un cuerpo, la temperatura del aire es determinada por la incidencia de la radiación solar, el valor de la humedad relativa y los cambios en la velocidad del viento, el estudio de la temperatura del aire es de gran importancia ya que origina un gran número de fenómenos meteorológicos en sistemas agropecuarios y está relacionada con los fenómenos fisiológicos en plantas y animales en los que influyen en forma determinante desde que están en etapas tempranas hasta su producción (Dunlap *et al.*, 1981).

### 5.3 Mediciones climáticas.

Según King y col. (1991) el ganado expuesto a altas temperaturas y una alta humedad relativa durante el verano, es incapaz de disipar el exceso de calor por rutas normales y esto evita la ganancia de calor por medio de estrategias como son: disminución en el consumo de alimento, aumenta en el consumo de agua, aumento de la frecuencia respiratoria para propiciar las pérdidas de calor por evaporación, cambios en la conducta social también se incluyen las pérdidas de calor de la piel por convección y radiación, aumento en la conductividad, así como cambios fisiológicos hormonales que reducen la eficiencia reproductiva, entre estos últimos está una reducción en la concentración sanguínea de hormonas metabólicas y hormonas involucradas en la reproducción (Lunstra, 1982).

El combate contra el estrés calórico incluye dos categorías de recursos: la primera es la prevención de la acumulación de calor en el animal. Entre las medidas que pueden emplearse están la prevención de la radiación solar (directamente e indirectamente) y la alimentación con pasturas de alta digestibilidad. La segunda categoría de recursos tiende a facilitar la disipación de calor corporal al medio ambiente (Choy *et al.*, 1996).

El animal puede disipar calor al medio ambiente en forma "pasiva", esto implica la creación de un ambiente frío, empleando sombras, aire acondicionado, evaporizadores, aspersión, ventilación y la combinación de agua y ventilación. Choy y col. (1996) sugiere que la genética es otro esquema fundamental e importante para obtener una mayor producción en ganado expuesto a estrés causado por calor y menciona que no importa que el manejo sea muy bueno, ya que un animal no excederá su potencial genético, asimismo propone que las hijas de toros conocidos por transmitir su fortaleza son más capaces de adaptarse a climas adversos y tendrán una mayor producción (Lunstra, 1982).

## 5.4 Interacción clima-animal.

### 5.5 Estrés calórico.

Es el resultado de la combinación de los factores climáticos que pueden aumentar la temperatura corporal del animal, y por lo tanto, se rebasan las condiciones de termoneutralidad que los animales requieren. Es difícil encontrar la participación exacta de cada uno de los factores ambientales que determinan el inicio del estrés calórico debido a las características particulares de cada una de las especies de interés zootécnico, incluyendo las enormes diferencias entre los individuos de una especie, como diferencias entre razas, sexo, edad, estado lactancia, periodo de gestación y nivel de producción. Los factores que conllevan a estrés calórico son los que existen en el medio ambiente e inducen estados de sufrimiento en los animales de granja lo cual puede ser indicado por cambios en la conducta de animal y cuando la generación de calor supera la disipación del mismo (Ramírez *et al.*, 1999).

El mantenimiento de la productividad bajo condiciones adversas por los factores climáticos es determinado mayormente por el balance entre la generación de calor y la pérdida del mismo. El calor tolerado por el animal puede ser equilibrado por una reducción en el calor interno o por el incremento en la disipación de calor hacia el medio ambiente (Ojeda, 1999).

Los efectos del estrés calórico sobre la reproducción ocurren generalmente a través de 2 procesos: Primero, al sistema endocrino se encuentra ocupado en la regulación de la temperatura corporal (proceso homocinético). La perturbación de este sistema con el propósito de mantenimiento homeotérmico tiene consecuencias indeseables en las funciones reproductivas y productivas. Segundo, el fracaso de una adecuada regulación de temperatura puede ocasionar el mismo efecto en diferentes

tejidos reproductivos y especialmente en la preimplantación de embriones (Camp, 1997).

El principal mecanismo de enfriamiento del ganado bovino bajo estrés calórico es el intercambio de calor latente. Al comparar la capacidad de adaptación del ganado *Bos indicus* se aprecia que la tasa de sudación es exponencial, conforme se incrementa la temperatura corporal. Sin embargo, embargo en *Bos taurus*, la tasa de sudación tiende a reducirse después de un incremento inicial (Van, S/F).

Las razas *Bos indicus* y sus cruzas son mas tolerantes al calor que las razas *Bos taurus*, por representar una cobertura corta y densa, además de una coloración clara que ofrecen mayor protección contra la radiación solar, además de facilitar las pérdidas a través de la piel (Brinks *et al.*, 1978)

Los cambios en la intensidad de flujo sanguíneo hacia la piel (proceso hemostáticos) inducidos por las altas ganancias de calor puede afectar la tasa de sudación. Ocasionando el cierre de los capilares y de glándulas sudoríparas (Herring *et al.*, 1993); por lo tanto existe una alta asociación entre la alta intensidad de flujo sanguíneo y la tasa de sudoración. Cuando el animal es sometido a un estrés calórico, se desvía el flujo de sangre de una circulación interna a una circulación periférica como una estrategia para reducir la temperatura corporal. Esta reducción en el flujo de sangre a órganos interiores, incluso el útero, oviducto y ovarios reducirán la obtención de nutrientes y estos tienden a desechar productos de tejidos y a no realizar algunas funciones en estado normal (Toelle y Robinson, 1985).

Los receptores periféricos del calor en la piel reaccionan en respuesta a las elevadas temperaturas inhibiendo las actividades que incrementan la producción de calor por le cuerpo (Smith y Richardson, 1989).

El animal bajo estrés calórico incrementa la tasa respiratoria reduce el contenido de  $\text{CO}_2$  en la sangre resultado en una alcalosis respiratoria. La alcalosis se desarrolla como una segunda fase, a consecuencia de realizar respiraciones costo abdominal por un periodo prolongando, disminuyendo la disociación de  $\text{O}_2$  y la hemoglobina que repercute en un menor aporte de  $\text{O}_2$  a los tejidos (Kriese, *et al.*, 1991).

### 5.6 Transferencia de calor.

La tasa de transferencia de calor ( $\text{Kca1/hr}$ ) dentro o fuera de un animal dependen tres factores: 1) Superficie corporal: La superficie por gramo de tejido decrece con el incremento en la masa del cuerpo: 2) Diferencias de temperatura: Un animal mantiene su temperatura independiente de la temperatura ambiental, la pérdida de calor fluye de dentro hacia fuera de su cuerpo: 3) Conductividad del calor específico de la superficie del cuerpo. El bovino produce calor a partir del alimento consumido y del catabolismo de reservas corporales generando calor de mantenimiento, producción. A su vez pierde calor evaporación, radiación conducción y convección, las dos últimas dependen mucho del movimiento de aire (Spitzer, 2000).

El intercambio por radiación se produce como en cualquier otro cuerpo físico existiendo un aporte continuo del calor del cuerpo del animal a las superficies circundantes y a otros cuerpos y viceversa, según la ley de Staphan Boltzman (Ojeda, 1999). Si el sol brilla sobre el animal, este gana más energía que la que está emitiendo. Si la temperatura ambiental es más caliente que la de la superficie externa del animal, ganará calor por convección, pero si la temperatura ambiental es mas fría que la de la superficie externa perderá calor. Si el animal se encuentra en el suelo, cuya superficie es más caliente que la del cuerpo, entonces por conducción ganará calor del suelo, si el suelo es mas frío perderá calor. Si el animal

suda, entonces pierde calor debido al enfriamiento por evaporación (Barrios, 2002).

Cuando el medio ambiente se encuentra a mayor temperatura, el animal utiliza el mecanismo de la transpiración para regular el intercambio calórico. Si la temperatura corporal aumenta y no son suficientes las pérdidas por radiación, las glándulas sudoríparas entran en acción produciendo así una refrigeración natural en el animal que tienden a equilibrar la temperatura. El movimiento del aire se acelera la disipación del calor por evaporación, pues impide que se forme una capa de aire saturado alrededor del cuerpo (Werth *et al.*, 1991).

## **6.0 ESTIMACIÓN DEL VALOR DE LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL SOBRE LA CALIDAD Y VOLUMEN DEL SEMEN.**

EL tamaño testicular medido a través de la circunferencia escrotal constituye, el principal elemento para comenzar a seleccionar un toro (Tafley, 2001).

La medición del tamaño testicular mediante la circunferencia escrotal es un factor de selección imprescindible. Es una medida objetiva de gran importancia, no reemplaza a la palpación de los testículos y epidídimos con la que se complementa. El tamaño de los testículos se correlaciona positivamente con la producción espermática e influye en la maduración sexual más temprana de sus hijos (machos y hembras), lo que determina que sea el factor de mayor importancia en la evaluación y selección de reproductores (Spitzer, 1998).



**Figura 3. Fotografía que muestra la medición de la circunferencia escrotal.**

### **6.1 Importancia.**

**La circunferencia escrotal puede ser un indicador valioso de la fertilidad de un toro, si se mide correctamente. Los productores de vacas-becerras saben de la importancia de la circunferencia escrotal para tomar decisiones.**

**Cuando se usan toros de mayor circunferencia escrotal, se ha observado que las hijas ciclan precozmente (Auzmendi, *et al.*, 2002 ).**

**Las medidas de CE están asociadas al desarrollo testicular, a características físicas y morfológicas del semen y pueden considerarse como una característica indicativa de la edad a la pubertad de machos y hembras, presentando también correlación genética favorable con la tasa reproductiva de las hembras. Otro aspecto importante de la CE es que está favorablemente asociada a características de crecimiento corporal (Pellerano, 2000).**

**La CE es uno de los 3 componentes de la evaluación reproductiva de la salud (BSE por sus siglas en inglés).**

Se relaciona altamente (72 a 92% ) con la producción de esperma diario. El tamaño del escroto de los toros de un año también se correlaciona positivamente con la motilidad de los espermatozoides y el porcentaje de esperma normal (Beitelspacher, 1998).

## 6.2 Circunferencia escrotal sobre la calidad semen en novillos de carne.

El peso del par de testículos aumenta de 9.1 gr a los 3 meses, a 17.1 gr a los 8 meses de edad. Para comparar el peso del par de testículos cuya circunferencia escrotal es de 35 cm aproximadamente alrededor de los 450 gr. y aumenta linealmente 50 gr/cm (Pratt *et al.*, 1991).

El crecimiento testicular es muy rápido entre los 8 y 14 meses de edad. Como regla de oro, el crecimiento testicular en toros en pruebas desarrollo (ROP) sería de 0.06 cm. Por día o 1.8 cm. Por mes. Sin embargo, el crecimiento testicular no es lineal, con un aumento más rápido en el tamaño de los testículos desde los 7 hasta los 12 meses de edad (0.5 - 0.7 cm./día) y con un aumento más lento desde los 12 hasta los 16 meses de edad (0.3 - 0.5 cm./día). A los 24 meses, los testículos estarán en un 90% de su tamaño de animal maduro en toros *Bos taurus* bien alimentados (Barth, 1999).

**Cuadro 1. Variedad en las edades de diferentes razas de ganado de carne sobre comienzo de la pubertad**

Hereford	273	364 días
Angus	273	350 días
Holstein	252	343 días
Charoláis	231	371 día

En el cuadro 1 es evidente que algunos toros dentro de la misma raza madurarán hasta 4 meses después que los toros que maduran más temprano. En general, aproximadamente el 33% de los toros de carne produce semen de calidad satisfactoria a los 12 meses de edad, alrededor

del 60% a los 14 meses de edad. Casi todos los toros habrán madurado a los 16 meses de edad, y alrededor de un 90% producirá semen normal. (Barth, 1999).

Los científicos en animales han predicado por años sobre la relación entre la circunferencia escrotal y la fertilidad del macho. Se ha probado repetidamente que los toros con testículos más grandes producirán más semen, además de la producción creciente del semen, la calidad del semen también aumentará. La CE ha demostrado tener impacto en otros rasgos reproductivos dominantes en el ganado vacuno (Nelsen *et al.*, 1982).

Además, la CE es un indicador de cuando un toro alcanzará la pubertad. Estudios en el centro de investigación animal de la carne en Nebraska, demostraron que los toros alcanzaron la pubertad con una CE de 28 cm, sin importar la casta. La CE y la edad a la pubertad son esencialmente lo mismo. La CE es un rasgo que se debe seleccionar en toros, y puesto que es un rasgo altamente hereditario (50 a 60 %) se puede transmitir fácilmente al descendiente del toro (Tafley, 2001).

### 6.3 Circunferencia escrotal sobre el volumen del semen en novillos de carne.

Hay una alta correlación entre la circunferencia escrotal y la salida del esperma.

En toros de un año, los investigadores han observado eso como aumento de la circunferencia escrotal, motilidad, por ciento de esperma normal, volumen, la concentración de esperma, aumento de la salida del esperma y disminución de anomalías. Se ha estimado que para cada aumento de 1 centímetro de la circunferencia escrotal de un padre sobre el promedio de la población, se puede encontrar con 0.25 cm de aumento de circunferencia escrotal en el descendiente masculino (Boyles, 2000 ).

La circunferencia escrotal es una de las medidas más importantes en toros. Los toros con circunferencia escrotal más grandes producen generalmente más espermatozoides con calidad mejor, que toros con circunferencias más pequeñas (Chenoweth, 1999).

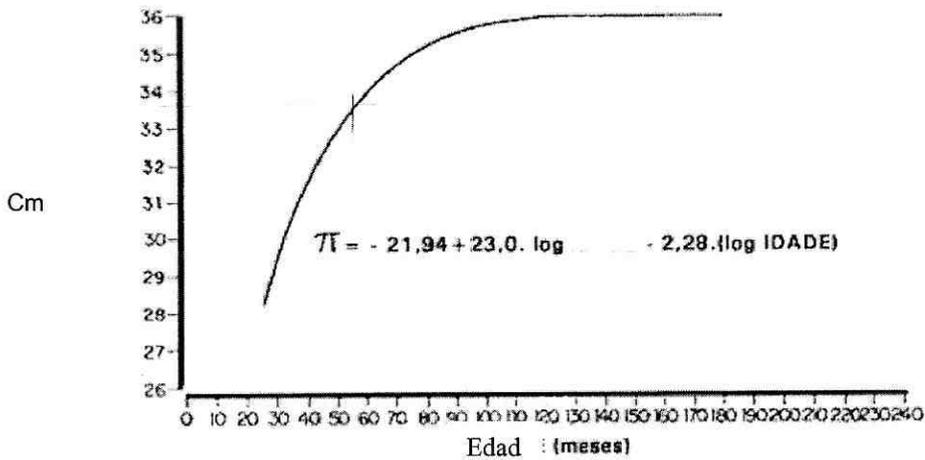


Figura 4. Relación de la circunferencia escrotal en 1528 reproductores en un sistema extensivo.

La evaluación de la CE es una herramienta valiosa para estudiar la fertilidad potencial del toro, debido a su alta correlación con la producción espermática y la calidad seminal y por la simplicidad de ejecución. En tal sentido es importante conocer las relaciones del crecimiento testicular con respecto a las variaciones producidas con el peso y la edad, que son algunas de las variables que afectan el mismo (MacKinnon *et al.*, 1990).

Al seleccionar por la CE es posible mejorar las características del potencial reproductivo de los toros (Luntra *et al.*, 1988). Estudios realizados en Venezuela, en la raza Brahman, se determinó la CE, altura y peso corporal en toretos Brahman. Se analizaron 212 observaciones obtenidas durante un lapso de 6 meses, de 60 machos enteros puros, con edades comprendidas entre 10 y 20 meses de edad. La CE se determinó con cinta métrica escrotal y la altura con cinta métrica, ambas graduadas en cm, el peso corporal en kgs, mediante el uso de una báscula. Los animales se agruparon en tres

clases: 10 a 13 meses, 14 a 17 meses y 18 a 20 meses, obteniéndose los siguientes valores. Para la CE, talla y peso; de 10 a 13 meses:  $23.2 \pm 3.2$  cm,  $123.8 \pm 4.0$  cm y  $285 \pm 32.7$  cm; de 14 a 17 meses:  $28.6 \pm 4.6$  cm,  $131 \pm 3.3$  cm y  $345.4 \pm 40.3$  y de 18 a 20 meses:  $31.67 \pm 3.7$  cm,  $140.3 \pm 3.8$  cm y  $398.7 \pm 46.1$  cm. Se concluyó que existe una alta correlación entre la CE y edad, peso y talla en toretes Brahman (Sánchez, *et al.*, 2001).

#### 6.4 Circunferencia escrotal sobre la edad a la pubertad en novillos de carne.

Un aumento inicial de FSH entre los 3 y 5 meses de edad en toros resulta en una proliferación de células de Sertoli, alargamiento del túbulo seminífero y en un aumento en el diámetro del túbulo. En consecuencia, hay un aumento en el tamaño testicular a esta altura. Al mismo tiempo, aumenta la secreción de LH, la cual resulta en una mayor producción de testosterona por las células de Leydig. Entre los 5 y 8 meses de edad la FSH y LH permanecen bajas y luego aumentan nuevamente junto con el comienzo de la pubertad. Se ha demostrado recientemente que mientras mayor sea el aumento de LH a los 3 - 5 meses de edad, antes se producirá el comienzo de la pubertad y mayor será el tamaño de los testículos al año de edad. Por esto se podrá especular que las condiciones ambientales las cuales interfieren con la salud o con el crecimiento de los terneros durante este período crítico, podrían resultar en pubertad atrasada y en tamaño testicular reducido en el toro de 1 año. Esto puede también explicar la razón por la cuál los toros criados por madres vaquillonas, y que supuestamente reciben menos cantidad de leche, tienen testículos menores que el tamaño promedio al año de edad (Smith *et al.*, 1989).

El comienzo de la pubertad es definido generalmente como la primera vez que la eyaculación por lo menos  $50 \times 10^6$  espermatozoides / ml, por lo menos 10% con motilidad progresiva. Las siguientes tablas muestran la

variación en edad del comienzo de la pubertad en varias razas de toros (Barth, 1999).

Se realizó un estudio de la curva de crecimiento de la circunferencia escrotal desde el destete hasta los 16 meses en ganado vacuno de carne de raza retinta (Raza española de carne), se realizaron 1020 mediciones en 281 animales pertenecientes a 20 ganaderías del núcleo de control de rendimientos del plan de mejora de esta raza, en Córdoba España (Chenoweth y Olson, 1998).

Los resultados obtenidos para CE muestran un amplio rango (16 a 42 cm) y un elevado coeficiente de variación (19.1 %) para toda la población analizada. El análisis de la CE en los animales de un año de edad hizo descender este coeficiente a 17.32 % siendo en este caso la medida de 34-38 cm, claramente superior a los mínimos recomendados por el BIF americano (Delgado, et al., 2000).

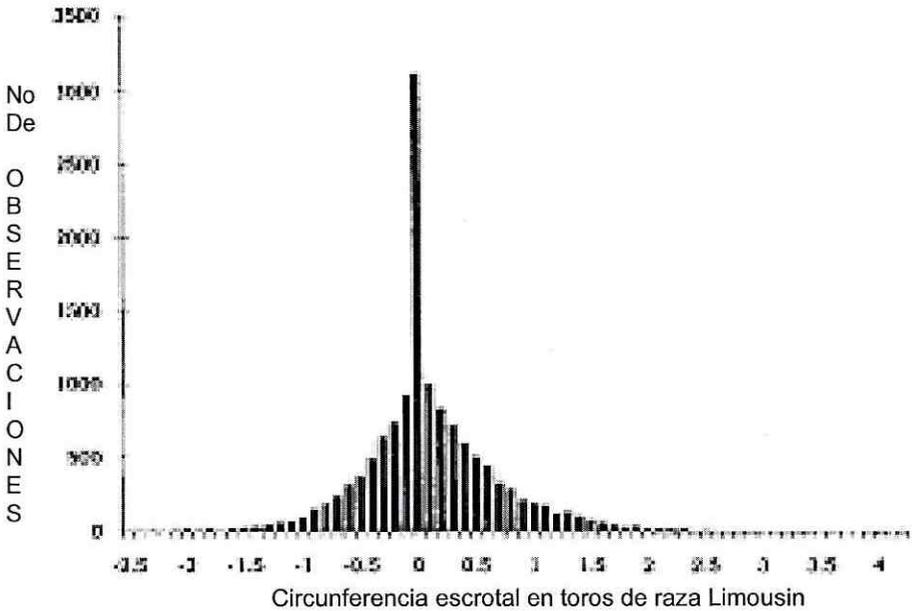


Figure 5. Distribución de los valores de la circunferencia escrotal de la raza Limousin (Keeton et al.,1996).

Estudios de Lustra y col. (1982) demostraron que la circunferencia escrotal (CE) ofrece más certeza para predecir la edad al comienzo de la pubertad que medidas como el peso o la edad, sin importar la raza. La edad media de la pubertad en un grupo de 31 toros conformado por distintas razas incluyendo Hereford, Angus, Red Poll, Pardo Suizo, Hereford X Angus y Angus X Hereford fue 326, 295, 283, 264, 300 y 296 días respectivamente. La edad al comienzo de la pubertad tuvo una variación de 62 días entre las razas y 88 días entre los toros de cruza. Aunque se observaron diferencias significativas entre razas respecto de la edad y el peso, no se hallaron diferencias en la CE al comienzo de la pubertad. El promedio de CE al comienzo de la pubertad fue  $27.9 \pm 0.2$  y varió entre 25.9 a 30.1 cm (Barth, 1999).

En un trabajo realizado por Palacios y col. (2000) en Tamaulipas, se evaluó un total de 1649 sementales bovinos en un lapso de 10 años, los resultados fueron los siguientes:

**Cuadro 2. Efecto de raza sobre circunferencia escrotal (CE) y calificación de CE.**

Raza	Circunferencia Escrotal		Raza	Calificación CE	
	No.	Promedio cm.		No.	Promedio Puntos
Simmental	159	38.2	Indobrasil	39	31.7
Indobrasil	69	38.2	Simmental	158	31.6
Beef Master	68	37.8	Beef Master	218	30.8
Brangus	62	37.4	Brangus	61	28.1
Simbrah	58	36.4	Simbrah	57	27.6
Suizo	174	36.1	Suizo	173	27.1
Gyr	57	35.3	Charolais	36	25.2
Brahman	372	35.0	Gyr	57	24.8
Charolais	36	34.7	Brahman	372	24.2

**Cuadro 3. Relación de C .E. con el comienzo de la pubertad en toros**

<b>Comienzo de pubertad</b>	<b>Circunferencia Escrotal</b>
32%	27 cm
52%	28 cm
74%	29 cm
97%	30 cm

En el cuadro 2 se muestran, el promedio de circunferencia escrotal para cada raza, encontrándose que las razas Simmental e Indobrasil presentaron las CE más grandes, mientras que la Brahman y Charoláis obtuvieron los promedios más bajos.

Para calificación CE las razas Indobrasil y Simmental presentaron las puntuaciones más altas mientras que Brahman obtuvo la puntuación más baja (Palacios, 2000).

El tamaño de los testículos se correlaciona positivamente con la producción, espermática e influye en la maduración sexual más temprana de sus hijos (machos y hembras), lo que determina que sea el factor de mayor importancia en evaluación y selección de reproductores (Tribulo, *et al.*, 2000).

### 6.5. El escroto y los testículos del toro.

El propósito del escroto es el control de la temperatura: los testículos tienen dos funciones: (1) producir espermatozoides y (2) producir la hormona testosterona. Los testículos están situados fuera de la cavidad del cuerpo, en el escroto. Esto es esencial para la formación normal del esperma que ocurre a una temperatura dos grados debajo de la temperatura del cuerpo. El escroto es importante para la termorregulación de los testículos. Esto se hace por medio de una capa termo sensible del músculo cremaster, situada en la pared del escroto que se relaja cuando la temperatura es alta y se

contrae con el frío. La relajación aumenta la longitud relativa del escroto, alejándose los testículos cuando el cuerpo tiene alta temperatura y acercándose en tiempo frío para mantener la temperatura (Boyles, 2000).

### 6.5.1 Estado físico

El tamaño testicular, medido a través de la CE, constituye el principal elemento para comenzar a seleccionar un toro. También es importante la revisión de los aplomos (patas), y de los órganos internos del toro (vesículas seminales y próstata). Hay que ser cuidadoso en evaluar los ojos, debido a que los toros dependen principalmente de la vista para detectar las vacas en celo. Por lo tanto, el cáncer de ojo u opacidades corneales deberán ser atendidos a tiempo (Keeton, *et al*; 1995).

La medición del tamaño testicular es un factor de selección imprescindible. Sin embargo, se debe complementar con la palpación de los testículos y epidídimos (Tríbulo, *et al.*, 2000).

### 6.6 Factores que influyen en el éxito del toro en la fertilización de las vacas.

- . Calidad del esperma (midiendo CE).
- . Espermatozoides normales, también llamada morfología normal.
- . Motilidad o capacidad de movimiento progresivo de los espermatozoides.
- . Buen estado físico del toro, salud en general y buena estructura.
- . Capacidad del toro de terminar la monta con éxito o capacidad de acoplamiento.
- . Buen libido.
- . Interacciones sociales entre los toros.
- . Edad del toro.
- . Condición corporal del toro (Whittier, 2000).

### 6.7 Formas básicas del escroto y los testículos.

Una causa común de la baja fertilidad en el toro es el desarrollo anormal de los testículos y el escroto. Los testículos deben ser simétricos, casi del mismo tamaño y fácilmente desplazables dentro del escroto. Se puede encontrar un testículo más pequeño, es un problema serio de fertilidad.

Existen 3 formas básicas de testículos tal y como se muestra en la figura 6, el normal o escroto en forma de "botella", escroto recto hacia un lado y el escroto acunado (Boyles, 2000).

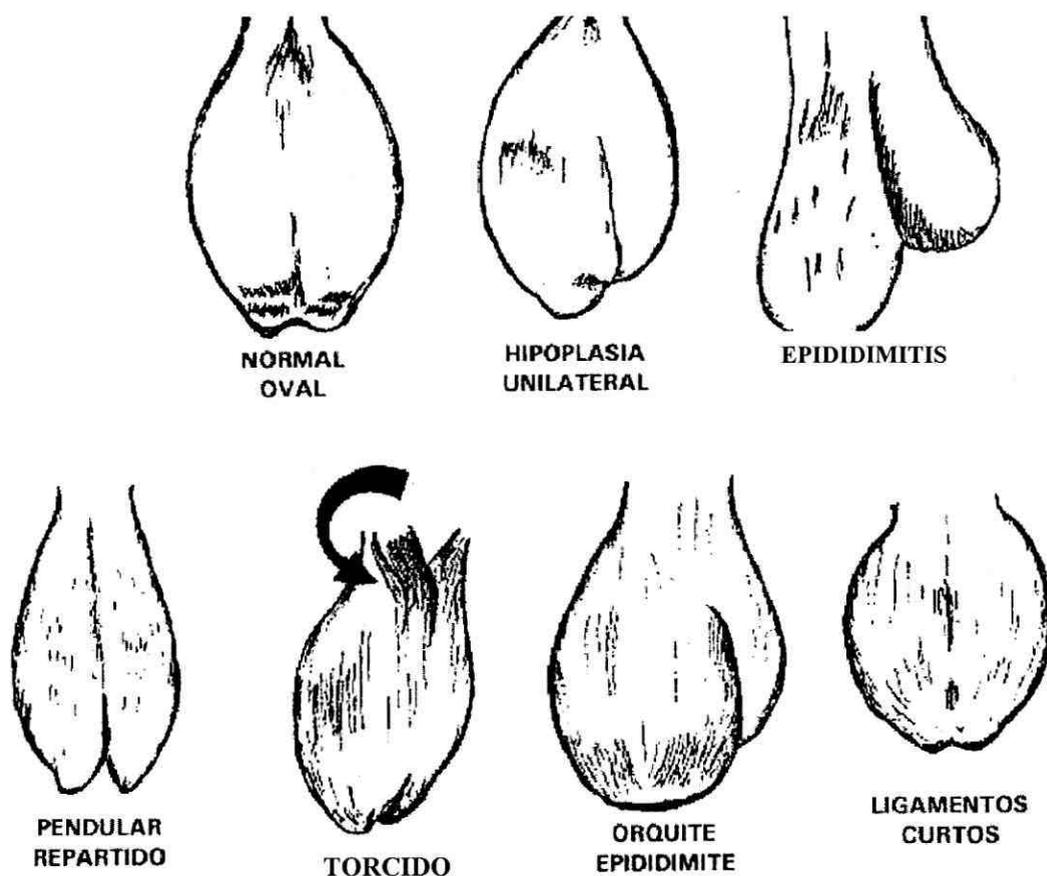


Figura 6. Formas básicas de testículos siendo estas; el normal o escroto en forma de "botella", escroto recto hacia un lado y el escroto acunado.

## 7.0 EVALUACIÓN REPRODUCTIVA DE LOS TOROS

La prueba de "aptitud reproductiva potencial" es una técnica que busca determinar la capacidad reproductiva de un toro.

Este examen incluye distintas etapas:

1. Recabar la historia completa.
2. Identificación del animal.
3. Examen físico general.
4. Examen de los órganos reproductivos.
5. Valoración del semen.
6. Evaluación de enfermedades de la reproducción (Saravia. 2003).

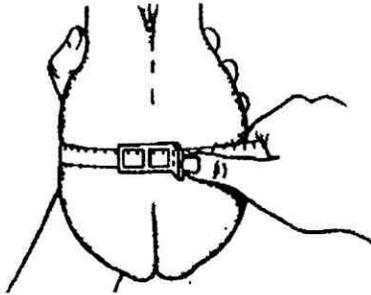


Figura 7. Figura que muestra la forma ideal de medir la circunferencia escrotal, siendo esta la medida obtenida sosteniendo los testículos al fondo del saco escrotal y colocando la cinta alrededor del punto más ancho.

## 8.0 CIRCUNFERENCIA ESCROTAL

El tamaño testicular o la cantidad de esperma se estima con el uso de la circunferencia escrotal. Es una medida exacta y altamente repetible, por medio de una cinta flexible con centímetros, se desliza sobre el fondo del escroto hasta el punto más grande del diámetro del saco escrotal, con los testículos descendidos completamente. Los testículos que no descienden completamente pueden presentar arrugas en el escroto y puede aumentar la medida. Es importante al medir los testículos verificar la temperatura ambiental (Boyles, 2000; Blezinger, 2002).

Dentro del examen de aptitud se realiza la medición de la circunferencia escrotal la cual requiere de una cinta métrica. Los testículos son desplazados hacia el fondo del escroto y se coloca la cinta alrededor de su circunferencia mayor (Figura 8).

La circunferencia escrotal tiene relación directa con la producción de semen y su calidad, así como con la edad a la pubertad de las hembras emparentadas. Es también moderadamente heredable (Saravia, 2003).

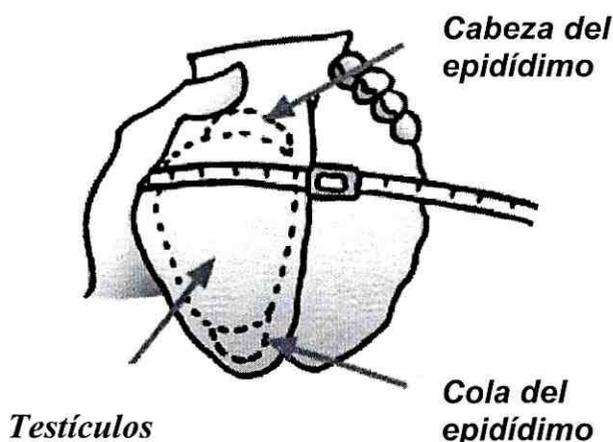


Figura 8. Figura que muestra la forma correcta de realizar la medición de la circunferencia escrotal en el toro.

## 9.0 EVALUACIÓN DE LA SALUD REPRODUCTIVA DEL TORO

Una evaluación de la salud reproductiva (BSE por las siglas en inglés), es un procedimiento relativamente rápido y económicamente prudente para evaluar toros en su fertilidad potencial. Elaborar una BSE implica una completa evaluación de todos los factores que, contribuyen a un potencial reproductivo normal. Se recomienda a los veterinarios que sean tan exhaustivos como las tecnologías actuales lo permitan y que sigan consistentemente un procedimiento rutinario y estándar. La predicción de

**cuales toros serían los menos exitosos en preñar vacas representa el mayor valor del sistema actual (Cundiff *et al*; 1993).**

**Esto significa que basados en la historia y en la información recogida al momento de la evaluación, los toros son categorizados por encima o por debajo de los mínimos establecidos para las características conocidas que más afectan la fertilidad. Las guías más recientes para BSE fueron aprobadas por la sociedad de teriogenología (SFT por sus siglas en ingles) en 1992. La SFT también elabora formas de Evaluación de Salud reproductiva (toros individuales) y formas de Evaluación de Certificado de Toros (hatos) que están disponibles para los miembros de la sociedad. Una BSE debe ser rápida aunque exhaustiva y con un formato sistémico para identificar problemas que afectan la fertilidad del macho. Una BSE consiste de tres pasos:**

- 1. Un examen físico generalizado y un examen completo tanto de las partes internas como externas del sistema reproductivo.**
- 2. Una medición de la circunferencia escrotal.**
- 3. Colección y evaluación de una muestra de semen. El formato de la SFT estableció mínimos aceptables para circunferencia escrotal motilidad espermática y morfología espermática (Figura 9) (Spitzer, 2000).**



Figura 9. Figura que muestra los mínimos aceptables para motilidad, y morfología espermática.

Para ser clasificado como reproductor potencial satisfactorio, se requiere un examen satisfactorio y valores mínimos para circunferencia escrotal, motilidad y morfología.

Cualquier toro que no cumpla con estos mínimos debe ser clasificado como reproductor potencial insatisfactorio o su clasificación puede ser aplazada a discreción del evaluador (Spitzer, 2000).

Es por ello que con temperatura superior a 26°C, y humedades relativas de 80% o más, el animal deja de realizar ciertas actividades, pues el aire ha perdido su capacidad de admitir vapor y ese factor es mucho más crítico cuando el viento permanece en calma. El otro extremo sucede cuando se presentan humedades relativas inferiores al 25%, porque la excesiva y muy rápida evaporación del sudor puede producir deshidratación del animal y perturbaciones de la salud por enfriamiento (Boyles, 2002).

### 9.1 Adaptaciones fisiológicas.

La adaptación fisiológica es definida como una modificación en el metabolismo y comportamiento, resultado de una experiencia que incrementa la habilidad del animal para afrontar cambios ambientales subsecuentes; ciertos mecanismos compensatorios específicos son activados vía el sistema termorregulatorio corporal. Cada mecanismo compensatorio depende de, algunos procesos fisiológicos de retroalimentación (Figura 10). Las respuestas rápidas se encuentran controladas por mecanismos neurales, mientras que la exposición prolongada a un factor climático puede inducir el proceso de adaptaciones o aclimatación (Keeton *et al*; 1995).

La aclimatación se define como un proceso adaptación por resultado de una disminución en la tensión fisiológica producida por la aplicación de un estrés climático prolongado. La adaptación se refiere a numerosos cambios fisiológicos y morfológicos que hacen que el animal pueda vivir con menos alteraciones en un medio térmico extremo. La prolongada exposición al calor da por resultado una disminución del esfuerzo fisiológico que se manifiesta en la temperatura corporal, y en los ritmos respiratorios y cardíacos, que llegan a niveles menos altos mientras sigue la exposición (Boyles, 2002).

Esto se logra mediante las disminuciones compensatorias de la ingestión de alimento, de la actividad tiroidea, de la producción de calor y el espesor del pelaje. La exposición prolongada a varios factores climáticos pueden propiciar un segundo tipo de adaptación fisiológica, el cual implica una reducción en la respuesta a un estímulo repetido, explicado por una reducción en la capacidad de percepción del estímulo (Figura 10).

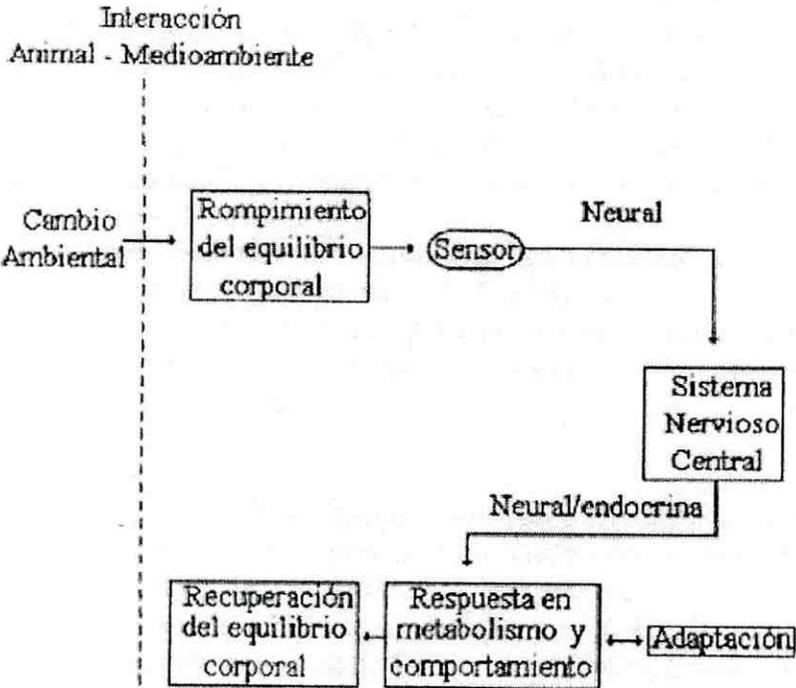


Figura 10. Proceso de retroalimentación negativa, ilustrando el mantenimiento del equilibrio corporal (homeostasis) en un animal sujeto a cambios ambientales (Young *et al.*, 1989).

En términos generales se considera, que si en un hato el número de servicios por concepción es menor de 1.5, indica que el hato tiene magnífica fertilidad, pero cuando se pasa de 2.5 servicios por concepción se puede

sospechar de la presencia de enfermedades específicas o situaciones de inadaptabilidad en el ambiente (De Alba, 1985).

Las variaciones de temperatura, humedad, etc. de un mes a otro dentro de un mismo año pueden afectar uno o varios de los siguientes factores asociados con la eficiencia reproductiva, como son: tiempo de ovulación, fallas en la maduración, problemas de manifestación de celo, viabilidad de gametos, sobrevivencia del embrión y desarrollo fetal (Yáñez *et al*; 1997)

## 10.0 EL RENDIMIENTO EN LA REPRODUCCIÓN O FERTILIDAD

Un alto nivel de eficiencia en la reproducción o fertilidad es básico para una industria ganadera para carne, dado que el porcentaje de vacas de la población es elevado, lo cual requiere una proporción mayor de los recursos que se utilizan en la producción de carne (Blezinger, 2002).

Ninguno de los factores que intervienen en las operaciones comerciales vaca-becerro tiene mayor influencia en los costos de reproducción que el porcentaje de becerros. Además, un nivel alto de producción es fundamental para realizar mejoras genéticas debido a un mayor replazo y así aumentar el diferencial de selección posible para otras características. Se debe considerar tanto al macho como a la hembra al seleccionar animales para reproducción puesto que la poca fertilidad en alguno de ellos puede resultar en una menor calidad de becerros (Barrios, 2002).

El rendimiento en la reproducción, o fertilidad, es una característica compleja cuando un becerro llega vivo a la edad del destete, es como resultado de una larga secuencia de acontecimientos, cada uno de los cuales debe ser satisfactorio, desde que se cruza el toro y a la vaca hasta que se separa al becerro de la madre. El toro debe tener un alto grado de libido y ser físicamente capaz de aparearse y producir suficiente esperma

viable, a fin de que las probabilidades de fertilización sean máximas. La hembra debe llegar a la pubertad como vaquilla, parir un becerro lo suficientemente pronto y tener un periodo corto de recuperación del parto como vaca, para tener un estro fértil durante la temporada de cría. La ovulación, la implantación, el desarrollo embrionario fetal y el parto se deben llevar acabo sin fallas. El becerro debe de consumir el calostro y la leche vital para su temprana supervivencia y para resguardarse de otros riesgos antes de llegar a la edad de destete. A pesar que la cadena de acontecimientos que implica las interrelaciones entre el padre, la madre, la descendencia y el ambiente en el que se desarrolla éstos, aumenta las probabilidades de que un solo aspecto resulte satisfactorio, no obstante es probable que haya problemas con el producto de todos los acontecimientos (becerros a los que se ha destetado). Un imprevisto en cualquier punto de la secuencia puede tener consecuencia lamentables (Yáñez *et al*; 1997)

Hay grandes cambios en la reproducción, por ejemplo el porcentaje de becerros nacidos puede variar mucho y puede ser del 75 al 90% en los rebaños grandes. Los resultados de las investigaciones indican que características tales como becerros nacidos, tasa de embarazo e intervalo de partos son bajas (10 %), lo que indican que la mayoría de las variaciones no se deben a las diferencias genéticas aditiva, sino a las no aditivas (heterosis, por ejemplo), o bien a distintos manejos, nutrición, salud del rebaño y otros factores tales, así como a interrelaciones entre el genotipo y el ambiente. Tantos factores ambientales, causales o de oportunidad, afectan la fertilidad desde el momento de la cruce el destete al becerro, en un año dado, que esta revela poco acerca de las diferencias genéticas que existen entre las vacas.

Según parece, determinados elementos de la fertilidad, como la edad a la pubertad y la tasa de la primera concepción, aumentan la posibilidad de que las vaquillas la hereden, más que el resto de los becerros (Kriese *et al*; 1991).

## 11.0 CONCLUSIONES

De acuerdo a la literatura consultada y revisada para el desarrollo de este trabajo se puede concluir lo siguiente:

El papel del escroto junto con los músculos del cremaster y el dartos juegan un papel muy importante en la termorregulación para un óptimo proceso de espermatogénesis.

Las altas temperaturas causan degeneración en las células que forran la pared de los tubos seminíferos lo que ocasiona una degeneración en el proceso de formación de las células espermáticas.

El tamaño de la circunferencia escrotal es un indicador muy valioso y que se debe tomar en cuenta al momento de la selección de los animales para los próximos empadres. Las medidas de la circunferencia escrotal (CE) están asociadas al desarrollo testicular, características del semen y precocidad de las hijas.

Es posible tener un conocimiento aproximado de la concentración espermática y la calidad seminal futura de animales jóvenes con el uso de la CE relacionada con la edad, peso corporal, volumen espermático, pubertad y calidad del semen, que si bien por si solas no constituyen una opción de selección, al menos aportan información valiosa que puede contribuir a fundamentar una toma de decisión. No obstante dado que la calidad seminal y la concentración espermática están muy relacionadas con la CE es ésta la característica que debiera ser considerada en programas de selección de toretes en base a su fertilidad potencial.

## 12.0 LITERATURA CITADA

- Alba D. J. 1985. Reproducción animal 13<sup>a</sup>. Edición. Editorial Medica Mexicana México D.F.
- Arije, G. F., and J. N. Wiltbank. 1971. Age and weight at puberty in Hereford heifers. *J. Anim. Sci.* 33:401-406.
- Anderson, K.L. 1994. Spring National Limousin Genetic Evaluation Manual. North American Limousin Foundation, Englewood, CO.
- Ausmendi J. A. Y Udaguiola M. 2002. Manejo de terneras para un servicio precoz.  
[Http://www.merial.com.arcarta\\_aropecuaria/terneras\\_servicio\\_precoz2.html](http://www.merial.com.arcarta_aropecuaria/terneras_servicio_precoz2.html)
- Barth A. 1999. Factores que afectan la pubertad de los toros.  
[Http://www.produccionbovival.com/informacion\\_tecnica/cria/37](http://www.produccionbovival.com/informacion_tecnica/cria/37)
- Ball, L., R. S. Ott, R. G. Mortimer, and J. C. Simons. 1983. Manual for breeding soundness examination of bulls. *J. Soc. for Theriogenology*
- Barrios, A. D.R. 2002. Evaluación de la calidad y capacidad fecundante de espermatozoides de la cola del epidídimo de toros post-morten. Memorias del XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. 22-26 de oct. De 2002.
- Bourdon, R. M., and J. S. Brinks. 1986. Scrotal circumference in yearling Hereford bulls: Adjustment factors, heritabilities, and genetic, environmental and phenotypic relationships with growth traits. *J. Anim. Sci.* 62:958.
- Brinks, J. S., M. J. McInerney, and P. J. Chenoweth. 1978. Relation-ship of age at puberty in heifers to reproductive traits in young bulls. *Proc. West. Sec. Amer. Soc. Anim. Sci.* 29:28.
- Byerley, D. J., R. B. Staigmiller, J. G. Berardinelli, and R. E. Short. 1987. Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. *J. Anim. Sci.* 65:645.
- Beitelspacher K. 1998. El tamaño importa.  
[http://216.239.37.120Translate\\_c?hl=es&sl=en&u=http://beef\\_maa.com/ar/bee\\_f\\_sizematt](http://216.239.37.120Translate_c?hl=es&sl=en&u=http://beef_maa.com/ar/bee_f_sizematt).
- Blezinger S. B. 2002. La edad en la pubertad y la circunferencia escrotal, son factores importantes en la selección del toro.  
[http://216.239.39.120traslate\\_c?hl=es&u=http://www.redav\\_folar.info.ve/fagro](http://216.239.39.120traslate_c?hl=es&u=http://www.redav_folar.info.ve/fagro)

- Boyles S. 2000. El escroto y los testículos del toro. [http://216.239.39.120traslate\\_c?hl=es&u=http://www.redav\\_folar.info.m.htn...](http://216.239.39.120traslate_c?hl=es&u=http://www.redav_folar.info.m.htn...)
- Camp S. Van. 1997. Common causes of infertility in the bull. *Vet. Clín. of N.A: Food Animal Practice*. 13 (2).
- Cundiff, L.V. F. Szabo, K. E. Gregory. R.M. and J.D. Crouse. 1993. Breed comparisons in the germplasm evaluation program at MARC. *Proceedings of Beef Improvement Federation Annu. Mtg., Asheville, NC*.
- Chenoweth P. J. 1999. Gravamen y gerencia de criar toros. [http://216.239.35.120/translate\\_c?hl=es&u=http://WWW.redav\\_folar.info.ve/fa\\_rQ](http://216.239.35.120/translate_c?hl=es&u=http://WWW.redav_folar.info.ve/fa_rQ).
- Chenoweth, P. J., J. C. Spitzer, and F. M. Hopkins. 1992. A new bull breeding soundness evaluation form. *Proc. Annu. Mtg. Soc. for Theriogenology*. p 63.
- Choy, Y. H., J. S. Brinks, and R. M. Bourdon. 1996. Genetic evaluation of mature weight, hip height, and body condition score in an Angus herd. *J. Anim. Sci.* 74(Suppl. 1):107 (Abstr.).
- Chung J., Effects of sperm treatments on fertilization and in vitro development of bovine follicular oocytes. *Korean J Emb. Trans.* Vol 12. 1997.
- Delgado C, Valera M, Molina A, Jiménez J. M. Y Rodero A. 2000. Circunferencia escrotal como predictor de la capacidad reproductiva en razas de vacuno de carne autóctono: Curvas de crecimiento en el vacuno retinto. *Arch. Zootec.* 49:229-240.
- D. W. Moser 3 , J. K. Bertrand, L. L. Benyshek, M. A. McCann, and T. E. Kiser J. Effects of Selection for Scrotal Circumference in Limousin Bulls on Reproductive and Growth Traits of Progeny *Anim. Sci.* 1996. 74:2052–2057
- Dunlap, S. E., T. E. Kiser, G. B. Rampacek, R. R. Kraeling, and F. N. Thompson. 1981. Effect of suckling on cortisol, progesterone and luteinizing hormone in postpartum beef cows. *Theriogenology* 16:185.
- Elwood M. J. S/F. Métodos aprobados para producción de ganado vacuno de carne 4ª edición. Editorial Trillas. México D.F.
- Gregory, K. E., D. D. Lunstra, L. V. Cundiff, and R. M. Koch. 1991. Breed effects and heterosis in advanced generations of compo-site populations for puberty and scrotal traits of beef cattle. *J.*
- Hafez E. S. E. 1980. Reproducción e inseminación artificial en animales 4ª edición Editorial Interamericana México D.F.

Herring, A. D., J. O. Sanders, D. K. Lunt, and R. E. Knutson. 1993. Randel, R. D. 1994. Reproductive characteristics of the Brahman and Brahman based bull. In: M. J. Fields and R. S. Sand (Ed.) Factors Affecting Calf Crop. pp 331-344. CRC Press, Boca Raton, FL.

Imagen midiendo circunferencia escrotal. 2003.  
<http://W\NW.shoof.co.n2/exDortDroducts/36scrotalwand.html>.

Keeton, L. L., R. D. Green, S. P. Doyle, and K. J. Anderson. 1995. Estimation of growth curves and age of dam adjustments for scrotal circumference in Limousin bulls. Prof. Anim. Sci.

Kriese, L. A., J. K. Bertrand, and L. L. Benyshek. 1991. Age adjustment factors, heritabilities and genetic correlations for scrotal circumference and related growth traits in Hereford and Brangus bulls. J. Anim. Sci. 69:470-489.

L. L. Keeton, R. D. Green, B.L. Golden, and K. J. Anderson. Estimation of variance components and Prediction of Breeding Values for Scrotal Circumference and Weight in Limousin Cattle. J. Anim. Sci., 1996.

Laster, D. B., G. M. Smith, L. V. Cundiff, and K. E. Gregory. 1979. Characterization of biological types of cattle (Cycle II) II. Postweaning growth and puberty of heifers. J. Anim. Sci. 48: 505-508.

Lunstra, D. D. 1982. Testicular development and onset of puberty in beef bulls. In: Beef Research Program Progress Report No. 1. U.S. Meat Animal Res. Cent. Publ. ARM-NC-21. p 26.

Lunstra, D. D., K. E. Gregory, and L. V. Cundiff. 1988. Heritability estimates and adjustment factors for the effects of bull age and age of dam on yearling testicular size in breeds of bulls. Theriogenology 30:120-136.

Marketing Plus. 2001. Como interpretar la evaluación genética Las Lilas. [Http://W\NW.laslilas.com.ar/faa/aeneticaEGLLhtm](http://W\NW.laslilas.com.ar/faa/aeneticaEGLLhtm).

MacKinnon, M. J., D.J.S. Hetzel, J. J Corbet, R. P. Bryan, and R. Dixon. 1990. Correlated responses to selection for cow fertility in a tropical beef herd. Anim. Prod. 50:410-424.

MacNeil, M. D., L. V. Cundiff, C. A. Dinkel, and R. M. Koch. 1984. Genetic correlations among sex limited traits in beef cattle. J. Anim. Sci. 58:1171-1180.

Martin, L. C., J. S. Brinks, R. M. Bourdon, and L. V. Cundiff. 1992. Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. J. Anim. Sci. 70:4000-4017.

- Meyer, K., K. Hammond, M. J. Mackinnon, and P. F. Parnell. 1991. Estimates of covariances between reproduction and growth in Australian beef cattle. *J. Anim. Sci.* 69:353 -3543.
- Meyer, K., K. Hammond, P. F. Parnell, M. J. Mackinnon, and S. Sivarajasingham. 1990. Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in Australian beef cattle. *Livest. Prod. Sci.* 25:1 -30.
- Nelsen, T. C., C. R. Long, and T. C. Cartwright. 1982. Postinflection growth in straightbred and crossbred cattle. II. Relationships among weight, height and pubertal characters. *J. Anim. Sci.* 55: 290-304.
- Neumann A.L. 1989. Ganado vacuno para producción de carne 13 edición editorial Limusa México D.F.
- Neilsen, and J. E. Kinder. 1991. Evaluating net income from different durations of breeding seasons in beef production using a deterministic simulation model. *Agric. Syst.* 37:275.
- Ojeda A. L. 1999. Efecto del enfriamiento en la producción de leche en vacas Holstein. Tesis de Licenciatura URUZA-UACH Bermejillo Durango.
- Palacios G. R. Y De los Santos V. 2000. Evaluación de la capacidad reproductiva de sementales bovinos productores de carne en el sur de Tamaulipas.  
[httpD://W\NW.ranchovet.com.mx/InifaD Aldama/Eval Repro Sementales.htm](http://W\NW.ranchovet.com.mx/InifaD Aldama/Eval Repro Sementales.htm).
- Pellerano G., Torres J. G. Y Crudeli G. A. 2000. Evolución de las características reproductivas y zootécnicas en toros de la raza Hereford en la provincia de Corrientes. Facultad de Ciencias Veterinarias UNNE Corrientes Argentina.
- P. J. Chenoweth\*, and T. A. Olson\* 1998. Estimation of Genetic Parameters for Scrotal Circumference, Age at Puberty in Heifers, and Hip Height in Brahman Cattle *J. Anim. Sci.* 76:2536
- Pratt, S. L., J. C. Spitzer, H. W. Webster, H. D. Hupp, and W. C. Bridges, Jr. 1991. Comparison of methods for predicting yearling scrotal circumference and correlations of scrotal circumference to growth traits in beef bulls. *J. Anim. Sci.* 69: 2711--2720.
- Preston T. R et al. 1.84. Producción intensiva de carne 12 editorial. Diana México.
- Quaas, R. L., and E. J. Pollak. 1980. Mixed model methodology for farm and ranch beef cattle testing programs. *J. Anim. Sci.* 51: 1277.

Ramírez V. F. *et al.*, 1999. Efecto del comportamiento reproductivo y productivo sobre el cambio genético y producción de leche. Tesis de Licenciatura URUZA –UACH Bermejillo Dgo.

Rege, J.E.O., and T. R. Famula. 1993. Factors affecting calving date and its relationship with production traits of Hereford dams. *Anim. Prod.* 57:385.

Sánchez S. C. y González S. C. 2001. Relaciones de circunferencia escrotal con peso, edad y altura en toros Brahman prepúberes. Sección genética, fisiología y reproducción. <http://W\NW.cecalc.ula.ve/AVPA/docuPDFsNI2.pdf>.

Sánchez A. R., Bourgetts L. R. Y Sapién S. A. 1982. Evaluación de la capacidad reproductiva de los factores que afectan en sementales bovinos de las razas productoras de carne en el estado de Sonora. Reunión de investigación pecuaria en México. <http://patrocipes.UNISON.x/patrocipes/invpec/aenética/G8200/>.html.

Sarabia A. Evaluación reproductiva de los toros. Instituto Plan Agropecuario.

Setchell. 1977. *Reproduction in Domestic Amma/s*. 3<sup>rd</sup>. Ed. Cole y Cupps. Academic Press

Senseman, K. J. 1989. A comparison of puberty traits in Angus, Brahman, Hereford and Senepol heifers. M.S. thesis. University of Florida, Gainesville.

Smith, B. A., J. S. Brinks, and G. V. Richardson. 1989a. Estimation of genetic parameters among reproductive and growth traits in yearling heifers. *J. Anim. Sci.* 67:2886.

Sorensen, D. A., and B. W. Kennedy. 1984. Estimation of response to selection using least-squares and mixed model methodology. *J. Anim. Sci.* 58:1090-1106.

Splan, R. K., L. V. Cundiff, and L. D. Van Vleck. 1996. Genetic parameters for growth and reproductive traits of crossbred heifers. *J. Anim. Sci.* 74(Suppl. 1):118 (Abstr.).

Spitzer J. C. 1998. Cuadro. Porcentaje de la probabilidad de los toros que alcanzan 32 centímetros. <http://216.239.39.120/translate.c?hl=es&sl=en&u=http://o\WW.clemson.edu/edisto/beefd...>

Spitzer J. C. 2000. Evaluación de la salud reproductiva del toro: estado actual. International Veterinary information service [http://o\WW.luis.ora.lthaca, New York, USA](http://o\WW.luis.ora.lthaca,NewYork,USA).

Tafley C. 2001. Uso de la circunferencia escrotal en la selección del toro. <http://216.239.39.120/traslatac?hl=es&sl=en&u=http://henderson.ces.state.nc.us/newsle>.

Tríbulo H. Y Alisio L. 2000. Evaluación reproductiva de toros. <http://www.lavozdelinterior.com/imprimir.asp?nrc=42495>.

Toelle, V. D., and O. W. Robison. 1985. Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive traits in cattle. *J. Anim. Sci.* 60:89.

Van L. D. S/F. La vaca domestica cría y explotación. Editorial CECOSA México D. F.

Waites. G. M. H. Y Moule. E. R.: *J. Reprod. Fertil.* 2:217, 1961.

Werth, L. A., S. M. Pritchard, S. M. Azzam, D. A. Fiske, G. H. Pfeiffer, M. K.

Wolfe, M. W., T. T. Stumpf, P. L. Wolfe, M. L. Day, R. M. Koch, and J. E. Kinder. 1990. Effect of selection for growth traits on age and weight at puberty in bovine females. *J. Anim. Sci.* 68:1590 -1602.

Wright, D. W., Z. B. Johnson, C. J. Brown, and S. Wildeus. 1991. Variance and covariance estimates for weaning weight of Senepol cattle. *J. Anim. Sci.* 69:3945.

Whittier W. Y Bailey T. 2000. Predecir la fertilidad del toro. [File:///A:/c.e.%20v%20espermatoozoo.htm](file:///A:/c.e.%20v%20espermatoozoo.htm).

Yáñez C. L., Madrid B. N., Contreras D. R. Y Rincón U. E. 1997. Relaciones de circunferencia escrotal con edad y peso corporal en toros mestizos. <http://216.239.37.100/search?> 12:1.