



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“Efectos de la raza, época del año y circunferencia escrotal sobre la  
calidad seminal en carneros”**

**Tesis**

Que para obtener el Título de  
**Médico Veterinario Zootecnista**

Presenta:

**PMVZ. URIEL BORJA JAIMES**

Asesores:

**Dr. en BCA. JORGE OSORIO AVALOS**

**Dr. en C. MANUEL GONZÁLEZ RONQUILLO**



Toluca, Estado de México. Mayo de 2018

# Índice

Resumen.....	I
1. Introducción.....	1
2. Revisión de Literatura .....	3
2.1 Anatomía y Fisiología del testículo.....	3
2.1.1 Escroto y testículo .....	3
2.1.2 Epidídimo y conducto deferente.....	6
2.1.3 Glándulas accesorias.....	7
2.1.4 Pene y prepucio.....	8
2.2 Eje hipotálamo-hipofisario-gonadal .....	8
2.2.1 Hipotálamo .....	8
2.2.2 Hipófisis .....	9
2.2.3 Gónadas .....	9
2.2.4 Glándula pineal.....	9
2.2.5 Retroalimentación endocrina .....	10
2.3 Estacionalidad en ovinos.....	11
2.4 Calidad seminal.....	15
2.4.1 Características del semen de carnero.....	15
2.4.2 Características macroscópicas.....	16
2.4.3 Características microscópicas .....	18
2.5 Circunferencia escrotal .....	21
3. Justificación.....	23
4. Hipótesis .....	24
5. Objetivos.....	25
5.1 Objetivo general.....	25
5.2 Objetivos específicos.....	25
6. Material .....	26
6.1 Material biológico.....	26
6.2 Material de laboratorio.....	26
7. Método .....	27
7.1 Método estadístico .....	30
8. Límite de espacio .....	31
9. Límite de tiempo.....	32

10.	Resultados.....	33
10.1	Efecto de la raza del semental. ....	33
10.2	Efecto de la estación del año. ....	34
10.3	Efecto de la circunferencia escrotal. ....	35
11.	Discusión.....	37
11.1	Efecto de la raza del semental. ....	37
11.2	Efecto de la estación del año. ....	38
11.3	Efecto de la circunferencia escrotal. ....	39
12.	Conclusiones.....	41
13.	Literatura citada.....	42
	Adolfo C. (2006): Variación anual de la circunferencia escrotal en caprinos criollos serranos, Archivos de zootecnia, 55 (209): 113-116 .....	42
	Alonso J. (1981): Manejo de la reproducción en el ovino. Departamento de Producción animal: Rumiantes, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM., 3: 434-436. ....	42

## RESUMEN

**“Efectos de la raza, época del año y circunferencia escrotal sobre la calidad seminal en carneros”.**

**Borja JU, Osorio AJ y González RM.**

El objetivo del presente trabajo fue estudiar los efectos de la raza, época del año y circunferencia escrotal sobre la calidad seminal en carneros (volumen de eyaculado, motilidad masal e individual, concentración espermática y porcentaje de espermatozoides vivos). Para ello se utilizaron 10 carneros adultos: Dorper (n=2), Dorset (n=3), Hampshire (n=3) y Suffolk (n=2), albergados en el Centro de Mejoramiento Genético Ovino (CeMeGO) de la FMVZ de la UAEM. Las extracciones de semen (por el método de vagina artificial) fueron realizadas semanalmente durante un año. Se realizó una estadística descriptiva de las variables estudiadas de acuerdo a la raza, época del año y circunferencia escrotal; el análisis estadístico para contrastar las hipótesis se utilizó en ANDEVA y para la comparación de medias la prueba de Tukey. Los resultados indicaron que el efecto de la raza del semental presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para las variables de volumen de eyaculado, motilidad masal, motilidad individual y porcentaje de espermatozoides vivos ( $P < 0.05$ ), pero no para la concentración espermática ( $P > 0.05$ ). Con respecto a la época del año, existieron diferencias significativas para volumen de eyaculado, motilidad masal, y porcentaje de espermatozoides vivos ( $P < 0.05$ ), mientras que para la motilidad masal y concentración espermática no tuvo diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ). El efecto de la circunferencia escrotal, únicamente para la característica del volumen de eyaculado presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), siendo similares las variables de motilidad masal e individual, porcentaje de espermatozoides vivos y concentración espermática ( $P > 0.05$ ). El efecto de la raza del semental y la época del año tuvieron efectos significativos sobre las características de la calidad seminal ( $P < 0.05$ ), mientras que la circunferencia escrotal no lo fue ( $P > 0.05$ ), a excepción del volumen de eyaculado ( $P < 0.05$ ).

**Palabras clave:** calidad seminal, circunferencia escrotal, carneros, época del año.

## 1. Introducción

El manejo de la reproducción en los ovinos es esencial para la producción de pie de cría, para animales de abasto y lana. Para lograr el fin deseado en cualquier unidad de producción ovina, es fundamental tener una mayor eficiencia reproductiva (Alonso, 1981).

Existen diversos factores que afectan la reproducción en los ovinos, siendo de orden genético (razas) y efectos ambientales (época del año, sistemas de producción, efectos sociales, aquellos relacionados con el entorno, climatológicos, entre otros) (Alonso, 1981). Por ejemplo, de acuerdo al factor raza, se ha encontrado que la circunferencia escrotal fue superior en el mes de octubre con 36 cm en la raza Lincoln y 37 cm para Suffolk, en comparación con un mínimo de 30.6 cm y 32.4 cm para Lincoln y Suffolk, respectivamente, en los meses de febrero y abril (Duane et al., 1981), lo que da a entender que es así como influye la estacionalidad (horas luz).

Söderquist y Hultén (2006) mencionan que los machos con testículos más grandes tienden a engendrar hijas que alcanzan la pubertad a una edad más temprana y presentan mayor tasa ovulatoria durante cada período de estro. Una medición de la circunferencia escrotal (SC) es una parte esencial de la evaluación reproductiva en los carneros.

Palacios y González (2012) muestran que existe una correlación significativa entre diámetro testicular y concentración espermática, demostrando la importancia de la circunferencia escrotal como un indicador de calidad seminal, siendo éste un parámetro importante en la evaluación andrológica en carneros, así como también se ha encontrado una menor correlación entre circunferencia escrotal y motilidad masal. Estos autores confirman que existe una correlación entre el diámetro testicular y la calidad seminal, atribuibles a que, entre menos diámetro tenga, menor producción de espermatozoides y por lo tanto una baja calidad seminal.

En México existe limitada información entre la relación raza, época del año y perímetro testicular con respecto a la capacidad reproductiva del carnero. El presente trabajo

tiene como propósito estudiar estos efectos sobre la calidad seminal (volumen de eyaculado, motilidad masal e individual, concentración espermática y porcentaje de espermatozoides vivos).

## 2. Revisión de Literatura

### 2.1 Anatomía y Fisiología del testículo

Para valorar la capacidad reproductiva de los sementales, es primordial conocer la Anatomía y Fisiología del aparato reproductor. Los órganos genitales son: dos testículos, cada uno suspendido dentro del escroto por un cordón espermático y el músculo cremaster externo, dos epidídimos, dos conductos deferentes, glándulas sexuales accesorias (dos ampollas, dos vesículas seminales, tejido prostático asociado a uretra o conocida también como “próstata diseminada”, y dos glándulas bulbouretrales) y el pene (Cunningham y Klein, 2009). La figura 1 muestra un diagrama del aparato reproductor masculino.

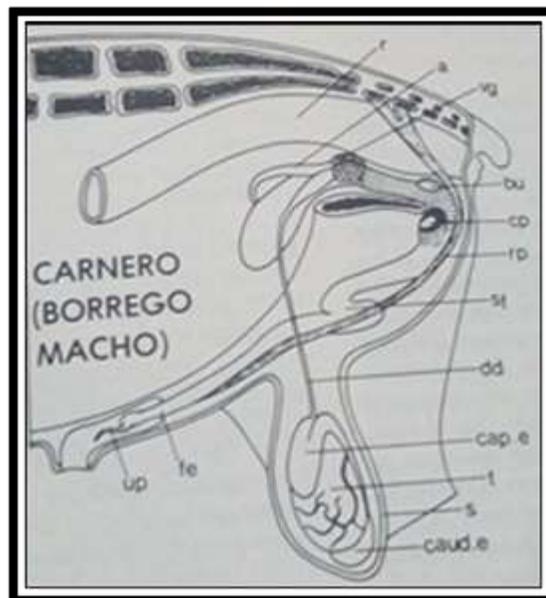


Figura 1. Diagrama del aparato reproductor masculino visto en cortes laterales izquierdos. a, Ampolla; bu, Glándula Bulbo uretral; cap e, cabeza del epidídimo; caud. E, cola del epidídimo; cp, pedúnculo izquierdo del pene, seccionado desde isquion izquierdo; dd, conducto deferente; fe, parte libre del pene; r, recto; rp, musculo retractor del pene; s, escroto; sf, curvatura sigmoidea; t, testículo; up, proceso uretral; vg, glándula vesicular. Popesko, citado por Hafez y Hafez (2002).

#### 2.1.1 Escroto y testículo

El testículo es el órgano primario en el aparato reproductor cuya función es producir los espermatozoides y las hormonas masculinas.

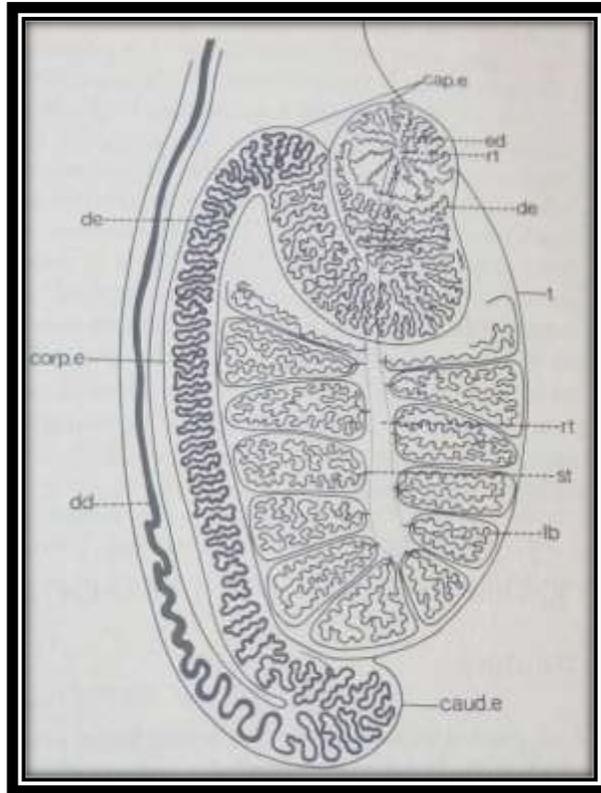
El testículo esta fijo a la pared del proceso vaginal, a lo largo de la línea de su unión con el epidídimo. El tamaño testicular varía durante el año en los ovinos (Hafez y Hafez, 2002). Tiene forma ovoidea, comprimida del lado craneal al caudal, es largo y penduloso y tiene un cuello bien marcado que no se contrae. La piel de color rosáceo, en algunos está más o menos pigmentado y recubierto por lana o pelo (Sisson y Grossman, 1982).

El testículo es el órgano central del aparato reproductor masculino. Sin embargo, debe recordarse que todas las funciones testiculares están muy influenciadas por el sistema neuroendocrino. El testículo es responsable de la esteroidogénesis, principalmente la producción de andrógenos, así como la generación de células germinales haploides mediante la espermatogénesis. Estas dos funciones ocurren en las células de Leydig y en los túbulos seminíferos respectivamente (Cunningham y Klein, 2009).

Funcionalmente, el testículo tiene tres compartimentos. El primero es el tejido intersticial que contiene las células de Leydig que rodea a los túbulos seminíferos y que entra en contacto con un líquido abundante en testosterona. Los otros dos compartimentos se localizan dentro de los túbulos seminíferos, uno es el compartimiento basal que contiene espermatogonias que se dividen por mitosis, y el compartimiento adluminal que constituye un medio especial en el que los espermatocitos inician y continúan las divisiones meióticas hasta diferenciarse en espermátidas y por último en espermatozoides. En los túbulos seminíferos las células de Sertoli, que proporcionan apoyo y nutrientes a las células germinales en desarrollo, se extienden desde la región basal hasta la zona adluminal (Cunningham y Klein, 2009). La figura 2 muestra un esquema del sistema tubular de los testículos y epidídimo.

#### 2.1.1.1 Función endocrina

Las hormonas gonadotrópicas de la glándula hipófisis regulan dos funciones importantes de los testículos. La hormona folículo estimulante (FSH) está estrechamente relacionada con la iniciación de la actividad en los túbulos seminíferos. La hormona estimulante de las células intersticiales o luteinizantes (LH) controla la actividad endocrina de las células (Hafez y Hafez, 2002).



*Figura 2. Dibujo esquemático del sistema tubular de los testículos y epidídimo cap. e, Cabeza del epidídimo; caud e, cola del epidídimo; corp. e, cuerpo del epidídimo; dd, conducto deferente; de, conducto del epidídimo; ed, conductos eferentes; lb, lóbulo con túbulos seminíferos; rt, rete testis; st, conducto recto; t, testículo. Bloom y Christensen, citado por Hafez y Hafez (2002).*

#### 2.1.1.2 Función exocrina

Los espermatozoides abandonan los testículos en una importante secreción líquida. La composición de este líquido reticular se diferencia grandemente del plasma sanguíneo y de la linfa. Por lo tanto hay una barrera hematotesticular que separa efectivamente el epitelio seminífero de la circulación general. Es importante la integridad de la barrera hematotesticular para la función testicular normal, pues sirve para separar inmunológicamente al epitelio germinal del resto del tejido corporal (Hafez y Hafez, 2002).

#### 2.1.1.3 Producción de espermatozoides

La producción diaria de espermatozoides por gramo de testículo, es mayor en el carnero ( $24-27 \times 10^6$ ) que en el toro ( $13-19 \times 10^6$ ) (Hafez y Hafez, 2002).

#### 2.1.1.4 Termorregulación de los testículos

Para un funcionamiento eficaz, los testículos deben mantenerse a una temperatura menor que la corporal. Las características anatómicas del testículo y del escroto permiten la regulación de la temperatura testicular. La piel escrotal carece notablemente de grasa subcutánea y cuenta con un rico aporte de glándulas sudoríparas, y su componente muscular (dartos) le permite alterar el grosor del escroto y su área de superficie, así como variar la proximidad del contacto de los testículos con la pared corporal. El músculo cremaster puede elevar o descender los testículos. En condiciones con temperatura fría, el músculo cremaster y la túnica de dartos se contraen elevando los testículos, arrugando o volviéndose más gruesa la pared escrotal (Hafez y Hafez, 2002).

La arteria testicular es una estructura contorneada con forma de cono, cuya base descansa en el polo craneal o dorsal del testículo. Estos giros arteriales están íntimamente rodeados por el llamado plexo pampiniforme de venas testiculares. En este mecanismo de contracorriente, la sangre arterial que entra a los testículos es enfriada por la venosa que sale de ellos. En el carnero, la sangre que sale de la arteria testicular se enfría 4°C en su trayecto desde el anillo inguinal superficial hasta la superficie del testículo; en las venas, la sangre se calienta en magnitud similar entre el testículo y el anillo superficial (Hafez y Hafez, 2002).

#### 2.1.2 Epidídimo y conducto deferente

El epidídimo es un tubo estrecho y alargado. Se conocen tres regiones anatómicas: cabeza o caput en la cual un número variable de conductos eferentes se unen para constituir el conducto del epidídimo que se extiende al cuerpo o corpus y cola o cauda. Los espermatozoides que entran en la cabeza del epidídimo desde la rete testis son inmóviles y poseen una capacidad fecundante nula, solo alcanzan la motilidad y la capacidad para fecundar tras experimentar el proceso de migración y maduración a lo largo de la cabeza y del cuerpo del epidídimo (Cunningham y Klein, 2009). Los dos primeros segmentos del epidídimo (cabeza y cuerpo), se encargan de la maduración de

los espermatozoides, mientras que la porción terminal (cola), se destina a su almacenamiento (Hafez y Hafez, 2002).

El tiempo de tránsito de los espermatozoides a través de la cabeza y el cuerpo no se altera con la eyaculación y es similar en todas las especies domésticas (dos a cinco días). La duración del almacenamiento en la cola del epidídimo es más variable (tres a trece días) y puede reducirse en varios días en machos sexualmente activos (Hafez y Hafez, 2002).

El conducto deferente es la continuación de la cola del epidídimo, tienen un calibre más pequeño. Al inicio tienen un curso sinuoso, dorsalmente, a lo largo del borde caudal del testículo, para luego aparecer recto y situarse en la parte caudal del cordón espermático (Sisson y Grossman, 1982).

El conducto deferente atraviesa los anillos inguinales y llega al abdomen, conectando la cola del epidídimo con la porción pélvica de la uretra. En la mayoría de las especies, la porción terminal de estos conductos se agranda para formar una ampolla (Cunningham y Klein, 2009).

### 2.1.3 Glándulas accesorias

Las glándulas accesorias tienen por función añadir volumen, nutrientes, tampones, entre otras sustancias. Las vesículas seminales se sitúan en posición lateral a la ampolla, cerca del cuello de la vejiga urinaria, en el carnero estos órganos son firmes, lobulados y con una luz estrecha. La “próstata diseminada” es un tejido glandular que se encuentra asociado a la uretra, mientras que las glándulas bulbouretrales se encuentran junto a la uretra pélvica, cerca del arco isquiático (Cunningham y Klein, 2009).

El tejido prostático asociado a la uretra y las glándulas bulbouretrales vierten sus secreciones a la uretra, donde en el momento de la eyaculación, se mezclan con la suspensión de espermatozoides y secreciones ampulares del conducto deferente. La fructosa y el ácido cítrico son componentes importantes de las secreciones de la vesícula seminal (Hafez y Hafez, 2002).

#### 2.1.4 Pene y prepucio

El carnero posee un tipo de pene denominado “fibroelastico” en donde únicamente aumenta su rigidez y longitud por elongación de la flexura sigmoidea y por relajación del músculo retractor del pene. El pene se extiende desde el arco isquiático hasta cerca del ombligo en la pared abdominal ventral. Tiene tres cuerpos cavernosos que se agrupan alrededor de la uretra peneana. El cuerpo esponjoso, que rodea a la uretra, se expande. Este bulbo está cubierto por el músculo bulboesponjoso estriado. El cuerpo cavernoso se origina en un par de raíces en el arco isquiático, que están cubiertos por los músculos isquiocavernosos. Una gruesa cubierta (túnica albugínea) envuelve los cuerpos cavernosos. Los músculos retractores del pene de rumiantes y porcinos controlan la longitud peneana efectiva por la acción que ejercen sobre la curvatura sigmoidea (Hafez y Hafez, 2002).

La erección es un fenómeno psicossomático que implica la acción simultánea de los sistemas vascular, neurológico y endócrino. La contracción del músculo isquiocavernoso durante la misma produce la oclusión del retorno venoso, al tiempo que la relajación de los cuerpos cavernoso y esponjoso mediada por el sistema parasimpático provoca que los espacios cavernosos se llenen de sangre y que el pene aumente de su tamaño y turgencia (Cunningham y Klein, 2009).

#### 2.2 Eje hipotálamo-hipofisario-gonadal

En los mamíferos el aparato reproductor del macho está regulado por intrincados sistemas de retroalimentación en los que participan el hipotálamo, lóbulo anterior de la hipófisis y los testículos. El sistema endocrino y el sistema nervioso funcionan para iniciar, coordinar o regular las funciones del sistema reproductor (Hafez y Hafez, 2002).

##### 2.2.1 Hipotálamo

El hipotálamo ocupa solo una pequeña parte del cerebro. Existen conexiones neurales entre el hipotálamo y el lóbulo anterior de la hipófisis a través del tracto hipotálamo-hipofisario y conexiones vasculares entre el hipotálamo-hipotálamo anterior de la hipófisis.- La sangre arterial entra a la hipófisis a través de las arterias hipofisarias superior e inferior. La superior forma asas capilares en la eminencia media y pars

nerviosa. De estos capilares fluye sangre hacia el sistema porta hipotalámico-hipofisiario que empieza y termina en capilares sin pasar por el corazón. Parte del flujo venoso de salida de la hipófisis anterior es de tipo retrogrado, que expone al hipotálamo altas concentraciones de hormonas de la hipófisis anterior. Este flujo sanguíneo le da a la glándula hipófisis el mecanismo de retroalimentación negativo para regular las funciones del hipotálamo (Hafez y Hafez, 2002).

### 2.2.2 Hipófisis

La hipófisis se localiza en la silla turca, una depresión ósea en la base del cerebro. La glándula se subdivide en 3 partes: lóbulo anterior, intermedio y posterior. La hipófisis anterior tiene 5 diferentes tipos de células que secretan 6 hormonas. Según el tipo de célula las somatotrópicas secretan hormona del crecimiento, las corticotrópicas secretan la hormona adenocorticotrópica, las mamotrópicas, prolactina; las tirotrópicas secretan la hormona estimulante de la glándula tiroides (TSH), y las gonadotropicas, la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) (Hafez y Hafez, 2002).

### 2.2.3 Gónadas

En ambos sexos las gónadas desempeñan una doble función, la producción de células germinales y secreción de hormonas gonadales. Las células intersticiales que se localizan entre los túbulos seminíferos se llaman células de Leydig, éstas secretan testosterona en el macho (Hafez y Hafez, 2002).

### 2.2.4 Glándula pineal

La actividad hormonal de la glándula pineal está influenciada por los ciclos de luz oscuridad y estacional, causando así que su función sea muy importante en el control neuroendocrino de la reproducción en los ovinos. La glándula convierte la información neural de los ojos relacionada con la duración de la luz del día en una producción endocrina de melatonina, que es secretada al torrente sanguíneo y al líquido cefalorraquídeo (Hafez y Hafez, 2002).

### 2.2.5 Retroalimentación endocrina

Gónadas. Una hormona secretada por la glándula blanco puede influenciar la secreción de la hormona que estimuló su liberación. El control de retroalimentación ocurre a nivel del hipotálamo y de la hipófisis. Dependiendo de su concentración en la sangre, las hormonas esteroides pueden ejercer una retroalimentación estimuladora (positiva) o inhibitoria (negativa) (Hafez y Hafez, 2002).

El hipotálamo sintetiza y secreta de forma pulsátil gonadoliberina (GnRH), que actúa sobre las células gonadotrópicas de la adenohipófisis. Estas últimas estimuladas por la GnRH, sintetizan y secretan dos gonadotropinas: Hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteínica o luteinizante (LH). Cada célula gonadotrópica tiene la capacidad para sintetizar FSH, LH o ambas. Su liberación depende de los patrones pulsátiles de la secreción de la GnRH (Cunningham y Klein, 2009).

Dentro del testículo, la LH se une a los receptores de membrana de las células de Leydig y estimula en ellos la conversión del colesterol en testosterona. Una vez sintetizados, los andrógenos se difunden a sangre y a la linfa, donde se unen a las proteínas transportadoras de andrógenos, que se producen en las células de Sertoli. Las proteínas transportadoras de andrógenos potencian la acumulación de altas concentraciones de testosterona y dihidrotestosterona dentro de los túbulos seminíferos y en el intersticio de los testículos. Dentro de estos, las células diana de la testosterona son las células mioideas peritubulares y las células de Sertoli, que envuelven y soportan las células espermáticas en desarrollo (Cunningham y Klein, 2009).

La inhibina, junto con la testosterona, está implicada en el complejo sistema de retroalimentación de las funciones de la hipófisis. Se sabe que los esteroides gonadales suprimen la liberación de FSH, sin embargo, la inhibina es el inhibidor más potente de la secreción de esta hormona. La testosterona, la dihidrotestosterona y los estrógenos, regulan la síntesis y liberación de LH a través de una retroalimentación negativa ejercida a nivel del hipotálamo o del lóbulo anterior de la hipófisis (Cunningham y Klein, 2009).

### 2.3 Estacionalidad en ovinos

La estacionalidad de la reproducción, como parte del proceso de selección natural, es un mecanismo de adaptación desarrollado por algunos mamíferos silvestres como estrategia para minimizar el impacto negativo del ambiente (temperatura, humedad y disponibilidad de alimento) en la supervivencia de las crías, de manera que los nacimientos ocurren en la época más favorable del año, con abundancia de pastos y temperatura ambiental confortable (Arroyo, 2011).

En bovinos y porcinos, el proceso de domesticación condujo a la pérdida casi total de esta forma de reproducción; sin embargo, se mantiene en la mayoría de las razas ovinas, caprinas y equinas originarias de latitudes  $>35^{\circ}$  (Arroyo, 2011).

Los ovinos, sobre todo los explotados de manera extensiva, se caracterizan por tener una producción estacional. Entre los principales factores medioambientales, como son la temperatura o la disponibilidad de alimentos, el fotoperiodo o variación diaria del número de horas de luz es el factor más repetible a lo largo de los años. Este hecho, junto a que los animales que se localizan en latitudes bajas, o cerca del Ecuador, muestran actividad reproductiva casi durante todo el año mientras que los animales que se encuentran en latitudes mayores a  $35-40^{\circ}$  se caracterizan por importantes variaciones de su actividad reproductiva a lo largo del año, han puesto de manifiesto la importancia del papel del fotoperiodo en el control de la actividad reproductiva (Celi, 2013). La figura 4 muestra la actividad reproductiva a lo largo del año en ovejas domésticas, así como del ovino muflón, entre otros.

Arroyo et al. 2006 menciona que la oveja posee un sistema neurofisiológico capaz de transformar la señal luminosa en una señal hormonal a través de la síntesis de melatonina y de esta manera detecta las variaciones anuales en la duración del fotoperiodo (la figura 3 muestra la influencia de la melatonina en el ciclo estral ovino).

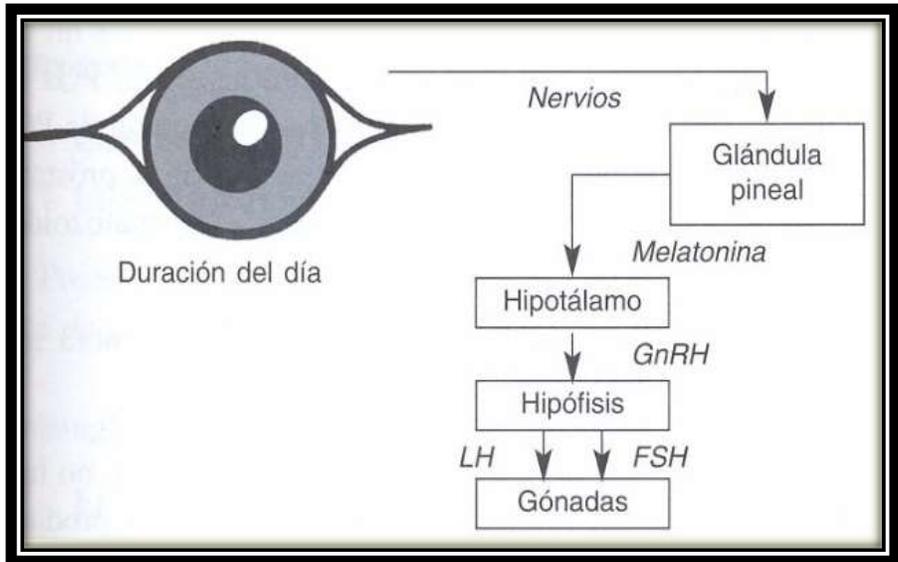


Figura 3. Influencia de la melatonina en ovinos. (Adaptado de Aarle et al., 1999).

El origen de la raza determina el comportamiento reproductivo estacional; por lo tanto, las razas originarias de latitudes altas ( $>35^\circ$ ) presentan una marcada estacionalidad reproductiva, y los ovinos de origen mediterráneo o ecuatorial, expresan estacionalidad reproductiva reducida (Arroyo et al., 2006).

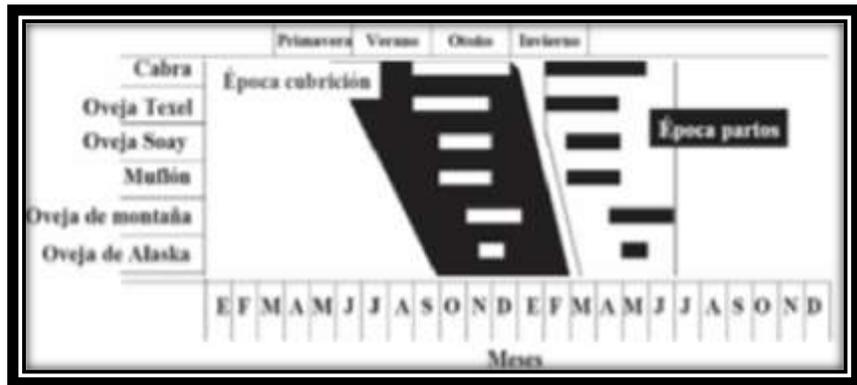


Figura 4. Evolución de la actividad reproductiva a lo largo del año de diferentes especies estacionales (Celi, 2013).

En un estudio comparativo de duración del anestro estacional en el hemisferio norte se puede apreciar (figura 5), como las ovejas de raza Islándica, o el grupo racial "Black

face” en Escocia, (latitudes 64 y 54, respectivamente) presentan una época de reproducción que abarca solo de noviembre a marzo, mientras que en las condiciones más meridionales en latitudes de 11 y 13, las ovejas de raza Yankasa de Nigeria y las Peulh de Niger, no parecen presentar variaciones de la actividad ovárica a lo largo del año. En el caso de España con latitudes entre 38 y 42 las ovejas tienen actividad cíclica desde junio-julio hasta mediados de febrero (López *et al.*, 1993) .

País	Raza	Latitud Aprox.	Horas Luz / Día												
			D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	
Islandia	Islándica	64							=	=	=	=	=	=	=
Escocia	Black Face	57			=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Inglaterra	Welsh Mountain	53						=	=	=	=	=	=	=	=
Francia	Ile de France	48			=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
España	Raza Aragonesa	41			=	=	=	=	=	=					
	Manchega	40			=	=	=	=	=	=					
	Merina	38			=	=	=	=	=	=					
Túnez	Barbarine	33			=	=	=	=							
Marruecos	D'Man	33			=	=	=								
Argelia	Tadmit	33			=	=	=	=							
Niger	Peulh	13	0												

Figura 5. Duración del período de anestro estacional para diferentes razas ovinas y latitudes del hemisferio norte. Adaptado de López , 1989, citado por de Lucas y Arbiza, (2004).

Los pequeños rumiantes presentan un periodo de reposo sexual estacional de duración e intensidad variable entre razas, que en ambos sexos tienen una actividad sexual mínima en primavera-verano y máxima en otoño-invierno (Chemineau *et al.*, 2004).

Los ovinos presentan anualmente dos etapas fisiológicas bien definidas. Una fase de anestro estacional (días largos), con ausencia de ciclos estrales regulares, receptividad sexual y ovulación; en el macho, disminuye la espermatogénesis y la libido. La otra etapa fisiológica, conocida como época reproductiva (días cortos), se caracteriza por la ocurrencia del ciclo estral, conducta sexual y ovulación en la hembra; en el macho, se incrementa la espermatogénesis y el deseo sexual (Arroyo, 2011).

Se sabe que la duración de la estación de apareamiento es diferente en cada raza. Algunas presentan una actividad reproductiva estacional que dura unos meses, otras,

se aparean casi todo el año, debido a estos comportamientos, por el largo de la estación de apareamiento, las razas han sido clasificadas como largas, cortas o intermedia. Esta clasificación agrupa a diversas razas, las originarias de latitudes más cercanas a los polos, tienden a presentar un periodo de actividad reproductiva más definida conocida como estación de cría o apareamiento (American Sheep Industry Association, 2003).

En 1952 se establecía que el principal factor que determinaba el inicio o final de la estación de apareamiento era la variación siempre regular en el fotoperiodo a lo largo del año, también se estableció que de acuerdo a origen de los animales, era el largo de la estación de apareamiento, de tal forma que los de latitudes más tropicales presentaban una actividad más larga o continua durante el año. Más tarde otro investigador como Hulet *et al.* (1974) aportaron otros conocimientos de importancia alrededor de la estacionalidad. En ovejas de raza Rambouillet trasladadas de una latitud más cercana al ecuador y viceversa, encontraron que las ubicadas en latitudes más bajas, aunque se presentaba una disminución de la actividad reproductiva no era tan pronunciada como en las de latitud alta. Por su parte Williams (1977) encontró que algunas ovejas no pueden adaptarse fácilmente a nuevos ambientes lumínicos, por lo que las dividió en dos grupos: las fotodependientes, a todas aquellas razas que para manifestar una actividad regular requieren de cambios importantes en el fotoperiodo y las fotosensibles, que logran adaptarse a cambios lumínicos menos severo (Lucas y Arbiza, 2004).

Urrutia en 1991 (citado por Porras *et al.*, 2003) menciona que el inicio de la estación reproductiva de ovejas Rambouillet en Hidalgo, México, presenta una marcada tendencia a la estacionalidad reproductiva, a pesar de que México está ubicado en una latitud donde la fluctuación anual en la duración del día es reducida.

El poder controlar la estacionalidad y lograr que los ovinos presenten una actividad sexual durante el anestro ha sido la principal meta en las investigaciones realizadas en pequeños rumiantes (Porras, 2003).

## 2.4 Calidad seminal

La fertilidad de la hembra depende en gran parte de la cantidad y calidad de semen con el cual es eyaculado. La oveja requiere de 120 a  $1,000 \times 10^6$  espermatozoides normales para que exista una buena oportunidad de fertilización. Un carnero eyacula normalmente de 3 a  $5 \times 10^9$  espermatozoides/ml, cuando no se aparea frecuentemente (de Lucas y Arbiza, 2004). En la tabla 1 se presentan los valores de las diferentes características del semen de carnero.

**Tabla 1.** Características del semen de carnero. Adaptado de Hulet y Shelton, 1980, citado por de Lucas y Arbiza (2004).

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
<b>Volumen</b>	0.3 a 2.0 cc
<b>Concentración espermática</b>	1 a 5 mil millones
<b>Motilidad</b>	60%-90%
<b>Espermatozoides anormales</b>	10%-30%
<b>Volumen de inseminación</b>	0.1 a 0.25
<b>Espermatozoides por inseminación</b>	120 a 150 millones

### 2.4.1 Características del semen de carnero.

El semen está formado por dos constituyentes, el plasma seminal (74%) y espermatozoides (26%), que se encuentra conformada químicamente de 86% agua y 14% materia seca (Duran, 2001).

#### a) Plasma seminal.

Se trata de una mezcla de líquidos secretados por las glándulas vesiculares, epidídimo, conducto deferente y las glándulas sexuales accesorias. El plasma tiene tres funciones principales:

- Actúa como vehículo para los espermatozoides, transportándolos por el aparato reproductor del macho durante la eyaculación.
- Sirve de activador de los espermatozoides no móviles, antes de la eyaculación.

- Proporciona un medio rico en nutrientes, que colabora en mantener la supervivencia de los espermatozoides después de la eyaculación.

El principal componente del plasma seminal es agua (86%), aunque también contiene sustancias orgánicas e inorgánicas que sirven de nutrientes para los espermatozoides, además de proporcionarles protección (Hafez y Hafez, 2002; Duran, 2001). Las principales sustancias orgánicas presentes en el plasma seminal son fructosa, sorbitol, inositol, ácido cítrico, glicerilfosforilcolina, fosfolípidos, prostaglandinas y proteínas (Evans y Maxwell, 1990).

#### b) Espermatozoide

Son los gametos masculinos que se producen en los túbulos seminíferos de los testículos. Los espermatozoides están formados por dos zonas con funciones distintas: cabeza y cola (Hafez y Hafez, 2000). La cabeza es plana y ovoide que es ocupada en su totalidad por el núcleo, formado por los cromosomas responsables de transportar la información genética del padre. En la parte anterior de la cabeza se encuentra envuelta por el acrosoma que es el portador de las enzimas necesarias para el proceso de fertilización (Evans y Maxwell, 1990).

Para el estudio de las características del semen, pueden dividirse en dos grupos; las macroscópicas que pueden ser evaluadas a simple vista enseguida de la eyaculación en el mismo tubo colector y las microscópicas que requieren de un equipo mínimo de laboratorio.

#### 2.4.2 Características macroscópicas

##### ➤ Volumen

Este suele poseer un rango muy variable que puede oscilar entre 0.3 a 2.0 ml. Se mide directamente en el tubo donde se hace la colección, que por esta razón siempre debe de estar graduado. Las variaciones pueden deberse al individuo, edad, estación del año, número de servicios, cansancio y la presencia de enfermedades (de Lucas y Arbiza, 2004).

➤ Color

El color normal de un eyaculado debe ser blanco cremoso. Las variaciones pueden indicar una serie de anomalías, por ejemplo un color acuoso lechoso está asociado generalmente a baja concentración de espermatozoides. La tabla 2, muestra la concentración espermática en el carnero, determinado por la consistencia.

➤ Olor.

El semen en buenas condiciones normales debe ser inodoro. El olor a orina nos indica que el semen está contaminado. Cuando el olor es muy desagradable, se sospecha de alguna enfermedad a nivel testicular o en otra parte del aparato reproductor (Duran, 2001).

**Tabla 2.** Concentración espermática en el carnero, determinada por la consistencia. Tomado de Salamon, 1976, citado por de Lucas y Arbiza (2004). Nota el semen lechoso, turbio y acuoso tiene una densidad debajo de la normal y no debe ser usado.

Escore	Consistencia o apariencia	# x de espermatozoides por ml (miles de millones)	Rango (miles de millones por ml)
5	Cre moso espeso	5	4.5-5.5
4	Cre moso	4	3.5-4.5
3	Cre moso claro	3	2.5-3.5
2	Le choso	2	1.0-2.5
1	Turbio	0.7	0.3-1.0
0	Acuoso	Insignificante	Insignificante

➤ pH

Otra evaluación de rutina es la medición del pH del semen, en general los valores alcalinos están asociados con baja calidad. El pH tiende a incrementarse por las siguientes causas: cuando existe alta mortalidad de espermatozoides, cuando se efectúan eyaculados sucesivos o bien cuando se extrae el semen con electroeyaculador (de Lucas y Arbiza, 2004).

### 2.4.3 Características microscópicas

La observación del semen al microscopio ayuda a completar la evaluación que se inició de forma macroscópica. Las principales características que se deben considerar son: motilidad en masa e individual, concentración espermática, porcentaje de vivos y muertos, y porcentaje de espermatozoides anormales (de Lucas y Arbiza, 2004).

#### ➤ Motilidad

Esta se puede medir de varias formas, entre las que destacan: primero, la observación directa atribuyendo un score o porcentaje de movimiento a la muestra (figura 6); el segundo utilizando microfotografías y el tercero, empleando métodos electrónicos, a través de equipos especialmente diseñados (espectrofotometría).

El primer método consiste en colocar una gota de semen en un portaobjetos previamente calentado a 37° en una platina o estufa y observar en un microscopio con platina que se encuentra a la misma temperatura, se observa con el objetivo de 10x a esta evaluación se le conoce como “masal”.

Una variación de este método es diluir el semen en un preparado de Citrato de Sodio al 2.9% (9.9 ml de solución de citrato y 0.1ml de semen) y se observa en el aumento de 40x. El paso a través del campo visual hacia adelante y sin movimientos de rotación de los espermatozoides, es lo que se denomina motilidad progresiva. Los otros tipos de movimiento que pueden ser detectados son: el circular, generalmente se asocia a shock por el frío; el vibratorio, el movimiento es de lado a lado sin desplazarse o moverse de su lugar, se observa en muestras viejas; en reversa, el movimiento es hacia atrás y el flagelar, en el cual la cola en ocasiones se mueve rápidamente pero el espermatozoide no se desplaza (de Lucas y Arbiza, 2004). La tabla 3 muestra los criterios de la clasificación de la motilidad espermática.

El mantenimiento de la temperatura a 37° al momento de la observación es fundamental para la evaluación, ya que los cambios pueden dar lecturas erróneas y alteraciones en el comportamiento del esperma. Se ha demostrado que a 32° solo el 75% de los espermatozoides tienen movilidad y a 20° menos del 35% (de Lucas y Arbiza, 2004).

➤ Espermatozoides vivos y muertos

Los espermatozoides vivos resisten a los colorantes supravitales, mientras que los muertos los absorben. Actualmente se utilizan muchos colorantes como la eosina, mezclado con algún colorante de contraste como la nigrosina. Para determinar el porcentaje de espermatozoides vivos y muertos, se depositan 10 microlitros de semen fresco diluido en un porta objetos a 37° y se agregan 10 microlitros de tintura de eosina-nigrosina, homogeneizando la muestra rápidamente. En seguida se toca la gota con otro portaobjeto, deslizándolo sobre la superficie del primero para realizar un frotis delgado y se observa al microscopio a 10x, y se determina en un dentro de un campo visual el porcentaje de espermatozoides vivos (Cortez, *et al.*, 2011).

**Tabla 3.** Criterios de la clasificación de la motilidad espermática. Adaptado de Salisbury y Vandermark, 1978 y Campbell y Lasley, 1985, citado por de Lucas y Arbiza, (2004).

%	Score	Características
0	0	No hay motilidad
30	1	Pobre motilidad: menos del 30% resultando una motilidad pesada y lenta
30-50	2	Poca motilidad: el movimiento es lento y oscilatorio no se observan ni ondas ni remolinos
50-70	3	Buena motilidad: vigoroso, pero las ondas y remolinos formados se mueven lentamente a través del campo del microscopio
70-80	4	Muy buena: los espermatozoides están con movimientos rápidos y vigorosos formando ondas y remolinos
80	5	Excelente: se presentan movimientos vigorosos, los giros y remolinos son rápidos y cambiantes

➤ Concentración espermática

A pesar de que la concentración varía con el grado de estimulación del animal, puede ser un buen indicador de la fertilidad potencial de un semental, para realizar esta prueba existen dos métodos:

a) Conteo espermático por medio de la cámara de Neubauer.

En el centro de esta cámara se encuentra grabado un cuadro de un milímetro de largo, dividido a su vez por microscópicas rayas en otros 400 cuadros. El semen (10 µl) diluido al 1:200 en líquido de Hayem (1990 µl), diluyente que tiene la propiedad de

matar a los espermatozoides sin aglutinarlos, es absorbido en una pipeta especial y se deposita en el espacio entre la cámara y el cubreobjetos ubicado sobre el cuadro de la recuento por que los espermatozoides se precipitan en el hematocitómetro en lugar de flotar. Una vez asentada la muestra, se cuentan 5 cuadros de la cámara, de preferencia se recomienda los cuatro de las esquinas y el del centro, utilizando el microscopio con objetivo de 40x, se cuentan los espermatozoides que están dentro de la primera y la segunda línea lateral izquierda y superior de cada cuadrante excluyendo todos aquellos espermatozoides dentro de la primera y la segunda línea lateral derecha e inferior de Lucas y Arbiza, (2004).

#### b) Método del colorímetro (espectrofotometría)

El método consiste en comparar la opacidad de un semen diluido 1:50 o 1:100 con la de una solución blanca, luego se coloca el contenedor con la solución en un espectrofotómetro, en donde se lanzará un haz de luz, para que la fotocelda que está del otro lado permita una lectura de la intensidad de luz que ha sido interceptada por la solución, lo que se traduce en un valor de intensidad de luz. El valor obtenido en el espectrofotómetro se sustituye en una ecuación de regresión previamente calculada y con esto se estima la concentración espermática del eyaculado (Cortez *et al.*, 2011).

#### ➤ Morfología espermática

La morfología espermática es importante para determinar la calidad seminal. La investigación ha permitido agrupar a las anomalías en dos categorías de acuerdo a su origen: las anomalías primarias se generan en el testículo dentro de la fase de espermatocitogénesis y están asociados a la estructura genética del individuo, por lo que sus porcentajes no deben exceder el 10% y se presenta de manera constante en la vida de un individuo; abarca las anomalías de la cabeza como macrocéfalos, microcéfalos, dos cabezas, cabezas piriformes y otras como doble pieza media, doble cola y enroscamiento de cola. Las anomalías de tipo secundario, se desarrollan durante la fase de espermiogénesis y ocurren principalmente en el epidídimo por diversas causas ambientales incluyendo subnutrición, estacionalidad reproductiva y diversas enfermedades, el total de estas anomalías sumadas a las primarias no

debe exceder de un 25% incluyendo: colas dobladas como ganchos, cabezas y colas sueltas que en la epididimitis suelen aparecer en exceso, presencia distal de gota citoplasmática entre otras (Cortez *et al.*, 2011).

## 2.5 Circunferencia escrotal

El papel del macho reproductor tiene mayor relevancia ya que, según Lourdes y Vilanova (2005), éste es responsable de la mitad del potencial genético de las crías y por consiguiente, sus características productivas y reproductivas influyen en gran medida en el comportamiento de las futuras generaciones.

Pérez (1992), sugiere que el tamaño de los testículos ha demostrado ser un buen indicador de la capacidad espermatogénica de un semental, concordante con lo reportado por Rojas (2004) para otras especies domésticas. En estudios realizados por Ceiro *et al.* (2006) se encontró que el diámetro testicular presenta una correlación en mayor o menor con la fertilidad; igualmente mejor calidad espermática en cuanto a motilidad individual y masal (Adolfo, 2006); por lo que el mejoramiento de las condiciones para los productores en cuanto a la eficiencia reproductiva de los ovinos y su rentabilidad, crea necesidades que involucran la identificación de machos reproductores que presenten mayores índices de preñez, fertilidad y libido, que produzca a su vez el incremento de la productividad del rebaño; en dónde se sabe que éste depende directamente de la calidad espermática.

También se ha encontrado que los machos con testículos más grandes tienen hijas que alcanzan la pubertad a una edad más temprana y con la capacidad de ovular durante cada período de estro (Braun *et al.*, 1980). También se sabe que una disminución en la circunferencia escrotal da como resultado un aumento en las anomalías espermáticas citado por Söderquist y Hultén (2006).

Estudios como los realizados por Benítez (2011), encontraron que la circunferencia escrotal y el volumen de eyaculado exhiben una correlación positiva significativa, particularmente entre las variables volumen de eyaculado y concentración espermática, citado por Palacios y González (2012). Estos autores concluyen que se encontró una correlación significativa entre diámetro testicular y concentración espermática (0.81)

demostrando la importancia del diámetro testicular como un indicador de calidad seminal y un parámetro importante en la evaluación andrológica y selección de los reproductores en ovinos criollos, se confirma que existe una correlación entre el diámetro testicular y la calidad seminal, atribuibles a que entre menos diámetro tenga, menor producción espermatogénica y baja calidad seminal se observara.

### **3. Justificación**

Actualmente existen algunos estudios enfocados principalmente a la importancia de la circunferencia escrotal relacionada con la fertilidad del carnero, además que existe una correlación entre el diámetro testicular y la calidad seminal, pero únicamente sobre estas dos variables sin considerar de forma integral el factor raza y estación del año. Por lo anterior surge la necesidad de realizar este estudio que involucre éstas variables y así mismo, que proporcione conocimiento sobre estos factores para determinar el empleo de sementales de determinadas razas con importancia económica en México de acuerdo a la época del año, definiendo los periodos más propicios para la realización del empadre en las diversas explotaciones existentes en la región central del país, así también para la aplicación en los procesos en la biotecnología reproductiva asistida en los ovinos aplicados en la preservación y criopreservación del semen.

#### **4. Hipótesis**

La calidad seminal de los carneros se encuentra influenciada por los efectos de la raza, época del año y circunferencia escrotal.

## 5. Objetivos

### 5.1 Objetivo general

Analizar los efectos de la raza, época del año y circunferencia escrotal en la calidad seminal en carneros.

### 5.2 Objetivos específicos

- Analizar el efecto de la raza sobre calidad seminal (volumen de eyaculado, motilidad masal, motilidad individual, porcentaje de vivos y muertos, y concentración espermática).
- Analizar el efecto de la época del año sobre la calidad seminal (volumen de eyaculado, motilidad masal, motilidad individual, porcentaje de vivos y muertos, y concentración espermática).
- Analizar el efecto de circunferencia escrotal sobre la calidad seminal (volumen de eyaculado, motilidad masal, motilidad individual, porcentaje de vivos y muertos, y concentración espermática).

## 6. Material

### 6.1 Material biológico.

Para el presente estudio, se utilizaron 10 sementales ovinos de una edad promedio de 3.5 años: Dorper (n=2), Dorset (n=3), Hampshire (n=3) y Suffolk (n=2). Los carneros se encuentran albergados en el Centro de Mejoramiento Genético Ovino (CeMeGO), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UAEM.

### 6.2 Material de laboratorio

Equipo:

- Baño María.
- Espectrofotómetro Mod. Spectronic 20 Genesys.
- Estufa bacteriológica.
- Microscopio con objetivos 10x y 40x.
- Computadora (uso de la hoja de cálculo Excel).

Material:

- Cubreobjetos.
- Pipetas Pasteur.
- Pipetas volumétricas.
- Portaobjetos.
- Termómetro.
- Tubos colectores.
- Tubos de ensayo.
- Vagina artificial.
- Tubo Corning.
- Tinción eosina-nigrosina.
- Cinta métrica.

## 7. Método

El estudio se realizó en el Laboratorio de Procesamiento de Semen del Centro de Mejoramiento Genético Ovino de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México dentro del periodo de julio 2016 a junio 2017.

Los carneros están alojados en corrales individuales y fueron alimentados dos veces al día, con una dieta integral que contiene 14% proteína y 2.9 Mcal EM/Kg MS. La administración de agua es a libre acceso mediante bebedero automático.

Las extracciones de semen (por el método de vagina artificial) se realizaron semanalmente durante los 12 meses. La información se registró en una base de datos en una hoja de Excel, las variables registradas fueron: volumen de eyaculado, motilidad masal, motilidad individual, porcentaje de vivos y concentración espermática. Asimismo, semanalmente fue medida la circunferencia escrotal a través de una cinta métrica para cada uno de los carneros empleados en este estudio.

Previo a la extracción y evaluación de semen, todo el equipo del laboratorio se mantuvo limpio y desinfectado a una temperatura de aproximadamente 37° C. Las vaginas artificiales son colocadas en la estufa bacteriológica, en donde además se colocó la totalidad de material de cristalería: cubreobjetos, portaobjetos, pipetas Pasteur, tubos graduados y vaginas artificiales manteniéndose a una temperatura entre 52-54°C.

Para mantener la temperatura de las muestras seminales, se utilizó el baño maría a una temperatura entre 32 a 34° C, temperatura recomendada para evitar cambios en la actividad celular.

La vagina artificial permite imitar las condiciones naturales de la vagina de la oveja, ya que proporciona el estímulo térmico (temperatura) y mecánico (presión). Consiste en un tubo rígido de 20 cm. de longitud y de 5.5 cm. de diámetro, provista de una camisa de látex de 3 a 5 cm. más larga que el tubo con la finalidad que se pueda plegar fácilmente en los extremos y sujetarse con bandas de goma para formar un hueco hermético entre el tubo y la camisa de látex (Evans y Maxwell, 1990; Daza, 1997).

El tubo rígido tiene una válvula lateral por donde se coloca agua a temperatura de 50 a 55°C, para otorgar la temperatura adecuada al momento de la extracción; posteriormente se insufla con aire proporcionando la presión adecuada. En un extremo se coloca el cono recolector y el tubo Corning que mide el volumen de eyaculado. Una vez terminado el proceso del armado de la vagina artificial se coloca lubricante (gel no espermicida) en el extremo libre para facilitar la penetración sin irritar el pene del carnero (Daza, 1997; Duran, 2001). La vagina artificial se envolvió con un material aislante (manga de cuero) para conservar su temperatura.

Previo a la extracción del semen se realizó la limpieza del semental, la cual consistió en el lavado y secado del prepucio, para evitar cualquier contaminación de la muestra seminal; la hembra “maniquí” se amarra a un brete. El operario en posición de cuclillas se coloca al lado derecho de la hembra. Al momento de la monta se desvía el pene introduciéndolo en la vagina artificial. Una vez que el carnero ha eyaculado, se agita repetidamente en forma vertical la vagina artificial para lograr bajar la mayor cantidad de semen hacia el tubo colector graduado (Daza, 1997; Hafez, 2002). Después se procedió a la evaluación de cada uno de los parámetros relacionados con la calidad seminal:

➤ Volumen de eyaculado

El volumen del eyaculado del carnero se midió directamente después de la colecta en un tubo corning graduado.

➤ Motilidad masal.

Luego de homogeneizar el eyaculado por agitación del tubo de recolección, se retiró una gota de semen con micropipeta y se colocó sobre un portaobjeto templado a temperatura para su observación microscópica con aumento de 10x. Se obtiene la medición de la calidad seminal por la velocidad con que se hacen y deshacen las ondas (motilidad masal). La motilidad masal se estima por el vigor del movimiento de las ondas en una escala subjetiva entre los valores de 0 como mínimo y 5 como máximo, de acuerdo a Evans y Maxwell (1990).

➤ Motilidad individual.

Consiste en estimar el porcentaje de espermatozoides con movimiento en una muestra de semen diluido. Debe evaluarse colocando sobre el portaobjetos una gota de semen diluido con suero fisiológico o citrato de sodio, se coloca un cubreobjetos y se observa al microscopio con aumento 10x (Evans y Maxwell, 1990).

➤ Porcentaje de vivos y muertos

Para determinar el porcentaje de espermatozoides vivos y muertos, se depositan 10 microlitros de semen fresco diluido en un porta objetos a 37° y se agregan 10 microlitros de tincura de eosina-nigrosina, homogeneizando la muestra rápidamente. En seguida se toca la gota con otro portaobjeto, deslizándolo sobre la superficie del primero para realizar un frotis delgado y se observa al microscopio a 40x, y se determina en un dentro de un campo visual el porcentaje de espermatozoides vivos, los espermatozoides no teñidos son los que se cuentan como vivos, esto se debe a que no presentan ninguna alteración en su membrana celular, lo que impidió el ingreso de la tinción a la parte intracelular (Cortez, *et al.*, 2011).

### Concentración espermática

Al igual que Nunes (2003), la medición de la concentración espermática realizada por espectrofotometría, utilizando las siguientes soluciones y material:

a) Solución salina con formol al 0.1%:

- 9g NaCl;
- 999 ml agua destilada;
- 1 ml de formol al 10%.

b) Tubos de ensayo para espectrofotómetro.

c) Micropipetas.

d) Puntillas

La proporción de la dilución de la muestra de semen fue de 50  $\mu$ L semen puro más 4950  $\mu$ L solución salina de formol al 0.1%, para aforarlo en 5 ml. Previo calentamiento de 30 minutos del espectrofotómetro, con el blanco que consiste en un tubo testigo de solución salina con formol al 0.1%, se realizó su configuración y calibración a 600 nm.

Posteriormente se colocó el tubo 4.950 ml de solución salina con formol al 0.1% y 0.05 ml de semen puro, se homogenizó. Se retiró el blanco para dar lugar a la muestra para su lectura.

La concentración se obtiene mediante la correlación del volumen del eyaculado y el porcentaje de transmitancia, de la muestra evaluada, que es comparada con los resultados obtenidos mediante el conteo manual con la cámara de Neubauer (Hafez, 2002). Los datos registrados fueron capturados en una base de datos estructurada en Excel.

### 7.1 Método estadístico

Se realizó y presentó la estadística descriptiva de las variables estudiadas de acuerdo a la raza, época del año y circunferencia escrotal. Para el análisis estadístico se realizaron dos pruebas:

- Análisis de varianza, permitiendo la obtención de las medias mínimo cuadráticas.
- Cuando existieron diferencias significativas entre medias en el análisis de varianza, fue aplicada la prueba Tukey (  $P < 0.05$ ) (Wayne, 2005) para las variables estudiadas de acuerdo a la raza, época del año y circunferencia escrotal.

Los análisis fueron ejecutados con el software estadístico JMP® base 8.0 from SAS Institute Inc.

## **8. Límite de espacio**

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro de Mejoramiento Genético Ovino (CeMeGO), ubicado en la carretera Panamericana Toluca-Atlacomulco Km. 12.5, en San Cayetano de Morelos en el municipio de Toluca, Estado de México, C.P. 50090.

El centro se encuentra ubicado entre las coordenadas 19° 24' Latitud Norte y 90° 40' Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altitud de 2638 m sobre el nivel del mar, predominando el clima templado húmedo. Presenta una temperatura con un rango en el mes más frío de -3 y de 18° C en el mes más cálido, con una media anual entre 12 y 18° C. Las lluvias se distribuyen en primavera y verano con una precipitación pluvial anual entre los 800 y 1000 mm (García, 2004).

## 9. Límite de tiempo

La recolección y evaluación de datos se efectuó durante las 52 semanas del año. El cronograma de actividades fue el siguiente:

Año	2016						2017												2018		
	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Actividades / Tiempo																					
Evaluación de la calidad seminal																					
Medición de circunferencia escrotal																					
Elaboración de protocolo																					
Revisión de protocolo																					
Análisis de resultados																					
Redacción de tesis final																					
Revisión de tesis																					

## 10. Resultados

En la tabla 4, se muestran, los promedios, tamaño de muestra (n) y valores mínimos y máximos de las variables estudiadas: calidad seminal y circunferencia escrotal en los carneros de raza Dorper, Dorset, Hampshire y Suffolk (n=10) alojados en el Centro de Mejoramiento Genético Ovino (CeMeGO), durante el periodo de julio 2016 a julio 2017.

**Tabla 4.** Estadística descriptiva de calidad seminal y perímetro testicular en carneros.

Variable	N	Media $\pm$ DE	Valor Min-Max
Volumen de eyaculado	560	1.00 $\pm$ 0.33	0.2 – 2.5
Motilidad masal	566	3.78 $\pm$ 0.74	1 – 5
Motilidad individual (%)	541	85.62 $\pm$ 10.37	20 – 100
% espermatozoides vivos	508	83.94 $\pm$ 10.73	20 – 100
Concentración espermática ( $\times 10^6$ )	511	2,742.51 $\pm$ 936.23	222 – 4,690
Circunferencia escrotal (cm)	342	38.78 $\pm$ 3.33	31 - 48

*n = número de muestras analizadas*

### 10.1 Efecto de la raza del semental.

Como puede observarse en la tabla 5, los resultados del presente estudio indicaron que el efecto de la raza del semental presentó diferencias estadísticamente significativas para las variables de volumen de eyaculado, motilidad masal, motilidad individual y porcentaje de espermatozoides vivos ( $P < 0.05$ ), pero no así para la concentración espermática ( $P > 0.05$ ). La raza Dorset y Suffolk mostraron mayor volumen con respecto a la Dorper y ésta última a su vez con respecto a la Hampshire ( $P < 0.05$ ).

Para la variable motilidad masal las razas Dorper, Dorset, y Hampshire no tuvieron diferencias entre ellas ( $P > 0.05$ ). La raza Suffolk tuvo menor motilidad en masa con respecto a la raza Dorper y Dorset ( $P < 0.05$ ), pero fue similar a la raza Hampshire ( $P > 0.05$ ).

**Tabla 5.** Efecto de la raza del semental sobre la calidad seminal en carneros.

Raza	n	Volumen eyaculado (ml)	Motilidad masal*	Motilidad individual (%)	Espermatozoides vivos (%)	Concentración espermática (10x <sup>6</sup> )
Dorper	134	0.97 ± 0.03 <sup>b</sup>	3.90 ± 0.07 <sup>a</sup>	88.03 ± 0.90 <sup>a</sup>	86.92 ± 0.97 <sup>a</sup>	2,829.1 ± 83.90
Dorset	156	1.12 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.79 ± 0.06 <sup>a</sup>	83.03 ± 0.85 <sup>b</sup>	81.73 ± 0.87 <sup>c</sup>	2,624.3 ± 80.09
Hampshire	147	0.80 ± 0.02 <sup>c</sup>	3.84 ± 0.07 <sup>ab</sup>	86.78 ± 0.87 <sup>a</sup>	85.29 ± 0.91 <sup>ab</sup>	2,845.8 ± 81.34
Suffolk	129	1.10 ± 0.03 <sup>a</sup>	3.57 ± 0.08 <sup>b</sup>	84.78 ± 0.93 <sup>ab</sup>	82.23 ± 0.98 <sup>bc</sup>	2,600.1 ± 86.43
<b>Valor de P</b>	566	0.001	0.001	0.001	0.001	0.06

*Literales distintas en la misma columna indican diferencias significativas (a, b, c) (P<0.05).  
n = número de muestras analizadas*

Para la variable motilidad individual las razas Dorper, Hampshire y Suffolk no tuvieron diferencias significativas entre ellas (P>0.05). La Dorset tuvo menor motilidad individual con respecto a la Dorper y Hampshire (P<0.05), pero similar a la Suffolk (P>0.05).

Para la característica del porcentaje de espermatozoides vivos indicaron que la raza Dorper y la Hampshire no tuvieron diferencias significativas (P>0.05), siendo estas últimas superiores a la Dorset (P<0.05); mientras que la raza Dorset fue similar a la raza Hampshire (P>0.05), como puede observarse en la tabla 5.

## 10.2 Efecto de la estación del año.

Con respecto al efecto de la estación del año, los resultados que se muestran en la tabla 6 indicaron que existieron diferencias estadísticamente significativas para volumen de eyaculado, motilidad masal, y porcentaje de espermatozoides vivos (P<0.05), en tanto que para la motilidad individual y concentración espermática no presentó diferencias estadísticas (P>0.05).

En cuanto a volumen de eyaculado, los resultados indicaron que la época del año en la que se observó un mayor volumen de eyaculado fue en otoño con respecto a las estaciones de primavera, verano e invierno (P<0.05).

En la tabla 6, se muestra que en primavera los carneros presentaron mayor motilidad masal que en verano, otoño e invierno ( $P < 0.05$ ). Asimismo, en otoño se encontró que la motilidad masal fue mayor a su vez en verano ( $P < 0.05$ ).

**Tabla 6.** Efecto de la estación del año sobre la calidad seminal en carneros.

Época del año	n	Volumen eyaculado (ml)	Motilidad masal*	Motilidad individual (%)	Espermatozoides vivos (%)	Concentración espermática ( $10 \times 10^6$ )
Primavera	133	$0.95 \pm 0.03^b$	$4.07 \pm 0.06^a$	$86.73 \pm 0.90$	$81.69 \pm 0.93^b$	$2,679.7 \pm 82.14$
Verano	186	$0.94 \pm 0.02^b$	$3.50 \pm 0.06^c$	$84.91 \pm 0.78$	$83.11 \pm 0.85^b$	$2,846.4 \pm 74.10$
Otoño	152	$1.10 \pm 0.02^a$	$3.85 \pm 0.06^b$	$86.58 \pm 0.85$	$86.77 \pm 0.89^a$	$2,788.1 \pm 81.44$
Invierno	95	$0.98 \pm 0.03^b$	$3.70 \pm 0.06^{bc}$	$84.39 \pm 1.06$	$84.61 \pm 1.09^{ab}$	$2,585.1 \pm 96.82$
<b>Valor de P</b>	566	0.001	0.001	0.18	0.001	0.14

*a, b, c: Literales distintas en la misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ )  
n = número de muestras analizadas*

### 10.3 Efecto de la circunferencia escrotal.

El efecto de la circunferencia escrotal sobre las variables estudiadas indicaron que solo para la característica del volumen de eyaculado existieron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ), mientras que para las variables de motilidad masal e individual, el porcentaje de espermatozoides vivos y concentración espermática no tuvieron efecto significativo ( $P > 0.05$ ).

La tabla 7 muestra que cuando la circunferencia escrotal en los carneros es  $\leq$  a 37.1 cm se encontró un mayor volumen de eyaculado ( $P < 0.05$ ); en tanto que cuando el rango de la circunferencia escrotal en los carneros se encontraba menor a 37 – 35.1 cm el volumen de eyaculado fue menor.

**Tabla 7.** Efecto de la circunferencia escrotal sobre la calidad seminal en carneros.

Circunferencia escrotal (cm)	n	Volumen eyaculado (ml)	Motilidad masal*	Motilidad individual (%)	Espermatozoides vivos (%)	Concentración espermática (10x <sup>6</sup> )
31.0 - 33.0	11	0.91 ± 0.04 <sup>c</sup>	3.64 ± 0.23	88.63 ± 3.08	84.55 ± 3.27	2,442.9 ± 144.23
33.1 - 35.0	35	0.92 ± 0.08 <sup>c</sup>	4.01 ± 0.13	87.35 ± 1.75	86.62 ± 1.86	2,622.1 ± 199.27
35.1 - 37.0	43	0.99 ± 0.03 <sup>b</sup>	3.74 ± 0.12	84.19 ± 1.56	81.62 ± 1.65	2,702.6.4 ± 95.90
37.1 - 39.0	65	1.06 ± 0.06 <sup>a</sup>	3.66 ± 0.09	85.46 ± 1.29	83.16 ± 1.36	2,849.4 ± 160.31
39.1 - 41.0	99	1.08 ± 0.05 <sup>a</sup>	3.88 ± 0.08	85.70 ± 1.03	84.01 ± 1.10	2,899.7 ± 153.20
41.1 - 43.0	50	1.08 ± 0.04 <sup>a</sup>	3.70 ± 0.11	86.19 ± 1.49	85.61 ± 1.60	2,923.9 ± 117.76
43.1 - 45.0	24	1.09 ± 0.07 <sup>a</sup>	3.77 ± 0.15	886.25 ± 2.08	85.63 ± 2.21	2,959.98 ± 137.81
≥ 45.1	15	1.22 ± 0.10 <sup>a</sup>	3.93 ± 0.20	887.47 ± 2.64	83.02 ± 2.80	3,209.5 ± 281.82
<b>Valor de P</b>	342	<b>0.02</b>	<b>0.32</b>	<b>0.47</b>	<b>0.87</b>	<b>0.08</b>

*a, b, c: Literales distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05)*

*n = número de muestras analizadas*

## 11. Discusión

### 11.1 Efecto de la raza del semental.

Las razas con mayor aptitud carnífera o lechera tienden a producir semen de mayor concentración espermática que las razas de aptitud lanera. También se reporta una mayor prepotencia o conducta sexual en los machos carníferos o lecheros. (Simonetti et al., 2014). Comparado con este estudio, las razas son de aptitud carnífera encontrándose que no existieron diferencias estadísticas significativas para la variable de concentración espermática.

En un estudio realizado por Aké et al. (2017), el volumen de semen fue similar ( $P > 0.05$ ) para las tres razas (Dorset, Katahdin y Suffolk) con un promedio de  $1.17 \pm 0.42$  ml. Las mejores características seminales fueron para la raza Katahdin con una motilidad masal de 3.95 (puntos), una motilidad individual de 85.83%, una concentración espermática de  $3,345.2 \times 10^6$  ml, y con solo 5.28% de anomalías espermáticas, siendo diferentes estadísticamente ( $P < 0.05$ ), a los valores observados en la raza Dorset que presentaron los valores mínimos de las características seminales. Los sementales Suffolk presentaron valores intermedios entre las otras dos razas. Quizá las diferencias presentadas con este estudio tengan que ver con la adaptación de la raza Katahdin a las condiciones climáticas más propicias con respecto a las razas Suffolk y Dorset. Como se ha observado en este estudio, la raza Dorset y Suffolk no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), resultado que difiere con Aké et al. (2017).

Mientras que en un estudio realizado por Lozano et al. (2016), se evidenció un efecto significativo de la raza para las variables de volumen y concentración, donde la raza Hampshire presenta el valor más alto de concentración. Los parámetros de motilidad masal, motilidad progresiva, espermatozoides vivos y normales no fueron afectados, no se presentaron diferencias entre tipos raciales. Lo anterior contrasta con el presente estudio, ya que la raza que presentó mayor volumen fue la Dorset y Suffolk, además de que para este estudio existieron diferencias estadísticas significativas para motilidad masal e individual, porcentaje de espermatozoides vivos además de volumen de

eyaculado, lo que nos hace suponer que existe un efecto racial en cuanto a la calidad seminal.

### **11.2 Efecto de la estación del año.**

En un estudio en 2013, se indicó que el volumen de eyaculado fue menor ( $P < 0.05$ ) durante la primavera en carneros de la raza Chios y Frisones, en comparación con verano, otoño e invierno (Oláh et al., 2013). En este estudio, la época de otoño fue el que registró mayor volumen de eyaculado ( $P < 0.05$ ), coincidiendo o mostrando resultados similares a este estudio.

También se han encontrado estudios en donde en las latitudes templadas ( $40^{\circ}$ -  $50^{\circ}$ ), la producción de espermatozoides de carneros es un proceso continuo, pero el número total de espermatozoides producidos por los testículos suele ser mayor en otoño que en la época de primavera (Avdi et al., 2004), esto coincide con lo encontrado en este estudio, resultando la época más favorable en cuanto a volumen de eyaculado es la estación de otoño.

Lozano et al. (2016) mencionan que el efecto del periodo de colecta fue significativo para todos los parámetros de calidad seminal, salvo la motilidad masal. En contraste con este estudio las variables de motilidad individual y concentración espermática no fueron significativas, mientras que la motilidad masal si lo mostró.

Asimismo, en otros estudios se ha encontrado que el porcentaje de espermatozoides móviles fue menor durante el verano en comparación con el otoño, invierno y primavera en carneros de la raza Chios ( $P < 0.05$ ), mientras que en carneros Frisones se observó un aumento gradual con los valores más altos durante el otoño (Karagiannidis et al., 2000). Estos resultados difieren con lo encontrado en la presente investigación, en donde la motilidad masal fue superior en primavera, lo que quizá puede asociarse a que los animales alojados en el CeMeGO son animales que son estimulados constantemente obteniendo semen a través de la vagina artificial al menos una vez a la semana durante todo el año.

También se observó que otoño muestra el mayor porcentaje de espermatozoides vivos con respecto a primavera y verano ( $P < 0.05$ ), y que a su vez estas estaciones no fueron

diferentes a la época de invierno ( $P>0.05$ ). Estos resultados coinciden con lo encontrado en el presente estudio, en donde las características del semen fueron generalmente mejores durante el verano (comenzando su mejora) y otoño (alcanzando el pico de mejoría) que durante el invierno (del inicio de la declive) y primavera (registrando la calidad más baja) (Karagiannidis et al., 2000).

### 11.3 Efecto de la circunferencia escrotal.

Palacios y González (2012) encontraron una correlación significativa entre diámetro testicular y concentración espermática (0.81) demostrando la importancia del diámetro testicular como un indicador de calidad seminal, en que concluyen su importancia del diámetro testicular como un indicador de calidad seminal. Estos resultados difieren con los encontrados en la presente investigación, ya que la circunferencia escrotal no presentó efectos significativos en la concentración espermática ( $P>0.05$ ). Asimismo estos autores encontraron casi una correlación nula (0.09) entre diámetro testicular y motilidad masal, resultado que coincide con lo encontrado en este estudio.

Respecto a los resultados en motilidad y el volumen de eyaculado, con respecto a la circunferencia escrotal hacen suponer su influencia con la calidad espermática, confirmando que existe una correlación entre el circunferencia escrotal y la calidad seminal, atribuibles a que entre menor sea el diámetro testicular, menor es la producción espermatozoides, por ende se observará una baja calidad seminal (Palacios y González, 2012). En contraste con el presente trabajo, el efecto de la circunferencia escrotal únicamente se observó en el volumen de eyaculado y podemos asociarlo con la concentración espermática, estas diferencias pueden asociarse a que el estudio de Palacios y Gonzales (2012) se llevó a cabo en Boyacá, Colombia país que se encuentra cercano a Ecuador, lo que nos hace suponer que son ovinos que tienen una estacionalidad reducida.

Pérez-Llano (1992), sugiere que la circunferencia escrotal ha demostrado ser un buen indicador de la capacidad de producción de espermatozoides de un semental. En estudios realizados por Ceiro et al. (2006), encontraron que la circunferencia escrotal presenta una correlación en mayor o menor cuantía con la fertilidad; igualmente mejor

calidad espermática en cuanto a motilidad individual y masal (Adolfo, 2006), esto contrasta con la presente investigación en donde la circunferencia escrotal no mostro una relación con motilidad masal e individual; sin embargo se ha reportado (Benítez, 2011) que la circunferencia escrotal y el volumen de eyaculado exhiben una correlación positiva significativa, aunque en nuestro estudio no se encontró este resultado quizá como se ha citado, por el estímulo constante que son sometidos los sementales durante todo el año.

## 12. Conclusiones

El efecto de la raza del semental sobre la calidad seminal en carneros tuvo efectos significativos para volumen de eyaculado, motilidad masal e individual y porcentaje de espermatozoides, encontrando diversas diferencias entre las razas estudiadas.

La estación del año tuvo efectos significativos siendo la estación de otoño con mejores condiciones presentadas para las características de la calidad seminal y en verano se observó la menor calidad seminal en los sementales.

Con respecto al efecto de la circunferencia escrotal no se encontraron diferencias significativas para las características de la calidad seminal ( $P>0.05$ ) a excepción del volumen de eyaculado, mostrando que cuando los sementales presentaron una circunferencia escrotal  $\geq 37.1$  cm presentaron un mayor volumen de eyaculado.

### 13. Literatura citada

Adolfo C. (2006): Variación anual de la circunferencia escrotal en caprinos criollos serranos, Archivos de zootecnia, 55 (209): 113-116

Aké RJ, Balderas J, Domínguez YM y Aké JR. (2017): Características seminales de ejemplares de tres razas ovinas en el altiplano Mexicano. Bioagrociencias, 10 (1): 1-5.

Alonso J. (1981): Manejo de la reproducción en el ovino. Departamento de Producción animal: Rumiantes, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM., 3: 434-436.

American Sheep Industry Association, (2003): Sheep Production Handbook and Selection Chapter. 7 a ed.

Arroyo J. (2011): Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. Tropical and Subtropical Agroecosystems., 14:829.

Arroyo J, Gallegos J, Villa A, y Valencia J. (2006): Sistemas neurales de retroalimentación durante el ciclo reproductivo anual de la oveja: una revisión. Interciencia, 31(1):8-10.

Avdi M, Banosb G, Stefosc K y Chemineaud P. (2004): Seasonal variation in testicular volume and sexual behavior of Chios and Serres rams. Theriogenology, 62: 275–282.

Benítez D. (2011): Circunferencia escrotal y parámetros de calidad seminal en caprinos de las razas Bóer, Anglo nubian y Criollos de la provincia de Formosa. Universidad Nacional de Nordeste. Facultad de Ciencias veterinarias. Tesis, Argentina

Ceiro F, Batista R, Gimón M, Brea O. y Neira S. 2006. Evaluación de las características seminales del semental cabrío y su respuesta ante la crioconservación. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET,7 (07), Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612753009>.. Accesado en: 12/18/2017.

Wayne D. (2005): Bioestadística. 4ª ed., Limusa, México.

Celi I. (2013): Estrategias para el control de la estacionalidad reproductiva en los pequeños rumiantes: fotoperiodo, melatonina y efecto macho. Spermova, 3(2):162-163.

Chemineau P, Daveau A, Cognié Y, Aumont G, y Chesneau D. (2004): Seasonal ovulatory activity exists in tropical Creole female goats and Black Belly ewes subjected to a temperate photoperiod. *BMC Physiology*, 4(12):2.

Cortez C, Herrera C, Gallegos J, y Salazar J. (2011): Manual sobre fisiología de la reproducción, Inseminación artificial y ultrasonografía en ovinos. 1ª ed., Fundación Grupo Produce, A.C. del Distrito Federal, México.

Cunningham J. y Klein B. (2009): Fisiología Veterinaria. 4ª ed., Elsevier, Barcelona.

de Lucas J, y Arbiza, S. (2004): Sistemas de apareamiento e inseminación artificial en ovinos. 1ª ed., Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Daza, A., y Andrada, M. P. (1997): Reproducción y Sistemas de Explotación del Ganado Ovino. Mundi Prensa. México.

Duane M, Paisley L, y Dahmen J. (1981): The effect of season on the scrotal circumference and sperm motility and morphology in rams. *Theriogenology*, 16(1):46-50.

Duran C. (2001). Manual Práctico de Reproducción e Inseminación Artificial en Ovinos: 1ª ed., hemisferio sur, Uruguay.

Evans G, Maxwell M, y Salamon S. (1990): Inseminación artificial de ovejas y cabras. 1ª ed., Acribia, España.

Garcia E. (2004): Modificación del sistema de clasificación climática de Koopen para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana. 5ª ed., Instituto de geografía Universidad Autónoma del Estado de México, México.

Karagiannidis A, Varsakeli S, Alexopoulos C, y Amarantidis I. (2000): Seasonal variation in semen characteristics of Chios and Friesian rams in Greece. *Small Ruminant Research*, 37: 125-130.

Hafez E, y Hafez B. (2002): Reproducción e inseminación artificial en animales. 7ª ed., McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V., México.

López A, Santiago J, de Bulnes A, y García M.(1993): Aspectos característicos de la fisiología reproductiva de la oveja. Revista Científica FCV-LUZ, 3(2):123-124.

Lourdes T, y Vilanova F. (2005): La evaluación andrológica: justificación y métodos. Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado". Decanato de ciencias veterinarias, Barquisimeto, Estado Lara.

Lozano M, Carvajal S, Manrique P, y Grajales L. (2016): Parametros de calidad seminal y su relación con las variables mediambientales en ovinos bajo condiciones de trópico alto colombiano. Actas Iberoamericanas en Conservación Animal, 8: 55-62.

Nunes. J. F. (2003): Curso Biotecnología del Semen Ovino. México, Puebla de los Angeles.

Oláh J, Kusza S, Harangi S, Posta J, Kovács A, Pécsi A, Budai C y Jávora A. (2013): Seasonal changes in scrotal circumference, the quantity and quality of ram semen in Hungary. Archiv Tierzucht, 56 (10): 102-108.

Palacios N, y González D. (2012): Correlación entre diametro testicular y calidad espermatologica en ovinos criollos del municipio de Soraca, Boyacá. Conexión Agropecuaria jdc, 2(2):47-50.

Pérez LI. (1992): Estudio de los parámetros de valoración del rendimiento reproductivo en macho cabrío de razas Verata y Malagueña, Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. 209 pp.

Pérez B. (1992): Estudio de los parámetros de valoración del rendimiento reproductivo en macho cabrío de razas Verata y Malagueña. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid. 209 pp.

Porras A, Zarco L, y Valencia J. (2003): Estacionalidad reproductiva en ovejas. Ciencia Veterinaria.,6-14.

Rojas O. (2004): Ganancia diaria promedio, volumen testicular y circunferencia escrotal. Yucatán. 8pp.

Simonetti L, Lynch G, y McCormick M. (2004): Aspectos reproductivos de los carneros. Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ, 1(1): 15-20.

Sisson S, y Grossman J. (2001): Anatomía de los animales domésticos. 5ª ed., Masson, S.A., Barcelona. pp

Söderquist L, y Hultén F. (2006): Normal values for the scrotal circumference in rams of gotlandic. *Reprod Dom Anim*, 41(0936-6768):61-62.