



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

## **El fotoperiodo y su relación con la reproducción del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus miquihuanensis*) en el Altiplano Potosino**

Pablo Arenas Baéz

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2011

La presente tesis titulada: **El fotoperiodo y su relación con la reproducción del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus miquihuanensis*) en el Altiplano Potosino** realizada por el alumno: **Pablo Arenas Baéz** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

Dr. Luis Antonio Tarango Arámbula

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Fernando Clemente Sánchez

ASESOR

Dr. Jaime Gallegos Sánchez

ASESOR

Dr. Octavio C. Rosas Rosas

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Septiembre de 2011

EL FOTOPERIODO Y SU RELACIÓN CON LA REPRODUCCIÓN DEL  
VENADO COLA BLANCA (*Odocoileus virginianus miquihuanensis*) EN EL  
ALTIPLANO POTOSINO

Pablo Arenas Baéz, MC.

Colegio de Postgraduados, 2011

En México el venado cola blanca es la especie más importante en la actividad cinegética por su derrama económica, lo que ha motivado a manipular la reproducción de esta especie para garantizar su conservación y aprovechamiento sustentable en el territorio nacional. Por tal motivo se llevó a cabo la presente investigación con el objetivo de definir la época reproductiva del venado cola blanca (*O. v. miquihuanensis*) en el Altiplano Potosino, la calidad de semen, la relación del fotoperiodo en la producción y la calidad de semen, y generar un índice de calidad de semen de venado. Se utilizaron 3 venados machos adultos con edades de 3½, 4½ y 6½. La obtención del semen se realizó mensualmente por electro-eyaculación, y fue evaluado en base a motilidad masal (MM), motilidad individual (MI), concentración espermática (CON), porcentaje de espermatozoides vivos (EV) y porcentaje de espermatozoides normales (EN). Los resultados mostraron diferencias ( $P < 0.0001$ ) entre meses del año en las variables MM, MI, CON, EV y EN; mientras que para la edad de los venados, solo hubo diferencias significativas en la variable EN ( $P = 0.0064$ ). El índice de calidad desarrollado fue:  $IC = \frac{1}{5}(a/98 + b/98 + c/9315 + d/98 + e/99)100$ . La época reproductiva del venado cola blanca en el Altiplano Potosino comprende los meses de octubre, noviembre, diciembre, y enero, con índices de calidad de semen de 83.96%, 87.93%, 82.61%, y 80.08%, respectivamente. En general, la calidad de semen durante la época reproductiva definida resultó muy buena de acuerdo a los rangos establecidos. La época reproductiva inició justo cuando las horas luz comenzaron a disminuir por debajo de las 12 h día<sup>-1</sup> y terminó justo cuando las horas luz comenzaron a incrementarse por encima de las 11 h día<sup>-1</sup>. A través del año los venados tuvieron cambios morfológicos en peso, perímetro del cuello, perímetro testicular y perímetro del tórax; manifestando el máximo crecimiento durante los mismos meses en los que se alcanza la mejor calidad

de semen. En conclusión, el venado cola blanca en el Altiplano Potosino presenta una época reproductiva bien definida en relación al fotoperiodo.

**Palabras clave:** Calidad de semen, fotoperiodo, reproducción, venado cola blanca

PHOTOPERIOD AND ITS RELATIONSHIP WITH THE REPRODUCTION OF  
WHITE-TAILED DEER (*Odocoileus virginianus miquihuanensis*) IN THE SAN  
LUIS POTOSI PLATEAU

Pablo Arenas Baéz, MC.

Colegio de Postgraduados, 2011

In Mexico, the white-tailed deer is the most important game species for its economic assessment, which has led to manipulate the reproduction of this species to ensure their conservation and sustainable use. For this reason, a research was conducted with the aim of defining the breeding season of white-tailed deer (*O. v. miquihuanensis*) in the San Luis Potosi Plateau, and to study deer semen quality, relationship of photoperiod with semen quality, and to construct a semen quality index. Three adult males deer were used, 3 ½, 4 ½ and 6 ½ years old. The collection of semen was performed monthly by electro-ejaculation, and evaluated based on mass motility (MM), individual motility (MI), sperm concentration (CON), percentage of live sperm (EV) and percentage of normal sperm (EN ). The results showed differences ( $P < 0.0001$ ) between months for the variables MM, MI, EV and IN, whereas the deer age showed significant differences only for the variable EN ( $P = .0064$ ). The quality index developed for qualifying semen was:

$$IC = \frac{1}{5}(a/98 + b/98 + c/9315 + d/98 + e/99)100.$$

The breeding season of white-tailed deer in the Plateau of San Luis Potosi includes the months October, November, December and January, with semen quality indices of 83.96%, 87.93%, 82.61% and 80.08%, respectively. In general, the quality of semen during the breeding season defined was very good according to the established criteria. The breeding season started just as the daylight hours began to decrease below 12 h day<sup>-1</sup> and ended just as the daylight hours began to increase over the 11 h day<sup>-1</sup>. Deer morphology changes were obtained for body weight, neck perimeter, testicle perimeter, and thoracic perimeter; showing a maximum growth during the same period in what studied deer raised a better semen quality. In conclusion, white-tailed deer in the Highlands of San Luis Potosi had a well defined breeding season in relation to photoperiod.

**Key words:** Semen quality, photoperiod, reproduction, White-tailed deer.

## **Agradecimientos**

Al Colegio de Postgraduados a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) quien me otorgo el financiamiento para llevar a cabo mi Maestría.

A la Línea Prioritaria de Investigación No. 11 “Sistemas de Producción Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola y Pesquera” del Colegio de Postgraduados quien me apoyo financieramente para la realización de esta tesis.

A los Doctores Luis A. Tarango, Jaime Gallegos y Octavio Rosas, por sus aportaciones, enseñanzas y su amistad.

Al Doctor Fernando Clemente por su apoyo, esfuerzo, dedicación y tiempo brindado, pero principalmente por su amistad y enorme paciencia que tuvo conmigo.

Al Lic. Miguel Espinoza, por su amistad, apoyo y facilidades proporcionadas durante mi estadía en el Campus SLP.

A Lidia López por su amistad y ayuda siempre desinteresada.

A TODOS, MUCHAS GRACIAS ;

DEDICATORIA

PARA AARON,  
TODO ESTE ESFUERZO ES POR TI

A MI FAMILIA,  
POR EL APOYO INCONDICIONAL QUE SIEMPRE HAN TENIDO

## CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1    Objetivo General.....	2
1.2    Objetivos Particulares .....	2
1.3    Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1    Generalidades de la especie <i>Odocoileus virginianus</i> .....	4
2.2    Descripción de la especie .....	5
2.3    Distribución de la especie .....	6
2.4    Características etológicas .....	7
2.5    Características generales del venado cola blanca <i>O. v. miquihuanensis</i> .....	8
2.6    Fisiología de la reproducción .....	9
2.6.1    Fisiología reproductiva de la hembra.....	10
2.6.2    Fisiología reproductiva del macho.....	12
2.7    Fotoperiodo .....	15
2.8    Colecta y evaluación del semen.....	16
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1    Localización del área de estudio .....	20
4.2    Adquisición de venados y su manejo .....	20
4.3    Colecta de semen.....	21
4.4    Evaluación del semen .....	23
4.5    Muestreo de morfología .....	25
4.6    Modelo de calidad de semen .....	25
4.7    Análisis estadístico .....	25
V. RESULTADOS .....	27
5.1    Valoración de semen.....	27
5.2    Índice de calidad de semen.....	29
5.3    Cambios del fenotipo a través del año .....	31
VI. DISCUSIÓN.....	33
VII. CONCLUSIONES .....	37
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	39

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PAG.
Cuadro 1	Clasificación taxonómica del venado <i>O. v. miquihuanensis</i>	9
Cuadro 2	Ingredientes del alimento comercial	21
Cuadro 3	Efecto de la edad y mes del año sobre las variables del semen evaluadas.	28
Cuadro 4	Medias (Duncan, $\alpha=0.05$ ) de las variables del semen evaluadas.	28
Cuadro 5	Índice de calidad de semen de la subespecie <i>O. v. miquihuanensis</i> .	29
Cuadro 6	Índice de calidad de semen en rangos (IC).	30
Cuadro 7	Efecto de la edad y mes sobre el índice de calidad de semen (IC).	30
Cuadro 8	Medias (Duncan, $\alpha=0.05$ ) sobre la variable IC (%) que mostró efecto entre los meses del año.	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>PAG.</b>
Figura 1	Distribución de las subespecies de venado cola blanca ( <i>O. virginianus</i> ) en México.	7
Figura 2	Interrelaciones entre las hormonas producidas por las células de Sertoli, Leydig, el hipotálamo y la hipófisis anterior.	13
Figura 3	Representación de la espermatogénesis en los mamíferos	15
Figura 4	Mandíbula inferior de venado de 4½ años de edad que muestra el desgaste molar.	21
Figura 5	Índice de similitud entre meses del año considerando los cambios morfológicos del venado ( <i>O. v. miquihuanensis</i> ).	31
Figura 6	Comportamiento mensual de las variables fenotípicas y el índice de calidad de semen del venado cola blanca.	32
Figura 7	Comportamiento del fotoperiodo y el índice calidad del semen de venado cola blanca <i>O. v. miquihuanensis</i> .	32

## I. INTRODUCCIÓN

En México, el concepto de manejo de los recursos naturales ha resultado en un cambio en el manejo de los sistemas ganaderos tradicionales. En la década de 1950 este cambio fue rentable en términos económicos, sin embargo, durante la década de 1990, la ganadería en muchos casos dejó de ser competitiva y rentable, como resultado de las tendencias mundiales de globalización y por la exigencia cada vez mayor de la sociedad de sólo permitir la operación de sistemas de producción basados en la conservación de ecosistemas (Villarreal, 1986).

En el noreste de México, el aprovechamiento sustentable de la fauna silvestre y en particular el aprovechamiento del venado cola blanca para la caza deportiva ha permitido el desarrollo de nuevas empresas donde la prestación de servicios cinegéticos durante los últimos 25 años ha demostrado que, además de contribuir en la economía rural de la región, es también un pilar para el rescate y recuperación de la biodiversidad de la región (Villarreal, 1986).

La importancia económica que tiene el venado cola blanca en México es considerable. Por ejemplo, para la temporada de caza de 1988-1989 el total de animales cobrados fue de 2,331 generando un ingreso aproximado a los \$100,000.00 dólares, tan solo por el pago de los derechos de caza para la subespecie de venado texano (*Odocoileus virginianus texanus*) en el noroeste de México. El mismo aprovechamiento generó además un ingreso por organización cinegética cercano a \$1'994,400.00 dólares (CONABIO, 1995); en las últimas temporadas (2008-2010) se han extraído en promedio 7,000 ejemplares de venado, ingresando alrededor de \$24'500,000.00 de dólares tan solo por la organización cinegética y para la zona del país en referencia.

La rentabilidad adquirida por el turismo cinegético ha motivado a los dueños de las tierras a implementar técnicas que mejoren la calidad de los servicios mediante el mejoramiento y conservación de la fauna silvestre. Tal es el caso del mejoramiento genético del venado cola blanca, a través de la introducción de sementales sobresalientes y la aplicación de técnicas de reproducción asistida

como la inseminación artificial, conservación de semen fresco y su criopreservación.

En virtud de que el macho proporciona la mitad del patrimonio genético de su descendencia (Daza, 1997), es fundamental verificar la calidad de su semen y de esta manera, garantizar el éxito reproductivo y la transferencia de sus características genéticas a las siguientes generaciones. Por ello, para recomendar programas de reproducción asistida, es importante conocer la mejor época del año para producir semen de calidad y desarrollar tecnología dirigida a su criopreservación.

### 1.1 Objetivo General

Definir la época reproductiva del venado cola blanca (*O. v. miquihuanensis*) en el Altiplano Potosino, la calidad de su semen a través del año y la relación del fotoperiodo en la producción y calidad del semen, con el propósito de generar un índice de calidad de semen que pueda ser empleado en la valoración de sementales.

### 1.2 Objetivos Particulares

1. Determinar los valores de las variables motilidad masal, motilidad individual, concentración de espermas, porcentaje de espermatozoides vivos y el porcentaje de espermatozoides normales, en el semen de venado a través del año.
2. Determinar el efecto de la edad y mes del año sobre las variables de respuesta evaluadas en el semen.
3. Definir un índice de calidad de semen, de acuerdo a un modelo lineal que considere las variables de respuesta estudiadas.
4. Correlacionar las variables fenotípicas del venado, con la época reproductiva y el índice de calidad de semen.

### 1.3 Hipótesis

1. **H<sub>0</sub>**: La calidad de semen es igual en las diferentes edades del venado.  
**H<sub>a</sub>**: Por lo menos existe una diferencia entre edades con respecto a la calidad de semen.
2. **H<sub>0</sub>**: La calidad del semen de venado es igual a través del año.  
**H<sub>a</sub>**: Por lo menos existe una diferencia entre meses con respecto a la calidad de semen.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades de la especie *Odocoileus virginianus*

La familia Cervidae, a la que pertenece el venado cola blanca, se originó en Asia, desplazándose a través del tiempo en Europa y gradualmente hasta el Continente Americano. Los venados del género *Odocoileus* son los colonizadores más antiguos de América (Medina, 1990) posteriormente los cérvidos como el wapití (*Cervus elaphus*; Linneaus, 1758), el alce (*Ales alces*; Linneaus, 1758) y el caribú (*Rengifer tarandus*; Rafinesque, 1832).

De acuerdo a Geist (1994) hace aproximadamente 11,000 años se sucedió una extinción masiva de los grandes mamíferos de esa época, en la cual el ciervo de montaña (*Moschus sp*; Linneaus, 1758) y el ciervo de pantano (*Hydropotes inermes*; Swinhoe, 1870) desaparecieron, mientras que los venados cola blanca y los cola negra (*Odocoileus hemionus columbianus*; Richardson, 1829) lograron sobrevivir, de igual manera que sus parientes distantes el berrendo (*Antilocapra americana*; Ord, 1815) y el pecarí (*Pecari tajacu*; Linneaus, 1758). Se puede atribuir la sobrevivencia del venado cola blanca a su condición de especie generalista, es decir, distribuida ampliamente en una extensa gama de ecosistemas y adaptada a consumo de una gran variedad de especies vegetales. Así, cuando el clima y la vegetación cambiaron, los ciervos de la época simplemente cambiaron su dieta adaptándose a los nuevos ecosistemas (Geist, 1994; Medina, 1990).

Debido a la vocación natural de sus tierras, el noreste de México (Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas), ha sido una región eminentemente ganadera. De hecho, durante siglos, los ecosistemas de matorral de esta región han sido utilizados para la crianza y producción ganadera, donde destaca la producción extensiva de bovinos de carne, lo que ha generado un impacto ecológico significativo, afectando el desarrollo económico de esta región. Esta situación fue el motivo fundamental que impulsó la creación de la ganadería diversificada en todo el país, donde el aprovechamiento del venado es de suma importancia para los propietarios de ranchos en el noroeste de México.

## 2.2 Descripción de la especie

El venado cola blanca es probablemente la especie más antigua en el continente americano la cual está muy relacionada con otras especies de cérvidos norteamericanos como el alce (*Alces alces*), el wapití (*Cervus canadensis*) y el caribú (*Rangifer tarandus*), (Halls, 1984; Villarreal, 1999; Demarais, *et al.*, 2000). Actualmente, en México se distribuyen cuatro especies nativas de cérvidos, el Venado bura (*O. hemionus*), el venado Tamazate rojo (*Mazama temama*), el venado Tamazate negro (*M. gouazoubira*) y el venado cola blanca (Halls, 1984; Villa y Cervantes, 2003)

El venado cola blanca es de talla mediana, cuya altura a los hombros varía entre 0.65 y 1.10 m dependiendo de la subespecie. Las más grandes son las del norte del país, disminuyendo el tamaño hacia latitudes más al sur (Roa, 1986). Los machos son más grandes que las hembras. En los machos la longitud total varía de 1.3 a 1.8 m, con un peso corporal de 36 a 70 kg y de 22 a 45 kg en las hembras, el cual varía en machos y hembras con la estación y la disponibilidad de alimento (Smith, 1991).

Los machos están provistos de un par de astas que se le caen cada año, las cuales se forman por una rama principal generalmente de 30 cm de longitud, que se curva hacia delante y de la cual salen 2 a 5 puntas (o más) sin ramificar. En la etapa de crecimiento de las astas, éstas son bien irrigadas y cubiertas por una piel delgada con abundantes pelillos, lo que da una apariencia de terciopelo. En esta época, las astas son muy sensibles, por lo que el venado evita cualquier golpe. Poco antes de la brama, el terciopelo cae y las astas sirven como ornamento sexual y como estructuras de defensa, hasta su caída que se presenta hacia el mes de marzo, debido a una baja en la concentración de testosterona (Leopold, 1965), seguida de la renovación de éstas que se presenta en el mes de mayo (dependiendo de la latitud) y continúa hasta su maduración hacia el mes de septiembre, manifestándose como un índice de la capacidad de reproducción.

El macho es sexualmente maduro al año, pero generalmente en poblaciones estables ni los machos ni las hembras aparean antes de los dos años de edad. La hembra es estacionalmente poliéstrica con una duración de su ciclo de 21 días aproximadamente y un estro de 18-24 horas (Drew y Amass, 2004). La gestación dura entre 195 y 212 días. Las hembras generalmente paren 1 cría en su primera camada, 2 de manera subsecuente, en ocasiones 3 y muy rara vez 4. Generalmente los venados cola blanca viven 10 años en vida libre, pero se estima que en cautiverio pueden vivir hasta 20 años (Álvarez, 2005).

Los venados cola blanca pueden correr hasta  $64 \text{ km h}^{-1}$  y son muy buenos nadadores. Se distribuyen en una gran variedad de ecosistemas, pero prefieren áreas boscosas para refugiarse, aunque no muy densamente arboladas. Los ecosistemas en donde al venado cola blanca se le encuentra son los bosques templados y tropicales, pastizales templados, chaparrales, desiertos, bosque tropical caducifolio y matorral. Su alimentación consiste de pastos, hongos, nueces, líquenes y ramonean las ramas tiernas de arbustos. Esta especie de venado generalmente no forma grupos grandes y la unidad social básica se compone por una hembra adulta, su hija (o) y las dos crías de la temporada reciente. La reproducción ocurre en períodos específicos que suelen ser de 3 meses a partir de la disminución de horas luz, sin embargo, puede ocurrir a lo largo de todo el año en latitudes cercanas al Ecuador (Álvarez, 2005).

### 2.3 Distribución de la especie

El venado cola blanca se distribuye desde el sur de Canadá hasta el norte de Chile y Bolivia, área en donde se han registrado 38 subespecies. De estas 38 especies, en México se distribuyen 14 especies (*Odocoileus virginianus acapulcensis*, *O. v. carminis*, *O. v. couesi*, *O. v. mexicanus*, *O. v. miquihuanensis*, *O. v. nelsoni*, *O. v. oaxacensis*, *O. v. sinaloae*, *O. v. texanus*, *O. v. thomasi*, *O. v. toltecus*, *O. v. truei*, *O. v. vereacrusis* y *O. v. yucatanensis*) con variaciones en talla corporal, forma de astas, largo de puntas, y color del pelaje (William, 1986).

Medina (1990) señaló que a través de los siglos muchas de las poblaciones de venado cola blanca se adaptaron a los ambientes que actualmente ocupan, otras

fueron aisladas por cataclismos o por barreras geográficas. Esto ocasionó que muchas quedaran aisladas genéticamente y se modificaran evolutivamente en las diversas y actuales subespecies, las cuales se distinguen, por rasgos drásticos en su talla, peso corporal, conformación de astas y coloración. Smith (1991) indica que las subespecies con tamaños corporales más grandes ocurren a mayores latitudes o en zonas elevadas, mientras que las subespecies de menor tamaño ocurren en latitudes cercanas al ecuador o en zonas de menor altitud (Figura 1).



Figura 1. Distribución de las subespecies de venado cola blanca (*O. virginianus*) en México. (Modificada de Halls, 1984)

#### 2.4 Características etológicas

El venado cola blanca presenta un patrón de actividad marcado durante las primeras horas del día y durante el crepúsculo, sin embargo gran parte de su actividad está determinada por el sexo, edad, época reproductiva, presencia de depredadores, disponibilidad de recursos y actividades humanas (Galindo-Leal y Weber, 1998).

Su área de actividad es muy variable; sin embargo, se ha podido identificar que en Arizona, el promedio del tamaño de las áreas que ocupan las hebras *O. v. couesi* es de 5.18 km<sup>2</sup> (518 ha), y de 10.57 km<sup>2</sup> (1,057 ha) para los machos, mientras que su zona núcleo es de 1.89 km<sup>2</sup> (189 ha) y 4.47 km<sup>2</sup> (447 ha), respectivamente. El área de actividad puede variar de acuerdo con la subespecie y la disponibilidad y calidad de recursos.

El grupo familiar generalmente se conforma por la hembra y sus crías de la misma camada, mientras que los machos adultos durante la época no reproductiva se segregan en grupos que incluyen también a machos juveniles. Durante la época reproductiva los machos adultos se asocian temporalmente con hembras adultas para el apareamiento (Galindo-Leal y Weber, 1998). Las asociaciones con un número alto de individuos son poco frecuentes.

El venado cola blanca es una especie que presenta "territorialidad", es decir, los machos adultos defienden su territorio de otros machos marcándolo mediante el tallado de sus astas contra árboles y arbustos y a través de marcas olfativas mediante la orina y glándulas interdigitales (Galindo-Leal y Weber, 1998). El comportamiento territorial parece ser exclusivo para la época reproductiva.

## 2.5 Características generales del venado cola blanca *O. v. miquihuanensis*

Es una subespecie de tamaño ligeramente superior al *O. v. couesi*, con la región dorsal de color gris oscura con pelo entrecano. Del pecho hasta la quijada, el color es ligeramente más claro, con la frente de tonalidad más oscura. La parte externa de los cuartos traseros presenta una tonalidad gris oscuro, y blanca por su parte interna, las extremidades anteriores tienen el mismo patrón aunque éstas son más oscuras. La superficie externa de las orejas es de color gris con las puntas más oscuras. La nariz, las áreas orbitales y los lados del hocico son de color negro, y la parte interna de la cola es de color blanco hasta la punta. La clasificación taxonómica de la subespecie *O. v. miquihuanensis* se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del venado *O. v. miquihuanensis*.

Reino	Animalia (Linnaeus, 1758)
Phylum	Chordata (Bateson, 1885)
Subphylum	Vertebrata (Cuvier, 1812)
Clase	Mammalia (Linnaeus, 1758)
Subclase	Theria (Parker and Haswell, 1897)
Infraclasse	Eutheria (Gill, 1872)
Orden	Artiodactyla (Owen, 1841)
Suborden	Ruminantia (Scopoli, 1777)
Familia	Cervidae (Goldfuss, 1820)
Subfamilia	Capreolinae (Brookes, 1828)
Genero	<i>Odocoileus</i> (Rafinesque, 1832)
Especie	<i>Odocoileus virginianus</i> (Zimmermann, 1780)
Subespecie	<i>O. v. miquihuanensis</i> (Goldman & Kellog, 1940)

## 2.6 Fisiología de la reproducción

El venado cola blanca es una especie poliéstrica estacional; sin embargo, debido a su amplia distribución, la estacionalidad de esta especie es sumamente flexible y está relacionada con la latitud.

Los ciclos endócrinos de secreción hormonal en los venados han sido identificados como indicadores directos de la actividad reproductiva. Los cambios morfológicos y de comportamiento en la hembra del venado cola blanca y de otras especies, durante diferentes etapas del ciclo estral, están directamente relacionados a los niveles séricos de gonadotropinas, estrógenos y progesteronas (Harder y Moorehead, 1980; Plotka *et al.*, 1977<sup>a</sup>, 1977<sup>b</sup>, 1980; Knox *et al.*, 1992). Asimismo, se ha demostrado una relación similar entre el macho de varias especies de venado y los ciclos de secreción de gonadotropinas, testosterona y otras hormonas androgénicas y las diferentes etapas de su ciclo reproductivo (Lincoln 1971, Miller *et al.*, 1987<sup>a</sup>, 1987<sup>c</sup>).

Una de las hormonas más importantes en la fisiología reproductiva de las especies estacionales es la melatonina. Esta hormona es secretada por la

glándula pineal en el cerebro y retransmite los mensajes del fotoperiodo, influenciando el tiempo de la reproducción (Arendt, 1986). La hormona es secretada durante la noche y los pulsos de secreción varían en relación con la duración de la noche, constituyendo de esta manera el índice endócrino del fotoperiodo prevalente (Lincoln, 1992). La melatonina constituye la hormona “maestra” que controla la actividad del reloj biológico de la reproducción en el venado cola blanca (Adam, 1992). Se considerara que los cambios morfológicos y de comportamiento que se presentan durante la época reproductiva, son medidas estacionales de la actividad reproductiva en determinada localidad geográfica. Por ejemplo, en el macho se presenta la caída del terciopelo, la acumulación de depósitos grasos corporales, hipertrofia muscular y cambios de comportamiento. En las hembras se presenta la acumulación de depósitos grasos corporales, hipertrofia de la vulva, estro y otros cambios en su comportamiento.

Debido a que el ciclo reproductivo está controlado de manera interna (hormonas) y externa (clima, alimentación, fotoperiodo), es importante mencionar que cambios muy sutiles del ambiente pueden ser suficientes para sincronizar la reproducción de una especie en una estación particular del año, esto siempre y cuando ocurran en forma cíclica (Lincoln, 1992). De esta forma, incluso en poblaciones estables de una misma subespecie, puede haber una variación en cuanto a su época de reproducción dependiendo de la localidad geográfica que habite (Mc Cabe y Leopold, 1951; Knox *et al.*, 1988).

### 2.6.1 Fisiología reproductiva de la hembra

Las hormonas son los mensajeros químicos que permiten al eje hipotálamo-hipófisis-gónadas llevar a cabo su función. Son moléculas de proteínas producidas en diversas glándulas del cuerpo. El incremento y disminución de la secreción de las hormonas determina el comportamiento de la hembra para aceptar al macho justo cuando la ovulación está a punto de ocurrir y garantiza que el útero está listo para recibir y desarrollar un ovulo fertilizado. Cuando la hembra esta gestante, las hormonas retroalimentan positiva o negativamente algunas funciones reproductivas, inhibiendo o estimulando la secreción de otras hormonas. Las venadas no tienen ciclos hormonales continuos y solo son aptas a

la reproducción durante cierta estación del año, a este comportamiento se le conoce como estacionalidad reproductiva (Drew y Amass, 2004).

El hipotálamo es una glándula localizada en la superficie ventral del cerebro y secreta neurotransmisores (también llamados neurohormonas) que ayudan en la regulación de la actividad reproductiva. La hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) es secretada de manera pulsátil en el área preóptica y estimula la secreción de FSH/LH. La secreción de GnRH es modulada por el fotoperiodo a través de la melatonina secretada por la glándula pineal y es la responsable del control del “reloj endógeno” en animales que tienen un patrón reproductivo estacional. Al disminuir las horas-luz del día, la producción de GnRH aumenta y los niveles de ésta en sangre se incrementan (Drew y Amass, 2004).

El incremento en la frecuencia de secreción de GnRH estimulan la glándula pituitaria anterior para producir y liberar dos hormonas: la folículo estimulante (FSH) y la luteinizante (LH). La primera estimula el desarrollo de los folículos en el ovario y la segunda promueve la ovulación de estos folículos e inicia el desarrollo del cuerpo lúteo después de la ovulación. Es necesaria la estimulación de los folículos por la FSH para que la LH pueda ser efectiva y cause la ovulación del folículo (Drew y Amass, 2004).

El ovario produce dos hormonas reproductivas: estrógenos y progesterona. La función primaria de los estrógenos es provocar los signos de estro y permitir la receptividad al macho. Una vez que un folículo libera un óvulo, en el remanente de la pared se desarrolla el cuerpo lúteo que luego secreta progesterona. La función primaria de la progesterona es preparar al útero para la implantación del ovulo fertilizado. Antes de que el cuerpo lúteo pueda producir progesterona debe ser estimulado por los estrógenos. Las altas concentraciones de éstos y la producción de la progesterona durante la gestación inhiben la secreción de FSH y LH (Drew y Amass, 2004).

El útero también produce una hormona reproductiva que es la prostaglandina  $F_2\alpha$  la cual tiene la función de destruir el cuerpo lúteo y detener la producción de progesterona en dado caso de que una hembra no haya quedado preñada, y

permite el inicio de un nuevo ciclo estral. El ciclo estral que termina con la destrucción del cuerpo lúteo dura en las venadas aproximadamente 21 días con un celo o estro cuya duración varía entre 18 y 24 horas. Una vez que el ovulo ha sido fertilizado, éste se implanta en la pared del útero, y el cuerpo lúteo sigue con la producción de progesterona para mantener la gestación y desarrollo del embrión (Drew y Amass, 2004).

### 2.6.2 Fisiología reproductiva del macho

Los testículos tienen dos funciones básicas: 1) producir y secretar la testosterona e inhibina a través de la esteroidogénesis, y 2) producir espermatozoides a través del proceso conocido como espermatogénesis. Para que los espermatozoides se produzcan se deben cumplir antes tres eventos endócrinos: 1) la secreción adecuada de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH); 2) la secreción de la hormona luteinizante (LH) y la folículo estimulante (FSH) por la pituitaria anterior y 3) la secreción de los esteroides gonadales (testosterona y estrógenos). La descarga de GnRH ocurre en frecuencias con picos intermitentes que se presentan a lo largo del día y la noche. Estos picos de GnRH duran pocos minutos y causan inmediatamente después, la descarga o liberación de LH. Los episodios de esta hormona pueden durar de 10 a 20 minutos y ocurren de 4 a más de 8 veces cada 24 horas. Las concentraciones de FSH son mucho más bajas en comparación con la LH debido a la secreción de inhibina en los testículos de los machos adultos y a la mayor vida media de la FSH (Amann y Schanbacher, 1983; Amann y Walker, 1983; Senger, 2003).

La LH actúa sobre las células de Leydig estimulando la secreción de un esteroide, la testosterona. Las células de Leydig sintetizan y secretan testosterona en menos 30 minutos después del episodio de LH. La respuesta de las células de Leydig en la secreción de testosterona es corta y pulsátil con duración de 20 a 60 minutos. Se sabe que la descarga de LH es importante por dos razones, la primera es porque las altas concentraciones de testosterona en los túbulos seminíferos son esenciales para la espermatogénesis; y la segunda porque las células de Leydig se vuelven refractoras para mantener niveles altos de LH. Es un hecho que altas concentraciones de LH da como resultado una reducción en la

secreción de testosterona. Además de la producción de testosterona por las células de Leydig, los testículos también producen estradiol y otros estrógenos (Senger, 2003;).

La FSH actúa sobre las células de Sertoli las cuales dependen de esta hormona para llevar a cabo su función. Estas células convierten a la testosterona en estradiol el cual a una concentración alta en sangre suprime en primera instancia la liberación de GnRH y después afecta la producción de LH y FSH. Las células de Sertoli también producen inhibina que corta la secreción de FSH en la hipófisis anterior. Estos procesos se observan esquemáticamente en la Figura 2 (Senger, 2003, Gallegos-Sanchez *et al*, 2005).

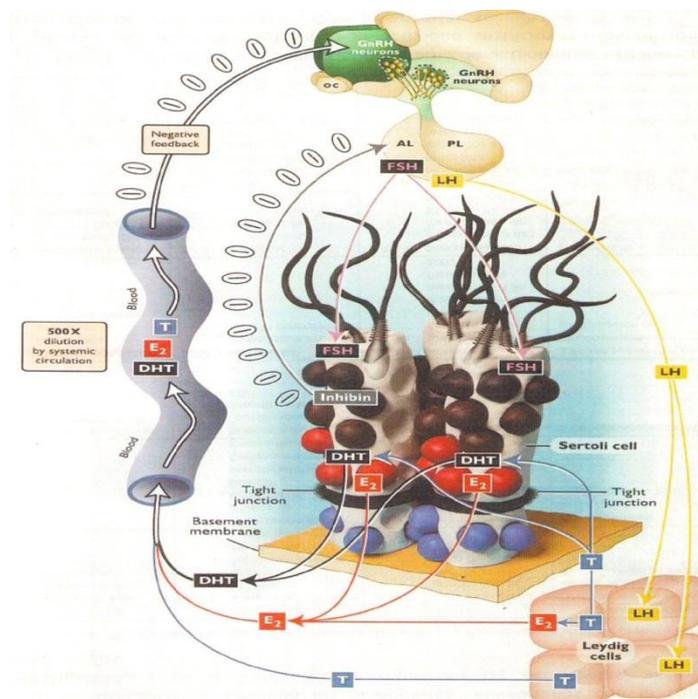


Figura 2. Interrelaciones entre las hormonas producidas por las células de Sertoli, Leydig, el hipotálamo y la hipófisis anterior. Esferas azules: espermatogonias; rojas: espermatocitos primarios; café: espermatocitos secundarios; negras: espermátidos. La testosterona (T) producida por las células de Leydig es transportada dentro de las células de Sertoli donde es convertida en dihidrotestosterona (DHT) y luego en estrógenos ( $E_2$ ). T y  $E_2$  son transportados por la sangre hasta el hipotálamo donde ejercen el feedback negativo sobre las neuronas de GnRH.

**Espermatogénesis.** Con algunas excepciones, todas las células estructuralmente normales son capaces de auto multiplicarse; sin embargo, las células sexuales o germinales son las únicas que pueden iniciar la reproducción

total de otro organismo. La espermatocitogénesis o fase de proliferación según Senger (2003), es la etapa proliferativa de la espermatogénesis donde las células germinales primitivas se multiplican por una serie de divisiones mitóticas (Gallegos-Sanchez *et al*, 2005).

El proceso comienza con la migración de la espermatogonia desde la membrana basal hacia el lumen del túbulo seminífero (Figura 3). La espermatogonia es activada para formar la espermatogonia activa tipo A. Gran parte de éstas se dividen mitóticamente para formar espermatogonias tipo I, y algunos de los tipo A vuelven a un tipo más primitivo de espermatogonias para sustituir a las células madre y continuar con la formación de nuevas espermatogonias. Las células tipo intermedio (I) se dividen para formar espermatogonias tipo B que pasan a su última división mitótica para formar espermátocitos primarios. Cuando ya se han formado los espermátocitos primarios, inicia la segunda etapa de la espermatogénesis llamada fase meiótica (Senger, 2003), donde cada espermátocito primario se divide para formar dos espermátocitos secundarios cambiando el número de cromosomas a haploides. Luego, los espermátocitos secundarios forman dos espermátidas cada uno, durante esta fase, la diversidad genética está garantizada por el cruzamiento y replicación del ADN. Al final de esta fase, se produce espermátidas haploides las cuales se convertirán en espermatozoides (Amann y Schanbacher, 1983; Hafez, 2002; Senger, 2003). La espermátida es una célula redonda con los organelos normales de una célula donde cada uno de estos organelos está destinado a cambiar para formar una unidad funcional del espermatozoide maduro (Gallegos-Sanchez *et al*, 2005).

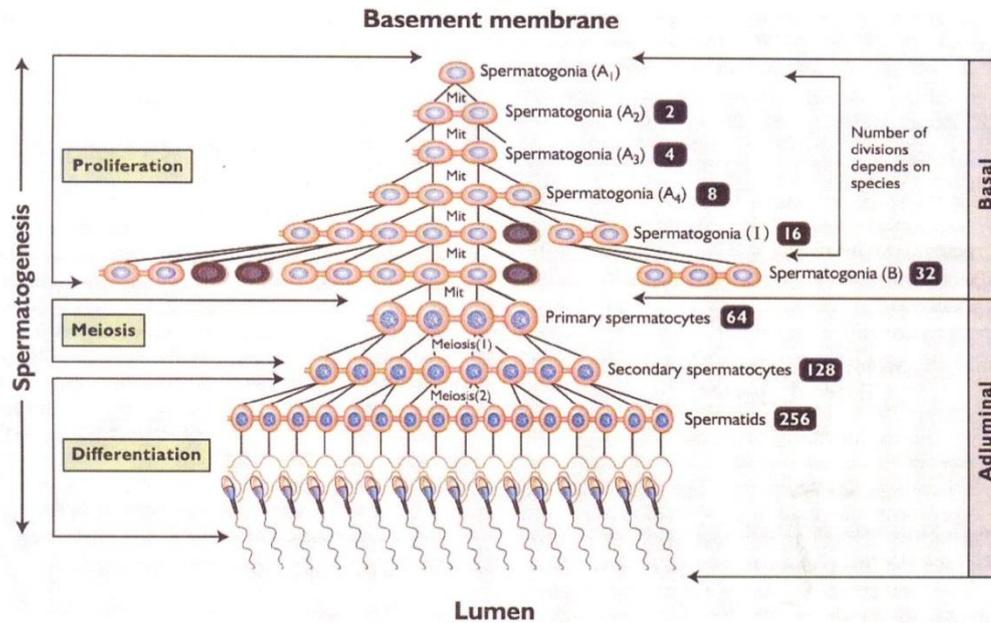


Figura 3. Representación de la espermatogénesis en los mamíferos.

## 2.7 Fotoperiodo

En los venados, la estacionalidad reproductiva es un mecanismo de adaptación para que los nacimientos de los cervatos coincidan con el período más favorable del año, periodo durante el cual, la disponibilidad de alimento aumenta, su sobrevivencia y tasa de crecimiento. Asimismo, el fotoperiodo, la alimentación, el clima y los factores sociales de la población, van a influir sobre el genotipo que será determinado por la respuesta reproductiva (Galindo-Leal y Weber, 1998).

El fotoperiodo ejerce su acción por medio de la secreción de melatonina producida por la glándula pineal. Diversos estudios coinciden en señalar que el fotoperiodo influye de manera determinante en el diámetro testicular, concentración espermática, nivel de testosterona, LH, motilidad y volumen seminal (Fuentes *et al.*, 1997 Mandiki *et al.*, 1998; Aguirre *et al.*, 2007).

En los mamíferos, la melatonina sensibiliza al hipotálamo a los efectos del fotoperiodo para coordinar los cambios cíclicos en la reproducción y el crecimiento, principalmente, para sincronizar estos eventos en las diferentes épocas del año. La melatonina es secretada sólo en ausencia de luz por lo que su secreción varía con la duración de la noche, proporcionando una señal endocrina

de duración variable, la cual actúa en el cerebro e hipófisis a través de receptores específicos (Lincoln y Clarke, 1997).

En animales domésticos sometidos a la exposición de un cambio en el fotoperiodo artificial de días cortos a largos, provoca una secuencia de respuestas neuroendocrinas similares a las observadas en otoño bajo condiciones de luz natural. Estos cambios incluyen un incremento en la secreción de LH, FSH y la activación funcional del eje reproductivo (Pelletier y Almeida 1987; Lincoln, 1994).

## 2.8 Colecta y evaluación del semen

La obtención de semen, en la mayoría de los casos, tiene el propósito de ser evaluado y utilizado en la reproducción asistida de las especies, y para la selección de sementales por su potencial reproductivo. Existen varias técnicas para la obtención de semen por eyaculación en pequeños rumiantes, siendo las más empleadas: la obtenida con vagina artificial (VA), la obtenida por electro-eyaculación, y la colecta post-coital (Evans y Maxwell, 1990). Recientemente, en venados se prueba métodos para obtener espermatozoides maduros *post-mortem* a partir del lavado de epidídimos, aprovechando los venados cazados dentro de las unidades para el manejo y conservación de vida silvestre (UMAs) conservando de esta manera, los genotipos originales dentro de sus áreas de distribución.

Neria y Solar, (1984) compararon muestras de semen antes y después de la criopreservación obtenidas con vagina artificial (VA) y electro-eyaculación, y encontraron que las muestras de semen obtenidas con VA fueron de mejor calidad de acuerdo a su concentración espermática, pero no así en cuanto a su motilidad y pH. El semen colectado por electro-eyaculación resulta ser más voluminoso pero menos concentrado que el colectado por VA (Cochran *et al.*, 1985) manifestando que “la calidad” del semen no difiere la técnica de colección.

Se puede esperar que el volumen y densidad del semen eyaculado varíe con la época, edad, raza, temperatura ambiental y estado nutricional. De acuerdo a los estudios realizados por Refsal (1986), un eyaculado normal de borrego en

promedio oscila entre 0.5-2.0 mL<sup>-1</sup> de volumen, conteniendo entre 1500-4000 millones de espermatozoides mL<sup>-1</sup> y una motilidad masal  $\geq 75$  %.

Para la obtención del semen en venados, se ha utilizado electro-eyaculadores con polos de anillos como los que se emplean en ovinos y caprinos (Samour, 1977). Haigh (1984), reportó que con un voltaje de 75 a 200 milivolts se puede obtener la eyaculación en un venado.

Para la obtención de semen de venado, empleando un electro-eyaculador éste debe ser inmovilizado con Clorhidrato de Xilacina por vía intramuscular en dosis de 1-4 mg kg<sup>-1</sup>, empleando posteriormente Clorhidrato de Yumbina a razón del 10% de la dosis de Xilacina por vía endovenosa con el propósito de revertir el efecto de la Xilacina (Jacobson et al, 1989). En la última década, para la inmovilización química de los venados sujetos a trabajarse con electro-eyaculador se reporta la inyección de mezclas de sustancias como la Xilacina con Ketamina; y la mezcla de Clorhidrato de Tiletamina y Clorhidrato de Zolazepam con Ketamina, que proporcionan mejores resultados que el uso de la Xilacina sola. De igual manera, recientemente se ha reportado el uso del Clorhidrato de Tolazolina para revertir el efecto de la Xilacina con mejores resultados que la Yumbina en venados (Palazuelos et al, 1986; Galindo-Leal y Weber, 1998, Kreeger, 2003)

### **Valoración del semen**

Al igual que en los animales domésticos, se deben tomar en cuenta las variables a medir para obtener un semen de calidad. La primera variable se refiere a su aspecto, el cual no debe tener agentes de contaminación como sangre, orina, pelo o polvo, debe además, ser uniforme, con apariencia opaca, lo que indica una elevada concentración espermática (Hafez, 1984). La segunda variable es motilidad masal, la cual se recomienda esté dentro del rango 70-80%, aunque un 70%, es suficiente para lograr la concepción del 100% en venadas (Jacobson et al, 1989). La tercera variable es la morfología. El semen de casi todas las especies incluyendo a los venados, contiene espermatozoides anormales que incluso, algunos tipos de anomalías no están asociados a la esterilidad. En la determinación de la morfología, los niveles de espermatozoides anormales no

están relacionados con un índice de fertilidad bajo, siempre y cuando no sobrepasen el 20% (Hafez, 1984). La cuarta y última variable generalmente empleada en la valoración de semen es la concentración espermática. Lambiase (1972) mencionó que la máxima concentración de espermatozoides en venado cola blanca fue de 3,400 millones, y Haigh (1984), reportó que una concentración de 36 a 200 millones de espermatozoides por mililitro de semen, es suficiente para llevar a cabo la concepción en una venada a través de la inseminación artificial.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México en el estado de Nuevo León a mediados de la década de 1980 se crean los ranchos cinegéticos para el aprovechamiento del venado cola blanca texano. La fama de esta especie en el Estado fue reconocida por cazadores extranjeros y nacionales promoviendo un negocio lucrativo para las Unidades de Manejo y Conservación de Vida Silvestre (UMA's). Motivados por la perspectiva de un buen negocio, en la década de 1990, los ganaderos del noroeste de México se interesaron en construir encierros de venado cola blanca texano obteniendo buenos resultados. En el año 2005 se da el primer esfuerzo formal en el Rancho Casa Grande y con la participación de instituciones de investigación sobre el uso de la reproducción asistida para la mejora genética del venado cola blanca con el propósito de mejorar la producción de trofeos (Fernando Clemente-Sánchez, comunicación personal). Se han hecho investigaciones sobre reproducción de venado cola blanca pero poca información ha sido documentada en publicaciones de carácter científico. Con el propósito de manejar la reproducción de esta especie para garantizar la conservación y aprovechamiento de sus subespecies de venado cola blanca en el territorio nacional, se estableció el objetivo de definir la época reproductiva del venado cola blanca (*O. v. miquihuanensis*) en el Altiplano Potosino (22° 34' Norte y 101° 45' Oeste), así como la calidad de semen producida a través del año y la relación del fotoperiodo en la producción y calidad del semen, con el propósito de generar un índice de calidad de semen que pueda ser empleado en la valoración de sementales. Por lo anterior, las hipótesis del presente estudio fueron que, por lo menos existe una diferencia entre las edades de los animales con respecto a la calidad del semen; y que por lo menos existe una diferencia entre los meses de muestreo respecto a la calidad de semen.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización del área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo de junio de 2010 a mayo de 2011 en el Laboratorio de Reproducción Animal del Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí (SLP), ubicado en el área experimental denominada “La Huerta” con domicilio en Calle Santos Degollado No. 40, en la Ciudad de Salinas de Hidalgo, SLP. El laboratorio se encuentra registrado como Unidad de Manejo y Conservación de Vida Silvestre con clave de registro DGVS-CR-IN-1305-SLP/11 y con las autorizaciones correspondientes para llevar a cabo la presente investigación. Las coordenadas geográficas del laboratorio son 22° 34´ de latitud norte y 101° 45´ de longitud oeste, a una altura de 2090 msnm, bajo un clima Bs<sub>0</sub>Kw(e), semiárido con lluvias en verano, con una precipitación anual que oscila entre los 330 y 400 mm y una temperatura media anual entre los 12° y 18°C.

### 4.2 Adquisición de venados y su manejo

Para la investigación se utilizaron 3 venados machos adultos de la subespecie miquihuanensis (*O. v. miquihuanensis*) con edades de 3½, 4½ y 6½ años, con un peso inicial de 49, 51 y 55 kg respectivamente; los cuáles fueron facilitados para la investigación por un criadero de la comunidad de Azogueros, municipio de Salinas. Los animales estuvieron confinados en un corral de manejo de 1800 m<sup>2</sup>, el cual cuenta con sombras, comederos y bebederos. Los venados fueron alimentados con alimento peletizado comercial balanceado para venado de la marca Trophy Maker-18® con 18% de proteína cruda (Cuadro 2). Adicionalmente se les proporcionó, alfalfa fresca y agua *ad libitum*, y fueron desparasitados, con Ivermectina por vía intramuscular a razón de 100 mg por venado, 30 días antes de iniciar el muestreo. Simultáneamente, los venados fueron pesados y medidos y se les determinó la edad empleando claves del desgaste de la dentadura como lo específica Halls (1984) para lo cual se emplearon réplicas de mandíbulas inferiores con edades conocidas (Figura 4).

Cuadro 2. Ingredientes del alimento comercial

Ingredientes	Análisis de la dieta	
Maíz molido, productos proteicos vegetales, subproductos procesados de cereales, sal común, melaza de caña, extracto de hemicelulosa, fosfato dicalcico, carbonato de calcio, cultivo de levadura, suplemento de vitamina E, sulfato de cobre, carbonato ferroso, oxido de manganeso, carbonato de cobalto, etilenodiamina dihidroiodo (EDDI), selenio de sodio, saborizantes naturales y artificiales.	Proteína cruda	18.0 % min.
	Grasa cruda	1.0 % min.
	Fibra cruda	8.0 % max.
	Extracto libre de nitrógeno	9.0 % min.
	Cenizas	9.0 % max.
	Humedad	12.0 % max.



Figura 4. Mandíbula inferior de venado de 4½ años de edad que muestra el desgaste molar.

#### 4.3 Colecta de semen

Cada venado fue muestreado mensualmente para obtener las muestras de semen para su valoración. La colecta de semen se hizo mediante la inmovilización química de los venados por vía intramuscular con dardos de 3ml x 13mm de la marca Cap-Chur® aplicados con un rifle de CO<sub>2</sub> marca Dan-Inject® Modelo JM Estándar. La sustancia empleada para la inmovilización fue la mezcla

de los fármacos Clorhidrato de Ketamina (7.5 mg/kg) combinado con Clorhidrato de Xilacina (1.5 mg/kg), de acuerdo a lo recomendado para la inmovilización de venado cola blanca por Kreeger (2002). Una vez inmovilizados los venados, se les cubrieron los ojos con una máscara específica para tal propósito y se les trasladó al área de recolección dentro del laboratorio manteniendo sus constantes fisiológicas, como lo recomiendan Drew y Amass, (2004).

Durante los muestreos se utilizaron guantes desechables de nitrilo, estériles. Para llevar a cabo una adecuada toma de muestras de semen a los venados se les cortó el pelo del prepucio y se les limpió la zona de colecta. Asimismo, se retiraron las heces de la última porción del recto, mediante la inserción de los dedos medio e índice. Enseguida se procedió a extender la flexura sigmoidea empujando el pene hacia el frente y retrayendo a su vez el prepucio, provocando así la invaginación del glande del pene, el cuál fue sostenido de su base, empleando una tira de gaza (20 cm x 2.5 cm) para mantenerlo sujeto (Drew y Amass, 2004).

Una vez que el glande del pene estuvo expuesto, se procedió a insertar el electro-eyaculador lubricado en el recto del animal dirigiendo los electrodos a la pared ventral del mismo, lo más cercano a la flexura sigmoidea del pene y lograr así una mejor estimulación con los choques eléctricos. Antes de la primera electro estimulación, se colocó el glande del pene dentro de un tubo de colecta graduado, el cual se mantuvo a una temperatura de 35°C (Drew y Amass, 2004).

Insertado el electro-eyaculador, se aplicó una estimulación eléctrica durante 4 segundos seguida de 4 segundos de descanso, y hasta completar una serie de 15 estimulaciones, dando un descanso de 15 minutos entre la primera y segunda serie. No fue necesario dar más de dos series de estímulos eléctricos para obtener la muestra de semen a evaluar. Las muestras contaminadas con orina o fluido pre-eyaculatorio se desecharon. El semen una vez colectado, se mantuvo en baño maría a una temperatura de 35°C (Drew y Amass, 2004).

Una vez colectadas las muestras y finalizada la manipulación del animal se le aplicó por vía endovenosa el antagonista Clorhidrato de Yumbina (0.125 mg/kg) para revertir el efecto de la anestesia.

#### 4.4 Evaluación del semen

El semen fue evaluado inmediatamente después de haber sido colectado. Durante este proceso, el semen se seleccionó verificando visualmente que las muestras no presentaran contaminantes como sangre, orina o pelo. El semen evaluado fue aquel que presentó las características de ser espeso y de color blanco nacarado o cremoso.

Las variables del semen evaluadas fueron la motilidad masal (MM), motilidad individual (MI), concentración espermática (CON), porcentaje de espermatozoides vivos (EV) y porcentaje de espermatozoides normales (EN).

La MM se determinó colocando una gota de semen puro sobre un porta objetos (76 x 26 mm) mantenido a 35°C y observando al microscopio el movimiento ondulatorio de las células espermáticas. Este movimiento se calificó en porcentaje por el mismo observador durante todo el estudio, donde el 100% indicó un movimiento rápido y vigoroso de células en el campo de observación. Para determinar la calidad del semen, la motilidad masal se calificó como regular (50-69%); buena (70-85%); muy buena (86-95%) y excelente ( $\geq 96\%$ ).

La MI del semen se evaluó mezclando una gota de semen puro con una gota de citrato de sodio al 2.9% sobre en un portaobjetos previamente calentado a 35°C, colocando posteriormente un cubre objetos sobre la muestra, de acuerdo a como lo recomienda Lambiase (1972). La MI se determinó observando al microscopio con un objetivo de 40X, aquellos espermatozoides que se movían en forma rectilínea y progresiva (hacia adelante) y que atravesaron el campo de observación. El valor de MI se estimó en base al número total de espermatozoides que atravesaron el campo de observación, avanzando en forma rectilínea, con respecto al total de espermatozoides presentes en el campo de

observación. Esta variable se calificó como regular (50-69%); buena (70-85%); muy buena (86-95%) y excelente ( $\geq 96\%$ ).

La CON se determinó utilizando la Solución de Hayem® de los laboratorios químicos Hycel y un hemocitómetro para el conteo de eritrocitos. Para ello se colocaron 10  $\mu$ l de semen puro a los cuales se les agregó 2 ml del líquido Hayem en una relación 1:200 y se homogenizaron dentro de un tubo Vacutainer de 5 ml, el cual se dejó reposar durante 5 minutos. De la muestra reposada se tomó una gota y se depositó en cada cuadrícula de la cámara y cubierta con su cubreobjetos. La cámara una vez cargada se dejó, de igual manera, reposar durante 5 minutos para permitir la sedimentación de las células. El conteo se realizó en 5 cuadros seleccionados diagonalmente, empleando el objetivo 10X y el de 40X dependiendo de la concentración de espermatozoides. En cada cuadrante seleccionado se contaron todas las cabezas de espermatozoides. De aquellos espermatozoides que sobrepasaban las líneas limítrofes de los cuadrantes considerados en el muestreo, solo se contaron los que se encontraron dentro de la primera y la segunda línea lateral izquierda y superior de cada cuadrante; excluyendo a todos aquellos espermatozoides ubicados dentro de la primera y la segunda línea lateral derecha e inferior. Para calcular la concentración de espermatozoides, se promedió el número obtenido en las dos cuadrículas (ambos lados) de la cámara después se multiplicó el promedio de los espermatozoides observados por  $10 \times 10^6$  para obtener la concentración total de células por mililitro de semen (Drew y Amass, 2004). Una vez obtenida la concentración de espermatozoides por mililitro, ésta se multiplicó por el volumen de semen obtenido en el electro-eyaculado, para obtener la concentración total de espermatozoides del eyaculado.

Para determinar EV y el EN, se depositó una gota de semen puro en un portaobjetos, a la cual se le agregó una gota de tintura de eosina-nigrosina, y se homogenizó para realizar un frotis. El frotis, se observó al microscopio con un objetivo 10X y el EV se determinó dentro de un campo visual contando los espermatozoides vivos que no se colorearon internamente, considerando el total de espermatozoides dentro del campo visual. Se utilizó el mismo frotis, para identificar aquellos espermatozoides que tuvieron malformaciones de cabeza cuello o cola. La

variable EV se clasificó como regular (70-75%); bueno (76-85%); muy bueno (86-95%) y excelente ( $\geq 96\%$ ). El criterio de clasificación para EN fue del 80% mínimo para considerarlo como bueno.

#### 4.5 Muestreo de morfología

Durante el estudio, cada vez que los venados fueron contenidos para la obtención de las muestras de semen, se les tomaron medidas morfométricas a fin de correlacionarlas con el período reproductivo y la calidad de semen obtenida. Los datos morfométricos registrados fueron: perímetro del tórax, perímetro de la parte media cuello, perímetro testicular en su porción media y peso del venado. Las medidas se tomaron con una cinta métrica y el peso se estimó con una báscula digital con plataforma marca Toro Rey modelo EQM-400/800 con capacidad de 0.1-400 kg.

#### 4.6 Modelo de calidad de semen

En la mayoría de los estudios sobre el semen de rumiantes, se considera a la motilidad masal como la variable principal para determinar su calidad. En este estudio, se generó un modelo lineal para determinar la calidad de semen de venado a través de un "índice de calidad", para lo cual se consideraron todas las variables de respuesta estudiadas sobre el semen de venados, ajustadas en nuestro caso a los niveles máximos encontrados para cada una de ellas. Las variables consideradas en el modelo fueron: motilidad masal (MM%), motilidad individual (MI%), concentración (CON millones/ml), espermatozoides vivos (EV%) y espermatozoides normales (EN%).

#### 4.7 Análisis estadístico

Para conocer el efecto que tienen los meses del año y la edad de los venados sobre la calidad de semen se corrió un ANOVA (SAS V9.1.3) empleando un modelo para un diseño de Bloques Completos al Azar  $Y_{ijk} = \mu + \beta_i + T_j + \epsilon_{ij} + N_{ijk}$ ; donde los bloques (12) fueron los meses del año considerados en el estudio y los tratamientos definidos por la edad (3½, 4½, 6½, años) de los venados. Este

modelo se corrió para cada una de las 5 variables de respuesta (motilidad masal, motilidad individual, concentración espermática, porcentaje de espermatozoides vivos, y porcentaje de espermatozoides normales). Para definir diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos (edad) sobre las variables respectivas, se corrió una prueba de rango múltiple de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) empleando el programa de cómputo SAS V9.1.3. Esto mismo se hizo cuando se encontraron diferencias significativas entre bloques (meses). La separación de medias de tratamientos y bloques ( $p \leq 0.05$ ) fue de utilidad para definir la época reproductiva, los meses óptimos de la producción de semen, y la edad más apropiada para la colecta de semen.

El índice de calidad de semen de venado (IC) se utilizó conocer el efecto de los meses y edad sobre IC a través de un ANOVA empleando un diseño de Bloques Completos al Azar. El efecto de los bloques (meses) sobre la calidad del semen se determinó con una prueba de rango múltiple de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ).

Para conocer los cambios fenotípicos ocurridos en los venados a través del año (meses), se corrió un análisis multivariado de conglomerados, empleando el porcentaje de similitud al 95% de confiabilidad, con la ecuación:  $PD = 1 - [2W / (A + B)]$  del programa "Cluster.Bas" proporcionado por Ludwig y Reynolds (1988).

Finalmente, para conocer los cambios en la longitud del día (horas luz entre la salida del sol y el ocaso) se obtuvieron los datos de la estación meteorológica local (CONAGUA, 2010). El cálculo de las horas luz se hizo diariamente durante el periodo de muestreo, obteniendo así el promedio para cada mes. En este estudio también se determinó la relación del fotoperiodo y el IC.

## V. RESULTADOS

### 5.1 Valoración de semen

Se analizaron 36 muestras (12 muestras por macho) a las cuales se les determinaron por duplicado las variables de respuesta motilidad masal (MM), motilidad individual (MI), concentración espermática (CON), porcentaje de espermatozoides vivos (EV) y porcentaje de espermatozoides normales (EN). Los resultados del ANOVA para las variables MM, MI, CON, EV y EN mostraron diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ) entre meses del año; mientras que para la edad de los venados, solo hubo diferencias significativas en la variable EN ( $P = 0.0064$ ) (Cuadro 3). Los resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para la variable MM, los meses de octubre (93.3%), noviembre (91.6%), diciembre (88.3%) y enero (78.6%) fueron iguales, pero diferentes a los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, y septiembre que mostraron valores de 0% de motilidad masal. En cuanto a la variable MI, de igual manera, los meses de octubre (96.00%) y noviembre (85.0%) fueron iguales entre sí, así como los meses de diciembre (78.3%) y enero (77.3%) pero diferentes entre cada grupo y la vez a los demás meses del año. Lo mismo sucedió con la variable EN donde los meses de octubre (98.0%), noviembre (98.0%), diciembre (98.0%) y enero (97.6%) fueron iguales y diferentes a los demás meses del año. Con respecto a la variable EV la prueba de Duncan mostró que los meses de octubre (97.6%), noviembre (97.3%) fueron iguales, pero diferentes al mes de enero (76.6%) y diciembre (83.6%) y a su vez diferentes a los meses de febrero a septiembre. La variable CON también mostró igualdad en los meses de noviembre (5,691 millones de espermatozoides por eyaculado), diciembre (5,460 millones de espermatozoides por eyaculado) y enero (5,993 millones de espermatozoides por eyaculado), pero diferentes al resto del año (Cuadro 4). En lo que respecta a la edad de los venados, ésta mostró efecto solo sobre la variable EN, donde la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) mostró que las edades de 3½ años (66.0%) y 4½ años (65.3%) fueron iguales, pero diferentes a la edad de 6½ años (64.5%). Estos resultados muestran que la mejor edad para producir semen en los venados estudiados fueron las de 3½ y 4½ años (Cuadro 4).

Cuadro 3. Efecto de la edad y mes del año sobre las variables del semen evaluadas.

Variable	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr>F
Motilidad Masal (MM)	Mes	11	62339.333	5667.212	61.25	<.0001
	Edad	2	407.166	203.583	2.20	0.1345
Motilidad Individual (MI)	Mes	11	57336.555	5212.414	87.43	<.0001
	Edad	2	333.722	166.861	2.80	0.0826
Concentración (CON)	Mes	11	217231790.6	19748344.6	17.22	<.0001
	Edad	2	805062.7	402531.4	0.35	0.7078
Espermas Vivos (EV)	Mes	11	64105.888	5827.808	109.25	<.0001
	Edad	2	187.055	93.527	1.75	0.1966
Espermas normales (EN)	Mes	11	76701.638	6972.876	21078.3	<.0001
	Edad	2	3.388	1.694	5.12	0.0149

Motilidad masal (MM), motilidad individual (MI), concentración espermática (CON), espermatozoides vivos (EV) y espermatozoides normales (EN).

Cuadro 4. Medias (Duncan,  $\alpha=0.05$ ) de las variables del semen evaluadas.

Edad	Mes												Variable
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	
	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	93.33 ±2.88 <sup>a</sup>	91.66 ±5.77 <sup>a</sup>	88.33 ±7.63 <sup>a</sup>	78.66 ±33.48 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	MM (%)
	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	96.00 ±1.73 <sup>a</sup>	85.00 ±10.0 <sup>a</sup>	78.33 ±12.5 <sup>b</sup>	77.33 ±23.6 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	MI (%)
	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	97.66 ±0.57 <sup>a</sup>	97.33 ±1.15 <sup>a</sup>	83.66 ±20.5 <sup>b</sup>	76.66 ±16.0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	EV (%)
	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	98.0 ±1.0 <sup>a</sup>	98.0 ±1.0 <sup>a</sup>	98.0 ±1.0 <sup>a</sup>	97.66 ±1.52 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	EN (%)
	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	2608 ±337.8 <sup>b</sup>	5691 ±147. <sup>a</sup>	5460 ±1125 <sup>a</sup>	5993 ±3077 <sup>a</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>c</sup>	CON (millones/ml)
3½													66.0 (±51.12) <sup>a</sup>
4½													65.33 (±50.60) <sup>a</sup>
6½													64.96 (±49.96) <sup>b</sup>

a b c. Medias con diferente letra son significativamente diferentes ( $p<0.0001$ ). Motilidad masal (MM), motilidad individual (MI), concentración espermática (CON), espermatozoides vivos (EV) y espermatozoides normales (EN).

## 5.2 Índice de calidad de semen

El modelo generado para determinar la calidad de semen expresado en un Índice de Calidad (IC), consideró en los denominadores de cada variable incluida los valores máximos obtenidos en los resultados de la presente investigación. De esta manera, el modelo empleado fue el siguiente:

$$IC = \frac{1}{5}(a/98 + b/98 + c/9315 + d/98 + e/99)100$$

Dónde: IC= Índice de calidad de semen de venado

a= motilidad masal

b= motilidad individual

c=millones de espermatozoides/ml del eyaculado

d= porcentaje de espermatozoides vivos

e=porcentaje de espermatozoides normales

Los resultados de la aplicación expresados en porcentaje se presentan en el Cuadro 5. El IC, considerando los meses y edades estudiadas en la presente investigación, se presenta en rangos de cada variable (Hafez, 1993) (Cuadro 6). Los rangos fueron los siguientes: a) IC regular (52-62%); b) IC bueno (63-77%); c) IC muy bueno (78-91%); IC excelente (92-100%) (Cuadro 6).

Cuadro 5. Índice de calidad de semen de la subespecie *O. v. miquihuanensis*.

Mes	Edad		
	3½	4½	6½
Junio	0%	0%	0%
Julio	0%	0%	0%
Agosto	0%	0%	0%
Septiembre	0%	05	0%
Octubre	83.57%	85.59%	82.72%
Noviembre	92.55%	89.54%	81.72%
Diciembre	91.59%	83.93%	72.31%
Enero	85.12%	92.45%	62.67%
Febrero	0%	0%	0%
Marzo	0%	0%	0%
Abril	0%	0%	0%
Mayo	0%	0%	0%

Cuadro 6. Índice de calidad de semen en rangos (IC).

Índice de calidad del semen	Límites aceptables	MM (%)	MI (%)	CON millones	EN %	EV %	IC (%)
REGULAR	inferior	50	50	1000	80	70	52
	superior	69	69	1500	85	75	62
BUENA	inferior	70	70	1501	86	76	63
	superior	85	85	4000	90	85	77
MUY BUENA	inferior	86	86	4001	91	86	78
	superior	95	95	7000	95	95	91
EXCELENTE	inferior	96	96	7001	96	96	92
	superior	100	100	9315	100	100	100

El IC mostró diferencias significativas ( $P < 0.0001$ ) entre meses, no así entre edades ( $P = 0.0659$ ) (Cuadro 7). En base a lo anterior, los resultados de la prueba de rango múltiple de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) mostraron igualdad entre los meses de octubre (83.9%), noviembre (87.9%), diciembre (82.6%) y enero (80.0%), siendo éstos diferentes al resto de los meses de muestreo (Cuadro 8). El período con mayor IC de semen fue de octubre a enero, confirmando lo encontrado en el análisis individual de las variables de calidad de semen estudiadas. El IC durante esos meses se clasificó como muy bueno (78-91%).

Cuadro 7. Efecto de la edad y mes sobre el índice de calidad de semen (IC).

Variable	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor e F	Pr > F
Índice de calidad del semen (IC)	Meses	11	56073.256	5097.568	192.61	<.0001
	Edad	2	154.542	77.271	2.92	0.0751

Cuadro 8. Medias (Duncan,  $\alpha = 0.05$ ) sobre la variable IC (%) que mostró efecto entre los meses del año.

Medias $\pm$ D.S.						
Mes	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
IC	0 <sup>b</sup>	83.96 $\pm$ 1.46 <sup>a</sup>	87.93 $\pm$ 5.5 <sup>a</sup>	82.61 $\pm$ 9.7 <sup>a</sup>	80.08 $\pm$ 15.5 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>

D.S.= Desviación estándar.

Medias con diferente letra son significativamente diferentes ( $p < 0.0001$ ).

### 5.3 Cambios del fenotipo a través del año

El resultado del análisis de conglomerados (Cluster) agrupó los meses del año de acuerdo a los cambios morfológicos que manifestaron los venados, considerando los valores de las variables fenotípicas estudiadas (Figura 5). Los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre conformaron un primer grupo con un índice de similitud de 96%, enero, febrero y junio un segundo grupo con un índice de similitud del 97%. Ambos grupos manifestaron entre ellos un índice de similitud del 95%. Relacionando los cambios morfológicos del perímetro del cuello, perímetro testicular y perímetro torácico, con el índice de calidad de semen y en los meses en que se manifestó el período reproductivo de los venados, se observó que los valores de las variables fenotípicas se incrementaron en los mismos meses (Figura 6).

El índice de calidad de semen y la duración del fotoperiodo a través del año, presentaron una relación inversa, registrándose una mayor calidad de semen los meses en que el fotoperiodo se redujo (octubre-enero). Los días del mes de junio fueron los más largos (13.3 h luz) mientras que los días del mes de diciembre los más cortos (10.46 h luz) (Figura 7).

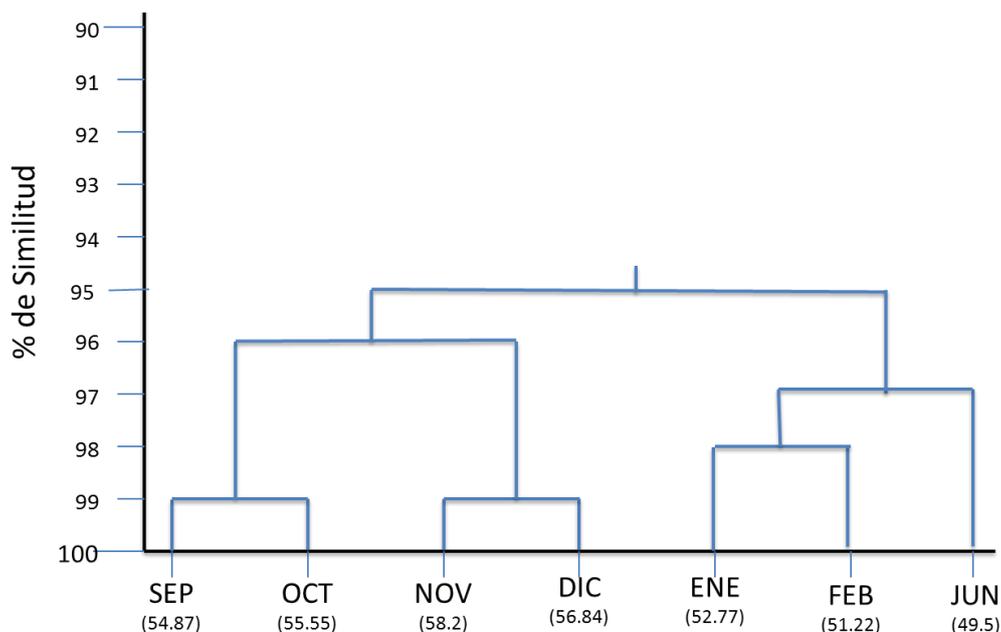


Figura 5. Índice de similitud entre meses del año considerando los cambios morfológicos del venado (*O. v. miquihuanensis*).

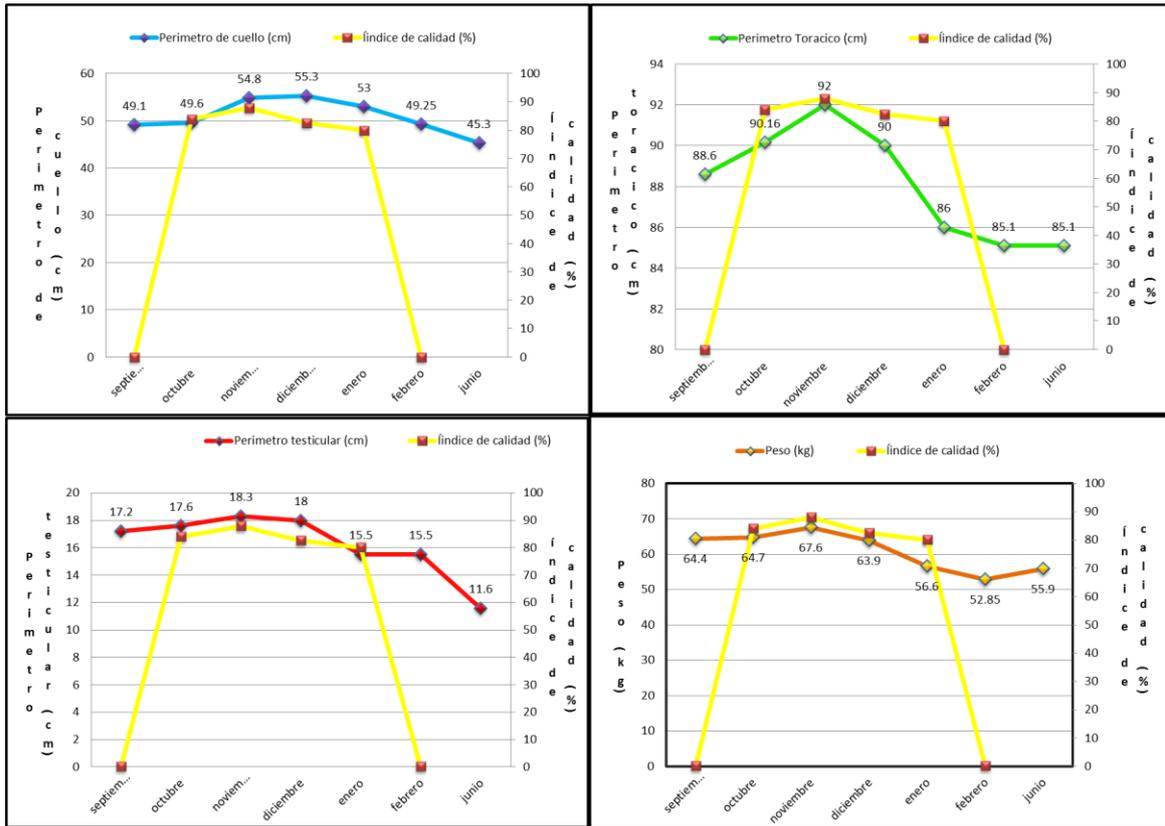


Figura 6. Comportamiento mensual de las variables fenotípicas y el índice de calidad de semen del venado cola blanca.

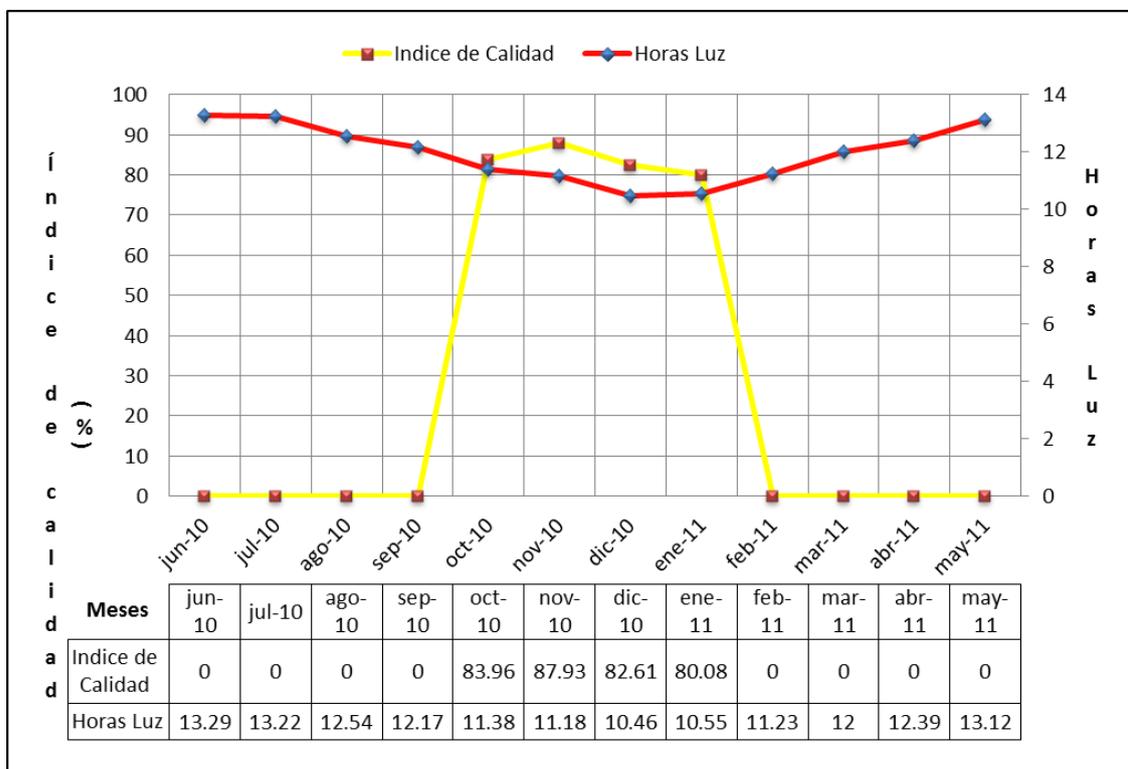


Figura 7. Comportamiento del fotoperiodo y el índice calidad del semen de venado cola blanca *O. v. miquihuanensis*.

## VI. DISCUSIÓN

La obtención de semen por medio de estimulaciones eléctricas, es un procedimiento muy útil para evaluar el semen de animales silvestres. En venados se recurre a la contención química de los animales para la aplicación de electroestimulaciones y obtención del semen. Galindo-Leal y Weber (1998) reportaron la utilización de ketamina ( $6.5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) con xilacina ( $2 \text{ mg kg}^{-1}$ ) para la inmovilización química; aunque mencionan que la administración de estos fármacos varía en proporción de 2:1 a 5:1 de ketamina y xilacina, respectivamente. En este estudio se aplicó la mezcla de ketamina/xilacina ( $7.5 \text{ mg kg}^{-1}$  más  $1.5 \text{ mg}^{-1}\text{kg}$ ) en la dosis recomendada para venado cola blanca por Kreeger (2002) con excelentes resultados, esta dosis se encuentra dentro del rango reportado por Galindo-Leal y Weber (1998).

Lambiase (1972) mencionó que el semen de venado que se obtiene mediante la utilización de un electro-eyaculador depende de la técnica y habilidad con la que se ejecute la electro-estimulación; asimismo, afirma que el eyaculado vía electro-eyaculador es mayor al eyaculado que ocurre de manera natural, aunque con una concentración menor. Carter *et al.* (1990) y Memon *et al.* (1986) reportan que esta misma situación se presenta en animales domésticos (borregos, chivos y toros) cuando el semen se obtiene mediante vagina artificial. En la presente investigación, la obtención de semen solo fue posible durante los muestreos de octubre-enero, los otros meses no se logró obtener eyaculado a pesar de una excelente aplicación de la técnica de electro estimulación. Lambiase (1972) reportó que mediante esta técnica obtuvo muestras seminales desde finales de agosto hasta marzo en el estado de Pensilvania; asimismo, indicó una motilidad baja (40-50%) en las muestras de semen obtenidas durante las primeras 4 semanas y las últimas 6 del muestreo. Lambiase (1972) señaló que los valores de motilidad más altos fluctuaron entre 70 y 80 %; la motilidad en este estudio varió entre 78% y 94%, siendo mejores que las reportadas en otros estudios. La concentración espermática promedio de octubre a enero fue de 4928 millones por eyaculado, presentado mínimo una concentración de 2330 millones y como máximo 9315 millones por eyaculado. Bierschwal *et al* (1968, 1970) publicó

concentraciones en un rango de 15 a 4760 millones por eyaculado; Lambiase (1972) reportó una concentración máxima de 4800 millones por eyaculado y Scanlon *et al.* (1983) afirma que durante el pico de la estación reproductiva es posible obtener concentraciones cercanas a 2000 millones por eyaculado. Durante los muestreos en algunas ocasiones la consistencia del plasma seminal se tornaba espesa y de color amarillento, cuando esto sucedía los espermatozoides morían rápidamente y no se logró hacer la evaluación de las células. No se encontró el motivo por lo cual suceda esta acción y se considera de importancia que sea tomada en cuenta para futuras investigaciones.

En base a los resultados obtenidos, se puede decir que la producción de semen está bien definida de octubre a enero, coincidiendo con varios autores (Robinson *et al.*, 1965; Lambiase *et al.*, 1972; Mirarchi *et al.*, 1977; Scanlon *et al.*, 1983; Jacobson *et al.*, 1989; Asher *et al.*, 2000; Umapathy *et al.*, 2007) en que la producción de espermatozoides del venado cola blanca es estacional y no durante todo el año. Además, se encontró que conforme los animales incrementan la edad, aumenta el porcentaje de espermatozoides con malformaciones presentes en la producción de semen; por lo cual se dice que la calidad de semen no es igual en todas las edades en que el venado es apto para la reproducción. Por consecuencia se sugiere que evite el uso de venados que estén por arriba de los 6½ años en programas de reproducción.

Es notorio que los valores que se obtuvieron son más altos a los reportados por otros autores respecto a la motilidad y concentración de espermatozoides, probablemente por la mejoría en las técnicas y herramientas utilizadas para la valoración de las muestras de semen. Las técnicas y valores para evaluar el semen de venado cola blanca han sido tomados de los procedimientos empleados para animales domésticos, específicamente de pequeños rumiantes donde se plantea que a mayor porcentaje de motilidad, mayor es la concentración y por lo tanto mejor su calidad. En rumiantes silvestres se recomienda llevar a cabo la evaluación de una mayor cantidad de variables que muestren la calidad del semen, ya que con solo una variable no es aconsejable definir su calidad, de no hacerlo motivaría el desecho de animales silvestres que pudieran tener potencial reproductivo, expresado en otras variables que no fueron consideradas.

Al respecto, Robinson *et al* (1965), Lambiase *et al* (1972), Mirarchi *et al* (1977), Scanlon *et al* (1983), Jacobson *et al* (1989) y Asher *et al* (2000) quienes han trabajado con venados, consideran solo la motilidad y concentración para definir la calidad del semen y solo Umapathy *et al*, (2007) agregaron a estas variables la evaluación del porcentaje de espermatozoides morfológicamente normales. En la actualidad aún no existe un instrumento estándar confiable para valorar el semen de ninguna especie, por lo que la evaluación tiende a ser subjetiva y de acuerdo al criterio de cada persona, siguiendo los procedimientos anteriormente descritos. Durante todos los meses de muestreo del presente estudio las evaluaciones del semen fueron hechas por la misma persona para que los errores fueran distribuidos de la misma manera en cada determinación. Obtenidos los valores de la calidad de semen, se desarrolló un modelo en el cual fueron consideradas las 5 variables que se reportan para la evaluación de semen. El resultado de este modelo dio una calidad del semen más apegada a la realidad. El modelo desarrollado para venados, no ha sido planteado en animales domésticos pero podría ser de utilidad para la generación de modelos específicos para la especie y razas de interés zootécnico. En venado cola blanca, se recomienda el uso de este modelo como una herramienta de estandarización en la valoración del semen de venados. Este índice será dinámico en función de los valores máximos observados en cada variable evaluada y para cada subespecie de venado cola blanca que se encuentre en determinada localidad (latitud).

Robinson *et al* (1965) y Mirarchi *et al* (1977) mencionaron que existe una relación entre el crecimiento testicular y el desarrollo de las astas, ya que cuando se presenta la caída del velvet se manifiesta el máximo peso testicular. En esta investigación, se observó que a mediados del mes de septiembre los testículos aumentaron de talla y el velvet comenzó a caer 15 días después.

Los venados cola blanca estudiados en el presente trabajo manifestaron una menor talla testicular en los meses de junio y julio, reduciéndose hasta en un 37% del alcanzado en noviembre, lo que concuerda con lo reportado por Mirarchi (1977), donde el mes de junio es cuando el venado presenta el menor desarrollo testicular, de igual manera a lo reportado por Robinson (1965) para la subespecie *O. v. borealis*. Sin embargo, Galindo-Leal y Weber (1998) reportaron que en

venados de la subespecie *O. v. couesi* en la Michilia, Dgo., el máximo perímetro testicular se presentó en el mes de febrero y disminuyó para el mes de abril.

Robinson *et al* (1965) definieron la época reproductiva para venado cola blanca en Texas de la segunda mitad de noviembre a la primera de diciembre, mientras que Mirarchi *et al* (1977) la establecieron de la segunda quincena de septiembre a enero en Virginia del Sur, y Lambiase *et al* (1972) mencionaron que va de inicios de octubre a finales de febrero, Asher *et al* (2000) coincidiendo con todos ellos mencionaron que es en la mitad del mes de noviembre cuando se presenta el pico en la producción de los espermatozoides. En el presente trabajo, la época reproductiva de machos de venado cola blanca coincide con estos autores quedando definida de la mitad del mes de octubre a la mitad del mes de enero, alcanzándose de igual manera el pico de la producción de espermatozoides en el mes de noviembre. De acuerdo a lo observado durante este estudio y en base a la fisiología de los animales, el fotoperiodo está totalmente involucrado en la definición de la época reproductiva del venado cola blanca. Cuando la duración del día está por debajo de las 12 h se incrementa la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas para la producción de las hormonas reproductivas. Gracias al incremento en la secreción de melatonina se manifiesta la calidad del semen obtenido en IC a partir del mes de octubre hasta enero. A finales de enero se inhibe la producción de semen ya que el fotoperiodo comienza a incrementarse. La época reproductiva del venado cola blanca miquihuanensis quedó definida dentro de los meses de octubre a enero, por mostrar muy buena calidad de semen.

## VII. CONCLUSIONES

La calidad de semen del venado miquihuanensis no resultó ser igual en las diferentes edades estudiadas.

La calidad de semen del venado no resultó ser igual en los meses del año estudiados.

La calidad en la producción de semen de venado cola blanca en el Altiplano Potosino desciende en venados con edad mayor a los 6½ años, y resulta óptima en venados de 3½ y 4½ años de edad.

La generación e implementación del modelo del Índice de calidad propuesto en el presente trabajo es una herramienta valiosa que fortalece la valoración del semen de venado, y puede servir de base para la valoración de semen de otras especies.

La época reproductiva comprende los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero; comenzando justo cuando las horas luz comienzan a disminuir por debajo de las 12 h día<sup>-1</sup> y termina justo cuando las horas luz comienzan a incrementarse por encima de las 11 h día<sup>-1</sup>.

Es recomendable realizar estudios que expliquen el metabolismo de sustancias en el tracto reproductor del venado durante el período de inactividad espermática, para entender el mecanismo que controla la época reproductiva del macho.

Los cambios morfológicos en los venados en la época de reproducción, están ligados positivamente a la mayor producción de espermias y variables que determinan la calidad de semen. El máximo decremento en el comportamiento fenotípico del venado se manifiesta durante la época de inactividad reproductiva. Es recomendable realizar estudios que definan el consumo voluntario de alimento a través del año, ya que esto está relacionado con el período de inactividad reproductiva.

La utilización de la mezcla ketamina ( $7.5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) con xilacina ( $1.5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) resulta ser una buena sustancia a ser empleada en la inmovilización química de venados para la colecta de semen por electro-eyaculación.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Adam, C. 1992. Impact of melatonin on time of breeding in farmed deer. 300-305 pp. In Brown, R. D. (ed). The biology of deer. Springer-Verlag, New York.
- Aguirre, V., Orihuela, A. and Vázquez, R. 2007. Effect of semen collection frequency on seasonal variation in sexual behavior, testosterone, testicular size and semen characteristics of tropical hair rams (*Ovis aries*). Trop. Anim. Health Prod. 39:271-277.
- Álvarez-Romero, J. y R. A. Medellín. 2005. *Odocoileus virginianus*. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto U020. México. D.F.
- Amann, R. P. and B. D. Schanbacher. 1983. Physiology of male reproduction. Journal Animal Science. 57 (Supl.2) 2:380-403.
- Amann, R. P. and O. A. Walker. 1983. Changes in the pituitary-gonadal axis associated with puberty in Holstein bull. Journal Animal Science. 57:433-442.
- Arendt, J. 1986. Role of the pineal gland and melatonin in the seasonal reproductive function of mammals. Oxford Review on Reproductive Biology 8:266-320 pp.
- Asher, G. W., Berg, D. K., Evans, G. 2000. Storage of semen and artificial insemination in deer. Journal Animal Reproduction Science. 62: 195-211. (2000).
- Bierschwal, C. J., E. C. Mather, C. E. Martin, D. A. Murphy, and L. J. Korschege. 1968. Collection of deer semen by electro-ejaculation. Proc. 6<sup>th</sup> Internatl. Congr. Animal Reproduction. 2: 1001-1004.
- Bierschwal, C. J., E. C. Mather, C. E. Martin, D. A. Murphy, and L. J. Korschege. 1970. Some characteristics of deer semen collected by electroejaculation. J. Am. Vet. Med. Assoc. 157 (5): 627-632.
- Carter, P.D., P.A. Hamilton and J.H. Duffy. 1990. Electro-eyaculation in goats. Austr. Veter. J. 67:91-93.
- Cochran, R.C., Judy, J.K., Parker, C.F. and Hallford, D.M. 1985. Prefreezing and post-thaw semen characteristics of five ram breeds collected by electroejaculation. Theriogenology, 23, 431-440.
- CONABIO, 1995. Importancia económica de los vertebrados silvestres de México. Es una co-edición de PG7 Consultores S. C. y la CONABIO. Derechos reservados: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pp. 49

- Daza Andrada, A. 1997. Reproducción y sistemas de explotación del ganado ovino. Mundi Prensa, Madrid. 250 pp.
- Demarais S., Millar, K. V. and Jacobson H. A. 2000. Chapter 29: White-tailed deer pp. 601-628 in Demarais, S and Krausman, P. R. 2000. Ecology and Management of Large Mammals of North America. Prentice-Hall, Inc. New Jersey USA.
- Donovan A., Hanrajan J.P., Kummén E., Duffy P., and Boland M.P. 2004. Fertility of the ewe following cervical insemination with fresh or frozen-thawed semen at natural or synchronized oestrus. *Journal Animal Reproduction Science*. 84:359-368.
- Drew, Mark y Amass, Keith, 2004. Semen production and artificial insemination of white-tailed deer. Safe-Capture International, INC. Mt. Horeb, Wisconsin.
- Evans, G. & Maxwell, W.M.C., 1990. Salamon's Artificial Insemination of Sheep and Goats. Butterworths, Pty, Limited, Sydney, Australia.
- Fuentes, V., Sánchez, V., González, H., Fuentes, P., García, A. y Rosiles, R. 1997. La función endocrina del testículo en el carnero criollo mexicano durante las diferentes épocas del año y su control opioadrenérgico durante el anestro. *J. Vet. Med.* 44:259-263.
- Galindo-Leal, C. y Weber M. 1998. El venado de la Sierra Madre Occidental. Ecología, manejo y conservación. EDICUSA-CONABIO. Primera edición. 272pp.
- Garde, Lopez-Brea, J. J. y Vergara Perez, H. 1995. ZOOTECNIA, Bases de producción animal. Tomo I. Capítulo XV. Fisiología del aparato genital masculino. P 227-238.
- Geist, V. 1994. Origin of the species. En *The Wildlife Series: Deer*. (Gerlach, D., Atwater, S. and Schnell J. Editors). Stackpole Books. Pennsylvania. USA. 2-13 pp.
- Gil J, Söderquist L, Rodríguez-Martínez H. 2000. Influence of centrifugation and different extenders on post-thaw sperm quality of ram semen. *Theriogenology* 54(1):93-108.
- Hafez, E. S. E., y Hafez, B. 2002. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 7ma Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. pp. 3-12, 98-112, 163-187, 375-400.
- Hafez. E. S. E. 1984. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 4<sup>a</sup> Edic. Edit. Interamericana. México.
- Hafez, E.S., 1993. Reproducción de los animales domésticos. Interamericana. 6 edición. Pp158.

- Haigh, J. C. 1984. Artificial insemination of two white-tailed deer. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 185:1446-1447 pp.
- Halls, L. K. (ED). 1984. *White-tailed deer: Ecology and Management*. Stackpole Books, Harrisburg, Pennsylvania. 870 p.
- Harder, J. D. And D. L. Moorehead. 1980. Development of corporea lutea and plasma progesterone levels associated white the onset of the breeding season in white-tailed deer. *Biology reproduction* 22:185-191 pp.
- Jacobson, H.A., Bearden, H.J. 1989. Artificial Insemination Trials White-Tailed Deer. *Journal of Wildlife Management.* 53 (1): 224.227.
- Jaime, M.S., Lecoq, R., Seigneurin, F., Blesbois, E., Plouzeau, E. 2003. Cryopreservation of semen from endangered pheasants: the first step towards a cryobank for endangered avian species. *Theriogenology* 59, 875–888.
- Knox, W. M., K. V. Miller and R. L. Marchintong. 1988. Recurrent strous cycles in white-tailed deer. *Journal of Mammalogy* 69:384-386 pp.
- Knox, W. M., K. V. Miller, D. C. Collind, P. B. Bush, T.E. Kiser and R. L. Marchintong. 1992. Serum and urinary levels of reproductive hormones associated white the estrous cycles in white-tailed deer. *Zoo Biology* 11:121-131 pp.
- Kreeger, Terry J. 2002. *Handbook of wildlife chemical immobilization*. Published by Wildlife Pharmaceuticals, Inc., Fort Collins, Colorado, USA.
- Lambiase, J. T., Amann, R. P., Lindzey, J. S. 1972. Aspects of reproductive physiology of male White-tailed deer. *Journal of Wildlife Management.* 36: 868-875 (1972).
- Leopold, A.S. 1965. *Fauna Silvestre de México: Aves y Mamíferos de Caza*. Inst. Méx, Natu. Renov. México, D.F.
- Lincoln, G. 1971. The season reproductive change in the red deer stag (*Cervus elaphus*). *Journal of Zoology* 163:105-123 pp.
- Lincoln, G. 1992. The biology of seasonal breeding in deer. 565-576 pp. In: Brown, R. D. (ed). *The Biology of Deer*. Spring-Verlang, New York.
- Lincoln, G.A. 1994. Effects of placing micro-implants of melatonin in the pars tuberalis, pars distalis and the lateral septum of the forebrain the secretion of FSH and prolactin and testicular size in rams. *J. Endocr.* 142:267-276.
- Lincoln, G.A. and Clarke, I.J. 1997. Refractoriness to a static melatonin signal develops in the pituitary gland for the control of prolactin secretion in the ram. *Biology Reproduction* 57:460-467.

- Ludwing J.A. y J.F. Reynolds, 1988. Statistical ecology. John Wiley & Sons, Inc.
- Mandiki, S.N.M., Derycke, G., Bister, J.L. and Paguay, R. 1998. Influence of season and age on sexual maturation parameters in Texel, Suffolk and Ile-de-France rams. Small Rumin Research. 28:81-88.
- McCabe, R. A. and A. S. Leopold. 1951. Breeding season of the Sonora white-tailed deer. Journal of Wildlife Management 15:433-434 pp.
- Medina, G. G. 1990. Taxonomía, distribución y datos bioecológicos de los cérvidos con especial atención al venado cola blanca. Curso de capacitación para Profesionales en Manejo de Fauna Silvestre. Memorias. Pp. 9-33.
- Memon, M.A., K.N. Bretzlaff and R.S. Ott. 1986. Comparison of semen collection in goats. Theriogenology. 26:823-827 (1986).
- Miller, K. V., K. E. Kammermeyer, L. R. Marchinton and E. B. Moser. 1987b. Population and habitat influences of antler rubbing by white-tailed deer. Journal of Wildlife Management 51: 62-66 pp.
- Miller, K. V., L. R. Marchinton, K. L. Forand and K. L. Johansen. 1987a. Dominance testosterone levels and scraping activity in a captive herd of white-tailed deer. Journal of Mammalogy 68:812-817 pp.
- Miller, K. V., O. E. Rhodes, Jr., T. R. Litchfield, M. H. Smith and L. R. Marchinton. 1987c. Reproductive characteristics of yearling and adult male white-tailed deer. Proceeding Annual Conference, Southeastern. Association of Fish and Wildlife Agencies 41:378-384 pp.
- Mirarchi, Ralph E., Scanlon, Patrick F., Kirkpatrick, Roy L. 1977. Annual changes in spermatozoan production and associated organs of white-tailed deer. Journal of Wildlife Management 41: 92-99 (1977).
- Neria, V.J. y Solar, P.A.J., 1984. Comparación entre la motilidad y morfología de los espermatozoides de carnero antes y después de la congelación de muestras obtenidas con vagina artificial y electroeyaculado. Tesis de Licenciatura. FESC, UNAM, México.
- Palazuelos, P., Tellez, R. 1986. Analgesia disociativa remota en el venado. I simposio sobre el venado en México. Memorias. FMVZ. UNAM. AZARM. México.
- Pelletier, J. and Almeida, G. 1987. Short light cycles induce persistent reproductive activity in Ile-de-France rams. J. Reprod. Fertil. Suppl. 34:215-226.
- Plotka, E. D., U. S. Seal, G. C. Schmoller, P. D. Karns and K. L. Kenlyne. 1977<sup>a</sup>. Reproductive steroids in the White-tailed deer (*Odocoileus virginianus*

- borealis): I. Seasonal changes in the female. *Biology of Reproduction* 16:340-343 pp.
- Plotka, E. D., U. S. Seal, L. Verme and J. J. Ozoga. 1977b. Reproductive steroids in the White-tailed deer (*Odocoileus virginianus borealis*): II. Progesterone and estrogen levels in peripheral plasma during pregnancy. *Biology of Reproduction* 17:78-83 pp.
- Plotka, E. D., U. S. Seal, L. Verme and J. J. Ozoga. 1980. Reproductive steroids in deer: III. Luteinizing hormone, stradiol and progesterone around estrus. *Biology of Reproduction* 22:576-581 pp.
- Refsal, K.R. 1986. Collection and evaluation of caprin semen. In Morrow D.A. *Current Therapy in Theriogenology*. W.B. Saunders, Philadelphia, 619-621.
- Roa, R.M. 1986. El venado Cola Blanca como animal de zoológico. I Simposio sobre venado en México. *Memorias FMVZ. UNAM. AZARM. México*.
- Robinson, R. M., Thomas, J. W. and Marburger, R. G. 1965. The reproductive cycle of male white-tailed deer in central texas. *Journal of Wildlife Management*. 29: 53-59 (1965).
- Salamon, S., Evans, G. and Maxwell, W. M. C.1990: Inseminación artificial de ovejas y cabras. 1ª ed. *Acribia S.A.*, España. 1990.
- Samour, H.J. 1977. Inseminación artificial en Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) Memoria del 1<sup>er</sup> Congreso Nacional de Zoología. ENA Chapingo, Méx.
- Scanlon, Patrick F. and Lenker, David K. 1983. Male reproductive characteristics of white-tailed deer during November and December. *Theriogenology*. 19: 855-867 (1983).
- SEMARNAT. 2007. Plan de manejo tipo de venado cola blanca en zonas templadas y tropicales de México. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Dirección General de Vida Silvestre. México, D.F.
- Senger, P.L. 2003. *Pathways to Pregnancy and Parturation*. Second revised edition. Print in U.S.A. pp. 213-239.
- Smith, W. P. 1991. Mammalian Species: *Odocoileus virginianus*. *The American Society of Mammalogists*. No. 388. 1-13 pp.
- Umapathy, G., Sontakke, S. D., Reddy, A., Shivaji, S. 2007. Seasonal in semen characteristics, semen cryopreservation, estrus synchronization, and successful artificial insemination in the spotted deer (*Axis axis*). *Theriogenology*. 67: 1371-1378 (2007).
- Verme, L. J. 1965. Reproductive studies on penned white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management* 29: 74-79.

- Villa-Ramírez, B. y F. A. Cervantes, 2003. Los mamíferos de México. Grupo Editorial Iberoamérica, S. A. de C. V. México, D. F. pp. 39-43, 45-52.
- Villarreal, G.J. 1986. Importancia cinegética y comportamiento del Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) del norte de México. I Simposio sobre el venado en México. Memorias, FMVZ, UNAM, AZARM. México.
- Villarreal, J. G. 1999. Venado cola blanca. Manejo y Aprovechamiento. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. 401 p.
- Watson, P.F. 2000. The causes of reduced fertility with cryopreserved semen. *Journal Animal Reproduction Science* 60-61:481-492.
- Willian, L. 1986. Taxonomía y ubicación del Venado Cola Blanca dentro del grupo de los mamíferos. I Simposio sobre el venado en México. Memorias FMVZ, UNAM, AZARM. México.
- Yoshida, M. 2000. Conservation of sperms: current status and new trends. *Journal Animal Reproduction Science* 60-61: 349-355.