

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



**Efecto del selenio más vitamina E sobre los parámetros de calidad seminal en  
carneros de la raza Dorper**

Por:

**Sofia Almendra Reyes López**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Octubre 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Efecto del selenio más vitamina E sobre los parámetros de calidad seminal en  
cameros de la raza Dorper

Por:

**Sofia Almendra Reyes López**

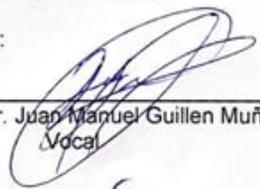
TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial  
para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Oscar Angel Garcia  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
MC. Gerardo Arellano Rodriguez  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Vocal Suplente

  
\_\_\_\_\_  
MVZ. J. GUADALUPE RODRIGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila de Zaragoza  
Octubre 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Efecto del selenio más vitamina E sobre los parámetros de calidad seminal en  
carneros de la raza Dorper

Por:

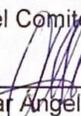
**Sofia Almendra Reyes López**

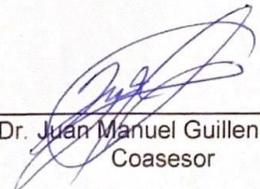
TESIS

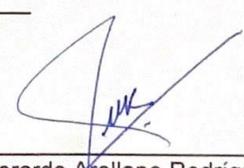
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Oscar Ángel García  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gerardo Afellano Rodríguez  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
MVZ. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal  
Torreón, Coahuila, México  
Octubre 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS** por darme la oportunidad de haber concluido el proyecto por darme la paciencia y fortaleza a lo largo de la carrera.

**A mi asesor de Tesis** al Doctor Oscar Ángel García por permitirme trabajar con él e incluirme en el proyecto por asesorarme a lo largo del desarrollo de este.

**A mis compañeros que cursan el posgrado** por permitirnos trabajar con ellos su paciencia y los conocimientos adquiridos.

**A todos los profesores** que siempre estuvieron dispuestos a enseñarnos, aclarar dudas en el ámbito laboral y algunos en el personal, por mencionar a algunos; el MVZ Raúl Carlos Rodríguez, Dr. David Bustamante, MVZ Aracely Zúñiga, MVZ Sergio Jhon, MVZ Jair O., Dr. Juan Luis Morales entre otros.

**A mis amigos** que a lo largo de toda la carrera nos apoyamos incondicionalmente, Daly, Emmanuel, Daniela, Oscar, Karla, Irvin, Diego, Jesús.

**Los médicos** que me permitieron desempeñarme en el campo laboral, por todo lo que me enseñaron; Frida Burciaga, Abraham Antelo, Eliver Muñoz, Cristina soto, y todos los equipos de médicos con los que forme una gran amistad.

## **DEDICATORIA**

**A mi madre** Paula Reyes y a mi abuela María del Carmen Medina por todo su apoyo tanto económico como moral por ser mi motivación para salir adelante y así concluir la carrera. Por los valores que me inculcaron y por no dejarme sola en ninguna etapa de mi vida.

**A mi hermana** Vanessa Reyes por brindarme su apoyo por siempre estar para mí.

**A mis primos** Joel Reyes y Edwin Reyes que siempre han estado conmigo.

**A mis amigos** más cercanos Angelica, Karla, Joana, Fernanda, Cristina, Talina, Fátima, Jorge, Gabriel, cada uno aportó algo en mi vida que permitió lograr esta meta los quiero mucho.

A una persona en especial Felipe Arteaga que a pesar de que estamos lejos siempre me motiva para cumplir mis metas.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el norte de México (25°N) durante la época reproductiva durante los meses octubre y noviembre del 2019. Se utilizaron carneros adultos de la raza Dorper, con fertilidad probada, homogéneos en cuanto a peso vivo y condición corporal. Un primer grupo (Tratado; n=5) recibió 1mg/kg equivalente a 75 UI de vitamina E (tocoferol), mientras que el segundo grupo (Control; n=5) se le aplicó 1 mL de solución salina fisiológica. Ambos tratamientos fueron aplicados cada tercer día durante 4 semanas. Al final de los tratamientos se evaluó la calidad seminal utilizando una vagina artificial estándar para ovinos y mantenida a una temperatura de 38 °C. Después de cada extracción el semen fue sumergido inmediatamente en baño maría a 37 °C para su posterior análisis durante los siguientes 10 minutos. El volumen seminal fue similar ( $0.9 \pm 0.1$ ) para ambos grupos ( $P > 0.05$ ). La motilidad masal e individual para el grupo tratado y control ( $2.1 \pm 0.3$  y  $60.6 \pm 13.6$ , respectivamente;  $P > 0.05$ ), al igual que concentración espermática ( $\times 10^6/\text{mL}$ ) y número de espermatozoides por mL ( $4482 \pm 390.8$  y  $5840.7 \pm 2421.0$  respectivamente;  $P > 0.05$ ). Mientras que el porcentaje de viabilidad espermática en general para ambos grupos fue de  $65.1 \pm 14.0$  ( $P < 0.05$ ). Se puede mencionar una respuesta similar con respecto a la latencia a la eyaculación, aunque no hay diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos el promedio general ( $195.7 \pm 99.3$  s). El PV y CC fue mayor en el grupo tratado en comparación con los machos Control ( $P < 0.05$ ). Los resultados del presente estudio demuestran que la aplicación de selenio más vitamina E mejora el peso corporal y la calidad seminal, aunque no estadísticamente si numéricamente. En conclusión, la administración de selenio más vitamina E durante la época reproductiva pudiera ser una alternativa para mejorar los parámetros productivos y de calidad seminal.

**Palabras clave:** Selenio, Vitamina E, Calidad seminal, Peso vivo

# ÍNDICE DE CONTENIDO

## Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA .....	ii
RESUMEN .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDEICE DE CUADROS Y FIGURAS .....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II.- REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Aparato reproductor del macho.....	3
2.2. Testículos.....	3
2.3 Escroto.....	4
2.4 Epidídimo .....	5
2.5 Conductos.....	6
2.6 Conductos deferentes .....	7
2.7 Prepucio.....	7
2.8 Pene .....	7
2.9 Glándulas accesorias .....	8
2.10 Próstata.....	9
2.11 Glándulas bulbouretrales .....	9
2.12 Uretra .....	10
2.13 Plasma seminal .....	11
2.14 Vesículas seminales.....	11
2.2.1Espermatogénesis.....	12
2.2.2 Fases de la espermatogénesis .....	13
2.3.2 Selenio .....	15
2.3.1 Importancia del selenio en la reproducción en ovinos.....	17
2.3.3 Vitamina E .....	18
2.3.4 Selenio y la combinación con vitamina E.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22

3.1 Localización del estudio y manejo de los animales .....	22
3.2 Colección y procesamiento del semen .....	22
3.3 Tratamiento de los machos .....	23
3.4 Variables evaluadas .....	23
3.4.1 Peso y condición corporal .....	23
3.4.2. Latencia a la eyaculación .....	23
3.4.3 Volumen seminal .....	23
3.4.4 Concentración espermática.....	24
3.4.5 El número total de espermatozoides por eyaculado .....	24
3.4.6 Motilidad masal.....	24
3.4.7 Viabilidad espermática .....	24
3.4.8 Análisis estadístico .....	24
IV. RESULTADOS.....	25
V. DISCUSIÓN.....	27
CONCLUSIÓN.....	30
LITERATURA CITADA.....	31

## **INDEICE DE CUADROS Y FIGURAS**

<b>No.</b>	<b>TÍTULO DE FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
<b>1</b>	Aparatos genitales alrededor de la próstata	<b>11</b>
<b>2</b>	Esquema de la Espermatogénesis	<b>13</b>
<b>3</b>	Peso y condición corporal	<b>26</b>
<b>4</b>	Parámetros de calidad seminal	<b>26</b>

## I. INTRODUCCIÓN

Los ovinos con los mejores parámetros de calidad posteyaculación y adecuada transmisión genética de las características pueden ser usadas como sementales para la creación de bancos de germoesperma, y de esta forma se garantiza la fertilidad por número de espermatozoides con alto rango de supervivencia al procesamiento (Carvajal-Serna *et al.*, 2016). Existen algunos factores que pueden afectar la calidad seminal (volumen, concentración, motilidad etc.) como la época del año, la edad, la raza, la frecuencia de montas, la deficiencia mineral tales como Cu, Se y Zn causan reducción en la espermatogénesis; indirectamente, afectan la salud animal en general (Vásquez-Armijo *et al.*, 2011)

La vitamina E y el selenio (Se) son micronutrientes esenciales. Intervienen en las defensas antioxidantes del organismo. La vitamina E es considerado una mezcla de tocoferoles y tocotrienoles, estos inhiben la lipoperoxidación principalmente por su capacidad para secuestrar los radicales peroxilos antes de que estos puedan reaccionar con ácidos grasos las membranas celulares (Dias-Zagoya *et al.*, 2008). El Se se concentra en la cola de los espermatozoides, siendo necesario para mantener la integridad estructural y función locomotora del mismo, la deficiencia de este mineral puede afectar la estructura y morfología de la cola del esperma y, por tanto, su movilidad y maduración (Salazar *et al.*, 2016).

La función más importante del selenio es la de proteger las células, o mejor dicho sus membranas, de la destrucción debido a procesos oxidativos, desarrollando una actividad antioxidante, tanto los radicales libres del oxígeno como los peróxidos son toxinas producidas a nivel celular capaces de dañar las membranas biológicas, las proteínas, los ácidos nucleicos y enzimas presentes en las células (Flores *et al.*, 2014; Bouvet *et al.*, 2007). La calidad de la membrana celular depende de su capacidad de permitir el transporte de determinados fluidos y ciertas moléculas a través de ella (Bouvet *et al.*, 2007).

La función antioxidante en el grupo (metal) como el cobre, zinc y selenio es intentar interrumpir la propagación de los radicales libres y prevenir la reacción en cadena de

la peroxidación. La acción de las especies reactivas de oxígeno (ROS) involucra la peroxidación de los ácidos grasos no saturados de la membrana plasmática, produce cambios en la fluidez de la misma que altera profundamente el comportamiento espermático, y conduce a problemas de migración, capacitación, unión y fusión de los gametos (Flores *et al.*, 2014; Bouvet *et al.*, 2007).

## II.- REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Aparato reproductor del macho

El sistema reproductor en el macho tiene múltiples funciones, la principal función de este sistema es la producción de gametos masculinos o espermatozoides en este caso por ser del aparato reproductor del macho para llevar a cabo la reproducción sexual, transporte de gametos, excreción de orina y eyaculación. Pero además actúa como una glándula endocrina que secreta hormonas andrógenos como la testosterona, la cual induce los caracteres sexuales secundarios, permitiendo de esta manera el dimorfismo sexual (Hafez y Hafez, 2002).

### 2.2. Testículos

Los testículos se desarrollan en el interior del abdomen, durante la vida fetal se produce el descenso de los testículos, que atraviesan la pared abdominal y el anillo inguinal, llegando al escroto (Rodríguez *et al.*, 2016). Al igual que los ovarios en las hembras, tienen una función exocrina de producción y maduración de espermatozoides y otra endocrina de producción de hormonas. Los testículos están rodeados por una firme cápsula de tejido conectivo, la túnica albugínea, que tiene 1-2 mm de espesor y está compuesta por fibras de colágeno y la túnica vaginal que es la capa serosa (Köning, 2011). La cual se divide en dos capas: una externa formada en su mayor parte por tejido conectivo fibroelástico denso, con algunas células musculares lisas, y una capa más interna rica en vasos sanguíneos denominada túnica vasculosa (Megias, 2019). En la parte posterior de cada testículo la capa albugínea se engruesa para formar el mediastino testicular, desde el cual se emiten hacia la parte anterior del testículo una serie de tabiques, denominados testiculares, que dividen al testículo en numerosos compartimentos con forma piramidal denominados lobulillos testiculares. Estos lobulillos se conectan unos con otros mediante discontinuidades de los tabiques testiculares y cada uno contiene entre 1 y 4 túbulos seminíferos, rodeados por conectivo laxo. En este conectivo se encuentran vasos sanguíneos, prolongaciones nerviosas y células intersticiales como las células de Leydig, que son las células productoras de testosterona (Megias *et al.*, 2019).

El epitelio germinativo forma la mayor parte del túbulo seminífero y contiene las células germinales o espermatogonias, además de células somáticas denominadas células de Sertoli. Estas últimas no se dividen después de la pubertad. Las células germinales o espermatogonias constituyen la mayor parte del epitelio germinativo y están en constante proceso de proliferación, bien sea por mitosis, para dar nuevas células germinales, o por meiosis para producir gametos. La meiosis es un proceso fundamental para la reproducción sexual puesto que produce variabilidad génica mediante recombinación entre cromosomas homólogos y termina dando células haploides, las cuales por un proceso denominado espermiogénesis se transformarán en espermatozoides (Megias *et al.*, 2019).

Cada túbulo seminífero está rodeado por una capa de tejido conectivo fibroso denominada capa limitante o peritubular. Este tejido conectivo contiene numerosas fibras y algunas células musculares lisas denominadas células mioideas, las cuales permiten la contracción de los túbulos seminíferos y el desplazamiento de los espermatozoides producidos hasta la red testicular (Rodríguez *et al.*, 2016).

### **2.3 Escroto**

El testículo está unido a la pared interna del escroto a lo largo de la línea de su unión con el epidídimo. Su posición en el escroto y la orientación de su eje mayor difieren con la especie (Rodríguez *et al.*, 2016).

En la especie Caprina y Ovina, el escroto es pendular. La piel es delgada y elástica, presenta pelos finos diseminados (caprino) o lana (ovina) (Aisen, 2004).

La envoltura del testículo son desprendimientos y continuaciones de la capa de la pared abdominal y pueden subdividirse en forma análoga a estas en la piel externas, el tejido subcutáneo y la fascia espermática externa se extienden en forma conjunta sobre la bolsa testicular o escroto. Este revestimiento externo del escroto muestra escasa presencia de pelos, contiene numerosas glándulas sudoríparas y sebáceas y está finamente unida a la túnica de dartos. Esta última apoya sobre una delgada capa de tejido conectivo, la fascia subdartoica. La túnica de dartos está atravesada por fibras

musculares lisas que arrugan la piel del escroto y así posibilitan la regulación de la temperatura del testículo. La línea de separación aparece exteriormente como rafe del escroto (Koning, 2005). Fascia escrotal; se deriva aparentemente de los músculos oblicuos abdominales y está constituida principalmente por tejido conectivo laxo y una capa parietal de la túnica vaginal; que contiene vasos y nervios (Hafez y Hafez, 2002).

La bolsa o conjunto de vainas que conforman el escroto tienen la misión de proteger las glándulas masculinas y mantener la temperatura homogénea inferior a la corporal en unos 4°C para no afectar la espermatogénesis y proteger el parénquima testicular (Valera, 2007). La regulación de la temperatura se realiza a través del intercambio de calor que se produce a nivel del plexo pomiforme entre la sangre venosa y arterial, y por la capacidad que le confiere al dartos para contraerse. Y el músculo cremáster (Aisen, 2004).

## **2.4 Epidídimo**

Es un órgano tubular adherido al testículo y se divide en cabeza, cuerpo y cola. La maduración de los espermatozoides, es decir, la adquisición de la motilidad y la capacidad de fertilización se efectúa en la cabeza y cuerpo, mientras que es la cola se almacenan las células maduras. Dado que el ciclo completo de la formación y maduración espermática dura alrededor de 2 meses, toda alteración del estado general del animal podrá verse reflejado en semen eyaculado una vez cumplido el periodo (Aisen, 2004).

Comienza en la cabeza, en la que una cantidad variable de conductos excretorios del testículo, reabsorción de la mayor parte de fluido que abandona este. Se unen al conducto epididimario; continúa en el estrecho cuerpo en el que se maduran y termina en el otro extremo del testículo en la cola del epidídimo, La cola del epidídimo tiene la capacidad de almacenar espermatozoides durante varias semanas manteniendo su capacidad fecundante, y es el principal sitio de almacenamiento de los espermatozoides dentro del aparato reproductor masculino, conteniendo el 70% de los

espermatozoides producidos, mientras que el conducto deferente sólo contiene un 2%. Parte de los espermatozoides no eyaculados se eliminan por la orina y el resto envejecen y se desintegran (Rodríguez *et al.*, 2016).

## 2.5 Conductos

El sistema reproductor masculino cuenta con una serie de conductos destinados a recoger, almacenar y liberar a los gametos masculinos. Las porciones rectas de los túbulos seminíferos se sitúan en los vértices o parte posterior de los lobulillos testiculares y son las encargadas de recoger la producción de gametos de las otras partes de los túbulos seminíferos. Tienen un recorrido corto, carecen de células germinales y están formadas sólo por células de Sertoli. Confluyen en una red de tubos anastomosados e inmersos en el mediastino testicular denominada red testicular, también rete testis o red de Haller, cuyos conductos están formados por epitelio cúbico simple (Megias, 2019).

El conducto del epidídimo se transforma en conducto deferente, el cual transcurre desde el escroto hasta la región inguinal, recorriendo la pared lateral de la pelvis en dirección hacia la uretra es un conducto de paredes muy gruesas y una luz muy reducida. Está revestido por un epitelio pseudoestratificado, bajo el cual hay una lámina propia muy delgada y una submucosa poco delimitada, externamente presenta una capa muscular muy desarrollada con tres capas de músculo liso, una capa adventicia rodea a la capa muscular. Cerca de su terminación el conducto deferente forma una dilatación denominada ampolla (Megias, 2019).

El conducto eyaculador es un segmento terminal corto que ocupa el tramo que hay tras la ampolla del conducto deferente, atraviesa la próstata y desemboca en la uretra. Es un conducto formado por epitelio cilíndrico o pseudoestratificado (Megias, 2019).

Cada conducto espermático o deferente forma con la arteria y la vena testicular, los vasos linfáticos, los nervios y el músculo cremáster, atraviesan el anillo inguinal, la cavidad abdominal y la cavidad pelviana y desembocan en la uretra pélvica, donde se encuentran dos esfínteres, y da paso a la orina y otro externo que es el que da paso al espermatozoides en la eyaculación (Caravaca *et al.*, 2003).

## 2.6 Conductos deferentes

Al final del epidídimo se encuentran los conductos deferentes de naturaleza muscular que van desde la cola del epidídimo hasta la uretra pélvica, los cuales están muy innervados y vascularizados (Caravaca *et al.*, 2003).

La función de los conductos deferentes es transportar a los espermatozoides a la uretra en preparación para la eyaculación y también almacenan a los espermatozoides (Guido, 2014). La dilatación de cada conducto deferente al final de su trayectoria se conoce como ampolla o ámpula del conducto deferente, y sirve como un reservorio espermático (Aisen, 2004).

Los conductos deferentes (uno en cada testículo) forma con la arteria y vena testicular, los vasos linfáticos, los nervios y el músculo cremáster, el llamado cordón espermático. Estos cordones atraviesan el anillo inguinal, la cavidad abdominal y la cavidad pelviana y desembocan en la uretra pélvica, donde se encuentran dos esfínteres uno interno que corresponde a la vejiga y da paso a la orina y otro externo que es el que da paso al esperma en la eyaculación (Caravaca *et al.*, 2003)2.7

## 2.7 Prepucio

La porción libre del pene está encerrada en una vaina cutánea, denominada prepucio, que durante la erección permite la salida de este último a través del orificio prepucial (Caravaca *et al.*, 2008)

Es una estructura desarrollada a partir de la piel. En los rumiantes y porcinos se le considera constituido por dos porciones la peniana y la prepeniana (Galina y Valencia, 2008).

## 2.8 Pene

Es un órgano que tiene doble función: la expulsión de la orina y de semen. El conducto urogenital en su trayecto final es el órgano copulador masculino, llamado pene de hecho es el órgano que hace posible el depósito del semen en las vías genitales de la hembra para que se produzca posteriormente la fecundación (Caravaca *et al.*, 2003). El pene de los mamíferos tiene tres cuerpos cavernosos que se agrupan alrededor de la uretra. Los toros, los cerdos y los carneros tienen una flexura sigmoidea, una curva

en forma de S en el pene, lo que permite que se retraiga por completo, la cual se distiende por la relajación de los músculos retractores del pene durante la erección y vuelve a su porción de descanso por la contracción de estos músculos (Hafez y Hafez, 2002).

En algunas especies los tejidos subcutáneos de la parte libre del pene forman un cuerpo cavernoso bien desarrollado, el cuerpo esponjoso del glande, que es el cuerpo eréctil del glande peneano (Rodríguez *et al.*, 2016). La erección es iniciada por estímulos que llegan al cerebro, la información se procesa y se originan impulsos parasimpáticos. Al dilatarse las arteriolas del pene se comienza a acumular sangre en los cuerpos cavernosos. Al mismo tiempo se contraen los músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso, lo que comprime a la vena dorsal del pene e impide el retorno venoso, la erección termina al relajarse los músculos (Samper *et al.*, 2007). El pene y el escroto son irrigados por la arteria pudenda externa, la cual proviene de la calidad abdominal a través del conducto inguinal (Hafez y Hafez, 2002).

## **2.9 Glándulas accesorias.**

En el aparato reproductor de los animales mamíferos describe glándulas que tienen como función la de segregar sustancias que favorecen el transporte y alimentación de los espermatozoides una vez depositado en el aparato reproductor femenino (Caravaca *et al.*, 2003).

La próstata, las glándulas vesiculares, bulbouretrales vierten sus secreciones en la uretra donde, en el momento de la eyaculación, se mezclan con la suspensión de espermatozoides y secreciones de la ampolla del conducto deferente. Estas secreciones aportan un medio líquido nutritivo para el transporte de los espermatozoides, aunque éstos son fecundantes cuando se obtienen de la cola del epidídimo y se emplean para inseminar sin agregar las secreciones de las glándulas accesorias (Rodríguez *et al.*, 2016). La situación, tamaño y cantidad de líquido producido por cada una de estas glándulas varía entre las especies domésticas, por lo

que el volumen del eyaculado también es diferente entre cada especie (Caravaca *et al.*, 2003).

### **2.10 Próstata**

La próstata es un órgano fibromuscular y glandular, produce una secreción líquida que forma parte del semen, contiene sustancias que proporcionan nutrientes y un medio adecuado para la supervivencia de los espermatozoides (Acosta *et al.*, 2019). Es única y rodea a la uretra, existe en todos los animales consta de:

a) Cuerpo

b) Porción diseminada

La porción diseminada de la próstata se encuentra distribuida en toda longitud de la uretra bajo una capa muscular, por lo que no es detectable por medio de palpación. El líquido prostático drena la uretra a través de varios túbulos excretores muy pequeños (Páramo, 2008).

La secreción de la próstata contribuye a la formación del eyaculado en diferentes porciones dependiendo de la especie; en los rumiantes representa el 4-6% (Galina y Valencia, 2006). La glándula prostática se identifica fácilmente por ultrasonido, con sus dos lóbulos simétricos y homogéneamente ecogénicos vistos claramente. Las dilataciones hipoecoicas dentro del parénquima de la glándula de cada lóbulo suelen ser evidentes. Estos espacios hipoecogénicos son más pequeños dentro del istmo de la glándula, y se sabe que el tamaño de estos espacios varía con la frecuencia de la eyaculación y el grado de estimulación sexual (Carleton, 2011).

### **2.11 Glándulas bulbouretrales**

También llamadas glándulas de Cowper, son cuerpos redondeados compactos en forma de nuez y con una cápsula. Se localizan sobre la uretra cerca de la salida de la cavidad pélvica. No se puede palpar debido a que está cubierta con tejido fibroso y por parte del bulboesponjoso o bulbouretral. La secreción de estas glándulas no forma el eyaculado, ya que su función es básicamente limpiar y lubricar la uretra para el paso

del eyaculado. Esto se debe a que la secreción de estas glándulas forma parte del preeyaculado (Caravaca *et al.*, 2003). Estas estructuras se presentan en par y su secreción es filante y/o mucosa que proporcionan al semen un aspecto gelatinoso y que produce una sustancia viscosa (Caravaca *et al.*, 2003)

Similar a la próstata, múltiples conductos de las glándulas bulbouretrales entran en el aspecto medial de la uretra distal a los conductos prostáticos. Las secreciones de la glándula bulbouretrales constituyen la mayor parte de la primera fracción de la eyaculación y es probable que funcionen para limpiar la uretra antes de la eyaculación (Galina y Valencia, 2008). Las ámpulas se encuentran en el caballo, toro y carnero, y por el hecho de presentar glándulas tubulares revestidas por células epiteliales columnares secretoras, productoras de líquido, que contribuyen al transporte de los espermatozoides, se le conoce como glándulas (Galina y Valencia., 2008).

## **2.12 Uretra**

En los machos funciona en su mayor parte como vía urinaria y seminal. En los animales machos la uretra se divide en las siguientes partes:

Parte pélvica se extiende desde el orificio interno de la uretra, en el cuello de la vejiga, hasta la salida de la pelvis en el arco isquiático. Su segmento entre el orificio interno de la uretra y el colículo seminal se denomina parte peniana y genital, la parte prostática y la parte peniana de la uretra. La primera de ellas se extiende hasta la salida de la pelvis en el arco isquiático. A continuación, comienza la parte peniana, debido a su doble función urinaria y genital (Köning, 2005).

El músculo uretral, estriado, rodea a la uretra en casi toda su longitud. Las fibras musculares caudales se disponen alrededor de la uretra en forma de la letra U. Sus contracciones cierran el orificio uretral mediante la presión de una sobre la otra. El musculo uretral, voluntario, recibe fibras simpáticas y parasimpáticas. La tela submucosa de la uretra contiene un plexo venoso que por sus características eréctiles contribuyen al mantenimiento de la continencia (Köning, 2005).

### 2.13 Plasma seminal

La porción líquida del semen producida por las glándulas accesorias se denomina plasma seminal. El plasma seminal consiste en proteínas, carbohidratos, ácido láctico, glicerilfosforilcolina y otros sustratos que están involucrados en muchos aspectos del metabolismo y la función de los espermatozoides (Dascanio y McCue, 2014; Aurich *et al.*, 2018). Nutre los espermatozoides, limpia la uretra antes de la eyaculación, lubrica el pene facilitando el coito, transporte de espermatozoides.

### 2.14 Vesículas seminales.

Son órganos localizados en la cavidad pélvica, tienen forma alargada lobulada y están formadas por grandes lobulillos (Galina y Valencia, 2006). Se encuentra en porción lateral respecto a las porciones terminales de cada conducto deferente. El conducto deferente suele compartir un conducto eyaculatorio común que se abre en la uretra (Hafez, 2000).

Secretan un líquido opaco, viscoso, rico en proteínas, sales de potasio, ácido cítrico y fructuosa, de color amarillento que pueden llegar a ser más del 50 % del eyaculado (Presa *et al.*, 2009).

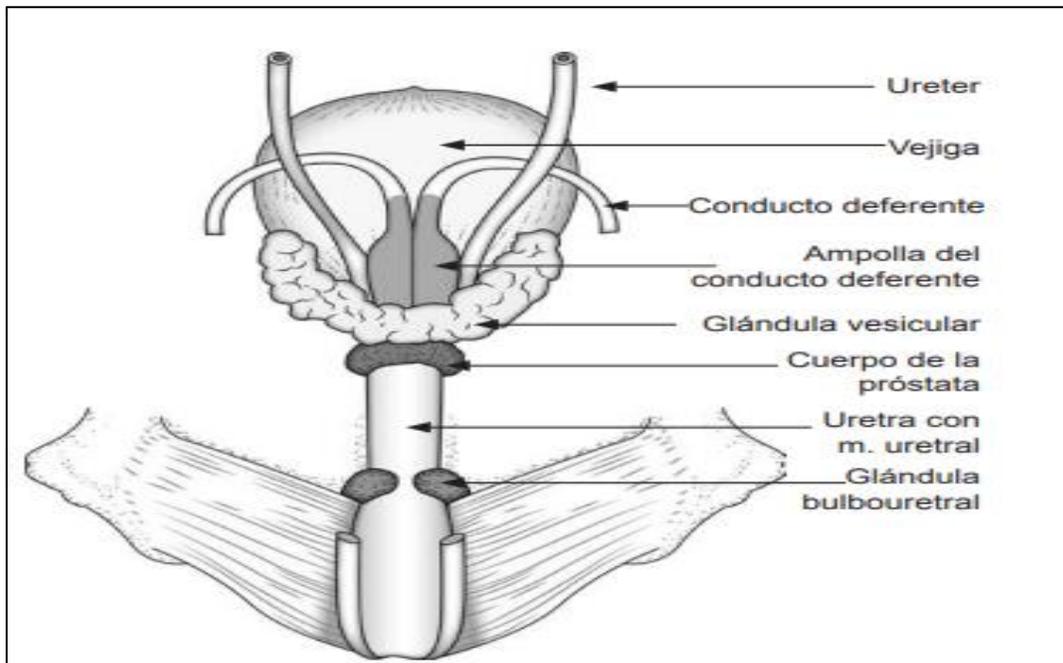


Figura 1. Aparato genital en el macho (Hafez y Hafez, 2002).

### **2.2.1 Espermatogénesis**

La espermatogénesis es el proceso de producción de esperma por el epitelio seminífero durante el cual las células madre espermatogoniales generan espermatoцитos, que diferencian, multiplican y generan espermatozoides. Esto ocurre dentro de los túbulos seminíferos, que son el componente principal del parénquima testicular en los testículos del semental (Carleton, 2011).

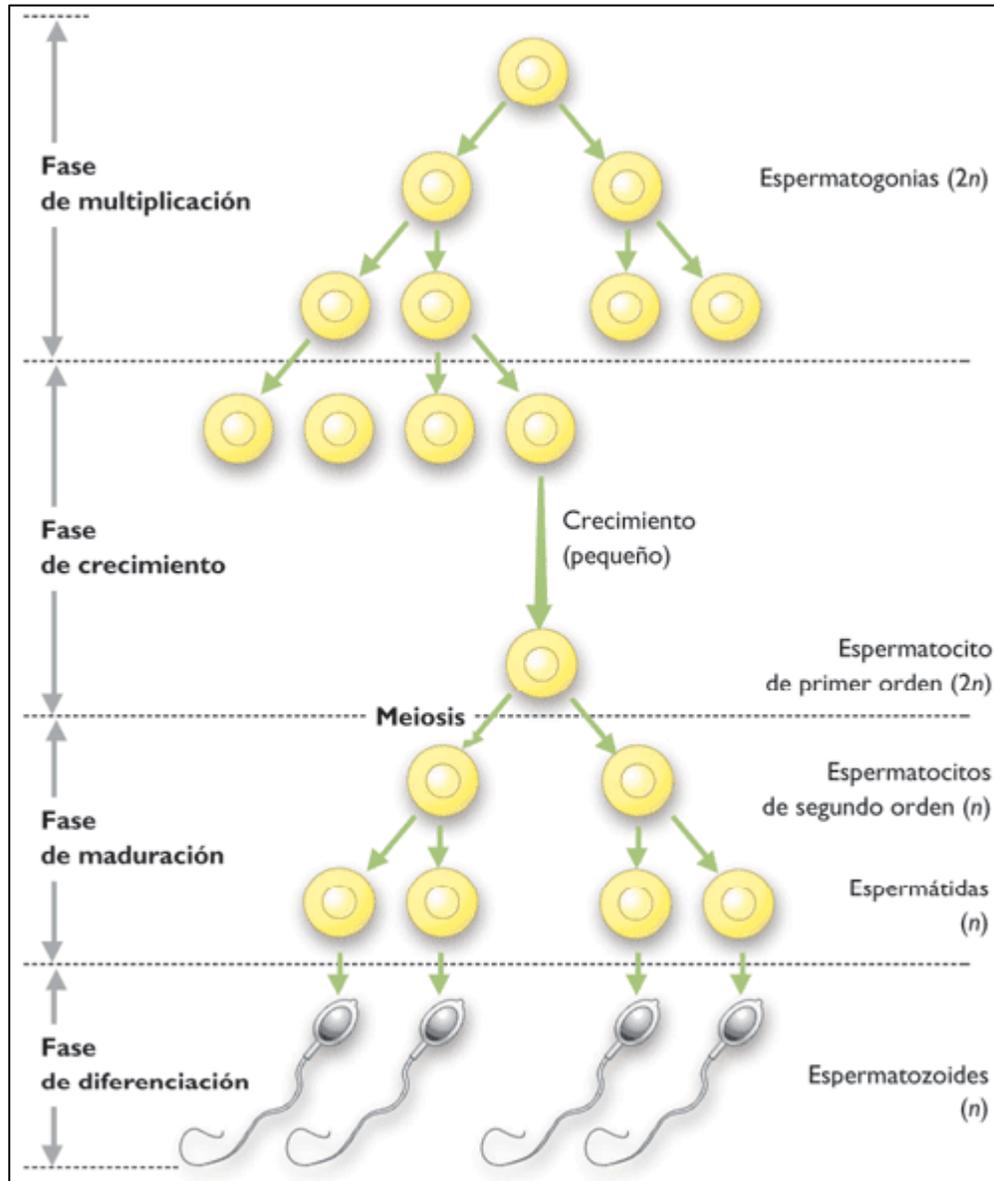
La espermatogénesis normal necesita un ambiente hormonal adecuado, una expresión génica precisa, pobremente conocida; y un apareamiento y distribución cromosómica correctas para dar lugar a gametos funcionales y en cantidad normal (Simón, 2003). En todos los mamíferos la espermatogénesis depende del eje hipotálamo- hipófisis- testículo, en donde se involucran la acción de las gonadotropinas, el mecanismo de feedback de los esteroides, las proteínas y la modulación paracrina y autocrina de muchas sustancias y factores de crecimiento entre otros (GF1 ya que la producción espermática depende de la secreción de las diferentes hormonas en el organismo como hormonas metabólicas (GH, IGF1) por otro lado la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina , de las hormonas de la pituitaria anterior, LH, FSH y las hormonas testiculares como los andrógenos y la inhibina. La testosterona es muy importante ya que mantiene y restaura el proceso de espermatogénesis en los testículos de animales adultos, mientras que la LH estimula la síntesis androgénica en las células de Leydig de los testículos estos andrógenos regulan localmente la producción espermática y realizan una retroacción negativa hacia el hipotálamo para controlar la liberación de GnRH y así la expansión de la espermatogénesis en la pubertad.

Los tres actores de la producción de espermatozoides, espermatogénesis son;

- 1) Las células germinales, cuya división y diferenciación celular va a dar lugar a la formación de espermatozoides.

- 2) Las células de Leydig, en los espacios intertubulares productores de testosterona, hormona imprescindible para que se produzca la meiosis.

3) Las células de Sertoli en el interior de los túbulos seminíferos, que van a aportar la estructura y el microclima preciso para que la espermatogénesis se desarrolle adecuadamente (Simón, 2003).



**Figura 1.2** Esquema de la espermatogénesis tomada de (Tomado de Gallardo *et al* 2004).

### 2.2.2 Fases de la espermatogénesis

**1.La fase proliferativa.** Después de la pubertad la vida productiva del macho, las espermatogonias se dividen de una manera rápida y sucesiva por mitosis: tipo A0

a las A1-A4, las intermedias, y las tipo B. Todas ellas representan estadios sucesivos del desarrollo de la espermatogonia (Galina y Valencia 2008).

**2.La fase meiótica.** El material genético es recombinado y es segregado. El espermatocito primario realiza su primera división meiótica o reduccional para dar origen a los espermatocitos secundarios. Esta es una fase prolongada donde

ocurren los cambios de material genético de los pares de cromosomas las fases de esta división son iguales a los que ocurren en la meiosis de la hembra. Durante este periodo no solo se realiza la reducción en el número de cromosomas somáticas sino también los cromosomas sexuales. Se separan de manera que un espermatocito secundario recibe el cromosoma X y el otro el cromosoma Y. En la segunda división meiótica de cada espermatocito secundario se produce dos espermátidas.

**3. La fase de diferenciación o fase espermatogénica.** Consiste en la transformación de las espermátidas en espermatozoides estructuralmente equipadas para fertilizar a un óvulo. Estos cambios ocurren cuando las espermátidas están en contacto con el citoplasma de las células de Sertoli. Durante este proceso comienzan a diferenciarse las partes que contribuyen el espermatozoide, primero la cabeza (formada casi exclusivamente por el núcleo, el acrosoma o capuchón cefálico y la cola) (Galina y Valencia, 2008).

#### **Elementos celulares del ciclo espermatogénico:**

- **Espermatogonias:** Proceden de los gonocitos y están contenidas en la capa de los túbulos seminíferos.
- **Espermatocitos:** Los espermatocitos son el resultado de la mitosis de espermatogonias y son las células germinativas que sufren división meiótica. Al final de la profase meiótica coincide con la fase 4 del epitelio seminífero, durante

la que suceden rápidamente la metafase, anafase y telofase. En este momento aparecen los espermatoцитos secundarios.

**Espermátidas:** Es la suma de todos los cambios nucleares, estos cambios determinan el producto final: espermatozoides (Dascanio y McCue, 2014).

### 2.3.2 Selenio

El Se es un micromineral que se encuentra en forma de compuestos inorgánicos como selenito y seleniato, o compuestos orgánicos en forma de seleno-aminoácidos tales como seleno-cisteína y seleno-metionina. Este mineral genera beneficios para la salud ya que forma parte importante de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px), enzima encargada de proteger el organismo contra agentes oxidantes (Vinchira y Muñoz, 2010). El Se es un cofactor de la enzima glutatión peroxidasa que actúa en los compartimientos intracelulares y extracelulares, catalizando la destrucción de peróxidos (López *et al.*, 1997).

El selenio juega un papel importante en muchas funciones biológicas más allá de cumplir con los requisitos nutricionales básicos, como la formación de hormonas tiroideas, síntesis de ADN, reproducción e inmunidad. El selenio también participa en los sistemas de defensa antioxidante y en las glutatión peroxidases, y se ha sugerido que al menos otras siete selenoproteínas desempeñan un papel de protección contra el estrés oxidativo y la eliminación de toxinas reactivas de especies de oxígeno. Deficiencias nutricionales de selenio causa depresión del estado antioxidante y luego conduce a muerte celular, falla del sistema orgánico, cáncer, enfermedad inflamatoria, enfermedad cardiovascular, cicatrización deficiente de la herida, discapacidad auditiva y accidente cerebrovascular (Quin *et al.*, 2015).

Los efectos positivos de la suplementación de selenio se han asociado con una mayor actividad de la enzima GSH-Px, tanto en sangre como en tejidos. Hay claras evidencias de que los animales presentan mayores necesidades de selenio durante la etapa reproductiva, puesto que, en las rutas metabólicas de los organismos en

desarrollo, con un alto número de mitosis, se originan gran cantidad de radicales libres como productos intermediarios. Cuando estos peróxidos no son destruidos por medio de la GSH-Px se producen alteraciones en las membranas celulares que hacen que dichas rutas metabólicas se desregulen fácilmente y ocurran gran cantidad de disturbios metabólicos, cuya consecuencia final será la incapacidad del animal del mantenimiento de la función reproductiva (López *et al.*, 1997).

La deficiencia de Se afecta la salud y producción del rebaño ovino, puede causar mortalidad alta de corderos durante la lactancia y crecimiento, reduce la ganancia de peso de ovinos en crecimiento y ocasiona problemas reproductivos como retención de placenta de las ovejas y menor calidad del eyaculado en los sementales (Carrillo-Nieto, 2018). La producción equilibrada de ROS y enzimas Antioxidantes está relacionada con las funciones esperma fisiológico, Sin embargo, la producción excesiva de estos metabolitos reduce la motilidad y la viabilidad de esperma, para aumentar los defectos de la esperma y comenzar una reacción en cadena de oxidación de proteínas, lípidos y ADN.

Específicamente, las bacterias ruminales metabolizan la forma inorgánica, incorporándolo a la proteína microbiana como selenometionina; por lo que un aumento en la retención microbiana puede causar competencia con el animal. Después de que el Se pasa los pre-estómagos, ya sea en forma iónica o incorporada a las bacterias, se absorbe en duodeno y se transporta por plasma para incorporarse a los eritrocitos, leucocitos, mioglobina, nucleoproteínas, miosina y varias enzimas. Las diferencias de absorción entre rumiantes y no rumiantes, se debe a la interacción del mineral ocasionada por los microorganismos del rumen, que cambian una parte en formas insolubles (Se elemental y selenuros) y otra porción la agregan a proteínas para formar algunos selenoaminoácidos como son la selenometionina y selenocistina (López-Gutiérrez *et al* 2012).

La eliminación del Se en rumiantes es en heces y ocurre en dos etapas: La primera está relacionada con la dosis administrada; la segunda es influenciada por la cantidad de Se presente en el animal. Otra forma de eliminación es en forma de exhalación,

excreción urinaria o excreción endógena fecal. En la secreción biliar aproximadamente un 28 % de la ingestión total corresponde al Se; a pesar de que la mayor parte se reabsorbe, el resto se eliminará en las pérdidas endógenas fecales, las cuáles afectan negativamente el balance de Se (López-Gutiérrez *et al.*, 2012).

### **2.3.1 Importancia del selenio en la reproducción en ovinos**

El Se tiene un rol importante en la reproducción del macho, pues es un componente fundamental de la selenocisteína. La selenocisteína es un aminoácido análogo a la cisteína que contiene selenio en vez de azufre y es catalogado, también, como el aminoácido 21 (esencial). La selenocisteína es, a la vez, componente de las selenoproteínas (Salazar *et al.*, 2016). El Se también muestra una gran influencia en la fertilidad del macho afectando a la calidad del semen encontraron que el plasma seminal contiene elevadas cantidades de GSH-Px, cuya función es proteger a la membrana del espermatozoide del ataque peroxidativo; además, en la cola del gameto masculino hay un selenopéptido que hace que ante una deficiencia de selenio se produzca una fractura en mitad de la cola del espermatozoide (López *et al.*, 1997). Las selenoproteínas más estudiadas e importantes en el sistema reproductor del macho son GPx1, GPx3, GPx4, GPx5, las cuales protegen a las células, contra daños oxidativos, durante los procesos de mitosis y maduración espermática. Otras selenoproteínas, como mGPx4 y SnGpx4, sirven como componentes estructurales de espermatozoides maduros (Salazar *et al.*, 2016). La deficiencia de este mineral puede afectar la estructura morfológica de la cola del espermatozoide, y, por tanto, su movilidad y maduración. El Se desempeña el rol de agente antioxidante durante la espermatogénesis (Salazar *et al.*, 2016).

El Se es un elemento importante desde un punto de vista ambiental y biológico, ya que es esencial en un rango de concentración muy estrecho; mientras que, fuera de este rango, se produce deficiencia o toxicidad. El Se es un antioxidante natural que retrasa

la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados y conserva la elasticidad del tejido (Betolino *et al.*, 2010).

### **2.3.3 Vitamina E**

La vitamina E disminuyen el grado de peroxidación lipídica. En los últimos 10 años la función celular antioxidante del  $\alpha$ -tocoferol ha sido ampliamente investigada. La vitamina E tiene un impacto en la prevención de enfermedades crónicas; se cree que este efecto está asociado al estrés oxidante y sus efectos benéficos han sido demostrados en varios estudios (Membrillo-Ortega *et al.*, 2003).

La vitamina E también llamada vitamina antiesterilidad o factor X, se encuentra ampliamente distribuida en las plantas. Se presenta en forma natural como alfa, beta, gamma y delta- tocoferoles o tocotrioles. El tocoferol es la forma con el valor nutricional más alto. Se ha usado como promotor de la fecundidad, tiene efecto definitivo como antioxidantes primariamente de lípidos, y como se mencionó se asocia al selenio formando parte del denominado “sistema de defensa antioxidante del organismo”. Además, se ha sugerido que la vitamina E tiene un papel especial en la utilización del oxígeno a nivel celular o como parte de los sistemas enzimáticos respiratorios de las células (Sumano y Ocampo, 2006).

Los radicales peroxilos, pueden generarse, por ejemplo, a partir de los ácidos grasos poliinsaturados de los fosfolípidos de las membranas o en las lipoproteínas después de la pérdida de hidrógenos (proceso llamado iniciación) y la adición de una molécula de oxígeno (Febles *et al.*, 2002). Esta alta reactividad es de gran importancia en las membranas, porque los tocoferoles al reaccionar con los radicales peroxilos lipídicos generan hidroperóxidos lipídicos relativamente estables. Los radicales tocoferilos interrumpen la reacción radical en cadena, por lo que protegen de la peroxidación lipídica. De hecho, en plasma y en eritrocitos, la vitamina E es el principal antioxidante liposoluble que protege los lípidos contra el daño oxidativo (Febles *et al.*, 2002).

Los efectos protectores de la vitamina E se complementan con los sistemas glutatión-Peroxidasa y ambos dependen de la presencia de selenio (Sumano y Ocampo, 2006). Por su parte, la vitamina E mantiene la integridad de los fosfolípidos de la membrana celular protegiéndolos contra el daño oxidativo y la peroxidación (Fraire-Cordero, 2013).

El papel mejor descrito para la vitamina E en mamíferos se explica en gran parte por sus efectos bien estudiados sobre la función muscular. Recientemente, también se ha demostrado que la vitamina E interviene directamente en la vía de señalización celular de la proteína quinasa y regula las enzimas involucradas en la cascada del ácido araquidónico, como es el caso de otros mamíferos, los rumiantes no sintetizan vitamina E, pero sí lo requieren en la dieta (van y callan, 2001).

#### **2.3.4 Selenio y la combinación con vitamina E**

El Se es un elemento mineral traza con actividad antioxidante que, en conjunto con la vitamina E, realiza funciones esenciales para prevenir daños celulares. Por lo tanto, ambas son parte del sistema antioxidante del organismo contra el estrés oxidativo, el cual es una condición del desequilibrio entre las especies de oxígeno reactivo (radicales libres y los antioxidantes del cuerpo, que pueden conducir a daños espermáticos, deformidades y, finalmente, infertilidad masculina). Hay una selenoproteína con funciones protectoras en la cápsula mitocondrial del espermatozoide; en sementales ovinos, el Se y la vitamina E mejoran la calidad del semen, asociado con una mayor concentración de testosterona y mejor actividad de la enzima GDH-PX en suero sanguíneo (Carrillo- Nieto, 2018). La actividad biológica del selenio parece ser a través de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-PX), la cual en cooperación con la vitamina E y algunos otros elementos antioxidantes son capaces de reducir los efectos destructivos sobre las células vivas de reacciones peroxidativas (Merida, 2006

El estrés oxidativo es causado por un desbalance que ocurre cuando la producción especies reactivas de oxígeno y nitrógeno exceden la capacidad de antioxidantes del sistema biológico que facilitan la desintoxicación de estas moléculas, pueden causar

efectos tóxicos en los componentes de la célula incluidas proteínas, lípidos y DNA. Puede influenciar potencialmente en la fertilidad por que daña la membrana espermática y puede resultar en una pobre motilidad y perder habilidad para fecundar (Abad *et al.*, 2013).

En el estudio actual, también observamos una estadística mejora en los parámetros clave del semen después del tratamiento con un antioxidante. Mejoras significativas fueron particularmente detectado para la motilidad hacia adelante y el porcentaje de espermatozoides viables (Abad *et al.*, 2013).

## **HIPÓTESIS**

La administración de selenio más vitamina E mejorara los parámetros de calidad seminal en carneros de la raza Dorper.

## **OBJETIVO**

Evaluar el efecto de la administración de selenio más vitamina E sobre los parámetros de calidad seminal en carneros de la raza Dorper.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### General

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002) con número de referencia de aprobación institucional UAAAN-UL/ 38111-425501002-2706.

#### **3.1 Localización del estudio y manejo de los animales**

El experimento se realizó durante la época reproductiva (octubre y noviembre), en el norte de México en el Ejido Granada, Mpio. de Matamoros, Coahuila durante los meses octubre y noviembre del 2019. El área de estudio se encuentra a una altitud 1120 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero (CONAGUA, 2015).

Se utilizaron carneros adultos de la raza Dorper (n = 10, de 2 a 4 años de edad), con fertilidad probada (utilizados en monta natural) y homogéneos en cuanto a peso vivo (PV;  $61.8 \pm 1.4$  kg) y condición corporal (CC;  $2.8 \pm 0.2$  unidades). Durante el periodo experimental, los carneros fueron alimentados dos veces al día (1000 y 1800 h) con sobrante de ganado lechero (17% PC y 1.5% E M), en base a sus requerimientos nutricionales (NRC, 2007). Los machos tuvieron agua limpia y sales minerales a libre acceso y un periodo de adaptación de 2 semanas previas a la investigación.

#### **3.2 Colección y procesamiento del semen**

El semen fue colectado por la mañana (0800 a 1000 h) cada 7 d, durante cuatro semanas, se usó como estímulo para la extracción de semen una hembra en estro. El semen fue recolectado con una vagina artificial estándar para ovinos y caprinos, la cual fue precalentada a 42°C previo a la extracción y mantenida a una temperatura de 38

°C. Después de cada extracción el semen fue puesto inmediatamente en baño maría a 37 °C para su posterior análisis durante los siguientes 10 minutos.

### **3.3 Tratamiento de los machos**

Se utilizaron 10 borregos de raza Dorper, los cuales fueron distribuidos en 2 grupos: un primer grupo (Tratado; n=5) recibió 1mg/kg de selenito de sodio más 75 UI de vitamina E (tocoferol), mientras que el segundo grupo (Control; n=5) se le aplicó 1 mL de solución salina fisiológica. Ambos tratamientos fueron aplicados cada tercer día durante 4 semanas.

### **3.4 Variables evaluadas**

#### **3.4.1 Peso y condición corporal**

Los animales fueron identificados individualmente y se registró el peso vivo (PV), condición corporal (CC) al inicio y al final del periodo experimental. La CC fue medida en una escala del 1 al 5 (donde 1 es muy delgado y 5 es muy gordo; Russel, 1984); para la CE se midió la parte media de los testículos con una cinta métrica (Braun et al., 1980).

#### **3.4.2. Latencia a la eyaculación**

Latencia a la eyaculación (segundos), considerada como el período de tiempo desde el momento en que el carnero fue expuesto a una hembra en estro hasta el momento en que el carnero eyaculó dentro de la vagina artificial. Cada macho fue expuesto a la hembra por  $301 \pm 20.0$  s, pasado este tiempo, fue considerado como rechazo al eyaculado según la técnica descrita por Carrillo *et al.* (2010).

#### **3.4.3 Volumen seminal**

El volumen eyaculado (mL) se cuantificó directamente en el tubo cónico recolector, graduado con intervalos ópticamente visibles de 0.1 mL.

#### **3.4.4 Concentración espermática**

La concentración espermática se determinó mediante análisis fotométrico (Spermacue®, 12300/0500 Minitub, Landshut, Alemania; Olivera-Muzante *et al.*, 2011), utilizando semen no diluido, y se expresó como  $\times 10^6$  células por mL.

#### **3.4.5 El número total de espermatozoides por eyaculado**

El número total de espermatozoides eyaculados (unidades) se calculó considerando la concentración de espermatozoides por ml y se multiplicó por el volumen total eyaculado, y se expresó como  $\times 10^6$  células.

#### **3.4.6 Motilidad masal**

Se evaluó con el uso de una escala arbitraria de 1 a 5; donde 1 = 25% y 5 = 100% espermatozoides móviles; Mahsud *et al.*, 2013). La motilidad de los espermatozoides se determinó con el uso de una plataforma precalentada (37 °C), usando un microscopio de contraste de fase de 400X.

#### **3.4.7 Viabilidad espermática**

Viabilidad espermática (porcentaje de espermias vivos. Se evaluó mediante el uso de la técnica de tinción con eosina-nigrosina (Kafi *et al.*, 2004). Se registraron al menos 200 espermatozoides por portaobjetos mediante microscopía óptica (1000X), y se cuantificó el porcentaje de vivas (sin teñir) y de células muertas (de color rosa). Todas las evaluaciones fueron realizadas por el mismo operador calificado.

#### **3.4.8 Análisis estadístico**

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de los parámetros productivos y seminales fueron comparadas usando una prueba de *t*. Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. Cary. NC. USA, V9.1). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de  $P \leq 0.05$ .

#### IV. RESULTADOS

Los resultados en cuanto a PV y CC se muestran en el Cuadro 1. Los machos del grupo tratado mostraron un mayor peso vivo y condición corporal en comparación con los machos del grupo control ( $P < 0.05$ ).

Cuadro 1. Promedio ( $\pm$  EEM) para peso vivo o condición corporal de carneros Dorper tratados con Selenio más vitamina E (1mg de Se +75UI UI de vitamina E/kg) en condiciones de fotoperiodo natural durante la época reproductiva (octubre-noviembre) en el norte de México (25° N).

Variables	Tratado (n=5)	Control (n=5)
Peso vivo (Kg)	67.0 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	60.5 $\pm$ 2.4 <sup>b</sup>
Condición corporal (unidades 1-5)	2.9 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	2.3 $\pm$ 0.0 <sup>b</sup>

<sup>ab</sup> Superíndices desiguales entre columnas indican diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ).

Los resultados de los diferentes parámetros evaluados para determinar la calidad del seminal en el grupo tratado y grupo control se resumen en la Cuadro 2. Se obtuvieron valores similares entre los grupos ( $P > 0.05$ ) en cada una de las variables evaluadas.

Cuadro 2. Promedio ( $\pm$  eem) para diferentes parámetros de calidad seminal de carneros Dorper tratados con Selenio más vitamina E (1mg de Se +75 UI de vitamina E/kg) (Tratado) en condiciones de fotoperiodo natural durante la época reproductiva (octubre-noviembre) en el norte de México (25° N).

Variables	Tratado (n=5)	Control (n=5)
Latencia al eyaculado (s)	181.7 $\pm$ 48.6 <sup>a</sup>	209.8 $\pm$ 50.7 <sup>a</sup>
Volumen seminal (mL)	0.9 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	1.0 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>
Motilidad masal (escala 1-5)	2.5 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	1.8 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>
Concentración espermática ( $\times 10^6$ /mL)	4521.7 $\pm$ 767.5 <sup>a</sup>	4443.8 $\pm$ 14.2 <sup>a</sup>
Espermatozoides por mL ( $\times 10^6$ /mL)	14135.1 $\pm$ 2745.5 <sup>a</sup>	10246.4 $\pm$ 2096.5 <sup>a</sup>
Viabilidad espermática (%)	78.7 $\pm$ 14.2 <sup>a</sup>	51.5 $\pm$ 13.6 <sup>a</sup>
Motilidad individual (%)	71.7 $\pm$ 13.7 <sup>a</sup>	49.5 $\pm$ 13.6 <sup>a</sup>

<sup>ab</sup> Superíndices desiguales entre columnas indican diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ).

Al comparar los efectos de los tratamientos en cuanto al volumen seminal fue en general similar para los machos del grupo tratado y control ( $0.95 \pm 0.1$ ) no mostrando diferencia estadística ( $P > 0.05$ ). La motilidad masal e individual general para el grupo tratado y control ( $2.1 \pm 0.3$  y  $60.6 \pm 13.6$ , respectivamente;  $P > 0.05$ ). Al igual que la motilidad masal, la concentración espermática ( $\times 10^6/\text{mL}$ ) y número de espermatozoides por mL ( $4482 \pm 390.8$  y  $5840.7 \pm 2421.0$  respectivamente;  $P > 0.05$ ). Mientras que el porcentaje de viabilidad espermática en general para el grupo tratado y control ( $65.1 \pm 14.0$ ;  $P < 0.05$ ).

Se puede mencionar una respuesta similar con respecto a la latencia a la eyaculación, aunque no hay diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos el promedio general ( $195.7 \pm 99.3$  s).

## V. DISCUSIÓN

Los machos del grupo tratado con Se más Vitamina E, tuvieron un mayor peso corporal y condición corporal en comparación con los machos del grupo control ( $P < 0.05$ ). Es probable que lo anterior, se deba los efectos positivos del Se debido a que este mineral permite un adecuado funcionamiento de las selenoproteínas, ya que estas proteínas incluyen a la enzima antioxidante glutatión peroxidasa (Quisirumbay-Gaibor *et al.*, 2020), las cuales juegan un papel importante a nivel celular en la distribución de los nutrientes ingeridos a través del alimento hacia el depósito tisular y la consecuente ganancia de peso (Oblitas *et al.*, 2000; Monroy, 2017). En efecto, se ha demostrado que la suplementación de Se como selenito de sodio vía intramuscular, produce un incremento de la actividad de glutatión peroxidasa desde los 30 a 90 días de su aplicación, permitiendo obtener una mayor ganancia de peso (g/día) en vaquillas selenio deficiente a pastoreo (Oblitas *et al.*, 2000). Además, se conoce que el selenio tiene un efecto positivo al incrementar de la fertilidad, así como mejorar la capacidad reproductiva en los animales tratados (Ziaei *et al.*, 2015), cuando se mantienen niveles adecuados (0.05 ppm) de Se en la dieta o por la aplicación de una dosis óptima de selenito de sodio (Monroy, 2017). Por otra parte, la suplementación nutricional como vitaminas y minerales traza para animales de granja y peces son esenciales para su salud, bienestar y niveles productivos (Rodríguez y Rojas, 2014).

Los resultados encontrados en nuestro estudio en cuanto al tiempo de reacción (latencia al eyaculado), no se encontró diferencia entre tratamientos siendo en promedio general ( $195.7 \pm 99.3$  s) el tiempo de reacción para ambos grupos. Resultados encontrados por Yousef *et al.* (2003) demuestran que el tratamiento de conejos con Vitamina E aumentó significativamente el tiempo de reacción en la prueba de la libido, lo cual es contrario a lo los resultados encontrado en nuestros machos tratados. Es probable, que lo anterior se deba al tiempo de tratamiento de los machos en nuestro estudio. Lo cual está de acuerdo con resultados encontrados por Ali *et al.*, (2009) que demostraron que los niveles de testosterona plasmática y corticosterona en ratas macho que recibieron una dieta deficiente en vitamina E durante un periodo de 130 días fueron significativamente más bajos que en ratas que recibieron la misma dieta suplementada con vitamina E.

Los resultados en cuanto a las características seminales, el volumen (mL) del eyaculado no mostró diferencias entre los machos tratados y no tratado. Estos resultados coinciden con los encontrados por Cofre-Norbona. (2016) quienes observaron que el volumen del eyaculado entre animales suplementados y no suplementados con Vitamina E no mostró diferencias estadísticas. Sin embargo, nuestros resultados son contrario a los reportados por Ali *et al.* (2009) quienes observaron que el tratamiento por 90 días con Vitamina E y Selenio aumento el volumen seminal y que este efecto se vio marcado hasta el final del experimento.

Es probable que la duración del tratamiento tenga un efecto directo sobre la calidad seminal, ya que se ha demostrado que tratamientos por más de un mes con Vitamina E y Se aumenta el volumen seminal en carneros de raza Awassi (Oblitas *et al.*, 2000). En efecto, Mahmoud *et al.* (2013) mostraron que la calidad del semen (motilidad masal y porcentaje de células vivas) y la cantidad (volumen y concentración de semen) aumentaron con la adición de Se. Además, la inyección de la combinación de selenito de sodio y vitamina E dos veces por semana durante 1 mes dio como resultado un GSHpx más alto y la testosterona sérica en los carneros. Por otra parte, nuestros resultados son contrarios a los encontrados por Cofre-Norbona. (2016) que mostraron que la motilidad masal e individual y concentración espermática que fueron significativamente mayor en los carneros suplementados con vitamina E.

Resultados descritos en perros por Domosławska *et al.* (2019) observaron un aumento rápido de la motilidad de los espermatozoides dentro de los 30 días de suplementación con Se y vitamina. E además de un efecto en el reserva existente de espermatozoides, la concentración de los espermatozoides mejoraron más lentamente, después de 60 días, que se relaciona con la duración de la espermatogénesis, las continuas mejoras en los parámetros de motilidad también se correlacionaron con una mejor morfología de los espermatozoides y el aumento del porcentaje de los espermatozoides normales y vivos se correlaciona con la aumento de la actividad de la selenoproteína P, que suministra selenio para la espermatogénesis. En efecto se conoce que en ausencia de selenoproteína P en algunos mamíferos produce un aumento en la producción espermatozoides defectuosos (Burk y Hill *et al.*, 2009; Król *et al.*, 2012).

Cabe mencionar que en nuestro estudio la combinación de Se mas Vitamina E fue una dosis de 1 mg/Kg de Se, lo cual pudo estar relacionado directamente con nuestros resultados

en cuanto a las características seminales que no mostraron diferencias estadísticas. Lo anterior está de acuerdo resultados encontrado por Ghorbani *et al.* (2018), en que las características del semen no se vieron afectadas por la suplementación con Se a 0.3 mg / kg de MS, además estos resultados son similares los encontrados por de Shi *et al.* (2010) quienes informaron que la suplementación con Se a 0.3 mg / kg MS no mejoró la calidad del semen en cabra.

Además, resultados encontrados por Piagintini *et al.* (2016) no mostraron diferencia estadística entre los grupos de tratamiento en relación al volumen, motilidad masal, motilidad total, libido, concentración espermática e integridad de la membrana. Sin embargo, la morfología de los espermatozoides fue diferente entre tratamientos siendo mayor el porcentaje de defecto en el no tratado con Se, concluyendo que el selenio disminuye el porcentaje de defectos de los espermatozoides y no influyeron directamente en el volumen, motilidad masal, motilidad total, libido, concentración espermática e integridad de la membrana.

**CONCLUSIÓN**

La administración de selenio más vitamina E no mejoró los parámetros de calidad seminal en carnero de la raza Dorper. Sin embargo, si se observó un aumento sobre el peso vivo y condición corporal en los animales del grupo tratado.

## LITERATURA CITADA

- Abad C., Amengual M.J., Ivez G., Coward K., Hannaoui N., Benet J., Garcia- Peiro A., Prats J., 2013, Effects of oral antioxidant treatment upon the dynamics of human sperm DNA fragmentation and subpopulations of sperm with highly degraded DNA,
- Aisen E. G., (2004), Reproducción Ovina y Caprina, Ed. Inter- médica, Buenos Aires.
- Bearden HJ, Fuquay JW. Semen evaluation. In: Bearden HJ, Fuquay JW, editors. Applied animal reproduction. New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River; 2000. p. 168–82
- Bertolino, F. A., Stege, P. W., Salinas, E., Messina, G. A., y Raba, J. (2010). Electrochemical study of the antioxidant activity and the synergic effect of selenium with natural and synthetic antioxidants. *Analytical letters*, 43(13), 2078-2090.
- Blé-Castillo Jorge Luis., Dias-Zagoya, Juan C., y Méndez José D., (2008), Suplementación con vitamina E, *Gac Med.*, 144 (2), México.
- Burk R.F., Hill K.E.: Selenoprotein P expression, functions, and roles in mammals. *Biochim Biophys Acta* 2009, 1790, 1441–1447.
- Caravaca R.F.P. y Castel G. J. M. (2003), Bases de la reproducción animal. Universidad de Sevilla, España
- Carrillo- Nieto O., Domínguez- Vera I, Jaramillo- Escutia G., Vázquez.Armijo J., F., Pescador- Salas N., Revilla- Vázquez A., (2018), Actividad de GSX-PX, concentración de selenio y calidad del eyaculado en sementales ovinos suplementados con selenio durante la época reproductiva.
- Carvajal-Serna, M., Cortés-López, H. A., Manrique-Perdomo, C., & Grajales-Lombana, H. A. (2018). Evaluación de los parámetros de calidad seminal y cinemática espermática en tres razas ovinas de lana en condiciones de trópico alto colombiano. *Revista de Medicina Veterinaria*, 1(36), 49-61..
- Cofré-Narbona, E. J., Peralta-Troncoso, O. A., Urquieta-Mangiola, B. E., Raggi-Saini, L. A., Benavides-Aguila, N., & Parraguez-Gamboa, V. H. (2016). Improvement of antioxidant status and semen quality by oral supplementation with vitamins c and e in rams. *Revista Científica*, 26(3), 156-163.
- Dascanio, J., & McCue, P. (Eds.). (2014). *Equine reproductive procedures*. John Wiley & Sons.
- El-Sisy G, Abdel-Razek A, Younis A, Ghallab A, Abdou M. 2008. Effect of dietary zinc or selenium supplementation on some reproductive hormone levels in male Baladi Goats. *Global Vet*. 2:46–50
- FASS (Federation of Animal Science Societies). (2010). Guide for the care and use of agricultural animals in research and teaching.
- Febles F.C., Soto F. C., Saldaña B. A., (2002), Funciones de la vitamina E. Actualización, *Revista cubana Estomatol*, 29 (1).
- Flores, C., Márquez, Y., Vilanova, L., Matheus, N., & Ortega, A. L. (2016). La administración de selenio disminuye la lipoperoxidación en semen de toros Brahman. *Revista veterinaria*, 25(2), 95-99.

- Fraire-Cordero S., Pro-Martínez A., Ramírez-Valverde G., Sánchez-del Real C., Gallego-Sánchez J., (2013), Selenio y Vitamina E en la fertilidad de ovejas pelibuey sincronizadas con progesterona, *Universidad y ciencia*, 29, (1).
- Galina C. y Valencia J., (2006), Reproducción de animales domésticos. 2ra. Edición, Ed. Limusa, México DF.
- Galina C. y Valencia J., (2008), Reproducción de animales domésticos. 3ra. Edición, Ed. Limusa, México DF.
- Gallardo, M. H., Garrido, O., Bahamonde, R., & Gonzalez, M. (2004). Gametogenesis and nucleotypic effects in the tetraploid red vizcacha rat, *Tympanoctomys barrerae* (Rodentia, Octodontidae). *Biological Research*, 37(4), 765-775.
- Ghorbani, A., Moeini, M. M., Souri, M., & Hajarian, H. (2018). Influences of dietary selenium, zinc and their combination on semen characteristics and testosterone concentration in mature rams during breeding season. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 813-819.
- Guido P.M., Zevallos J., Pérez U. H., (2014), Recuperación de espermatozoides de Alpaca del conducto deferente durante la época reproductiva. 4 (2) ,139-144.
- Hafez, E y Hafez, B. (2002), Reproducción artificial en animales. 7ed, Mc Graw-Hill. México,DF., 522p.
- König, H. E., & Liebich, H. G. (2005). *Anatomía de los animales domésticos: órganos, sistema circulatorio y sistema nervioso*. Ed. Médica Panamericana.
- Koziorowska-Gilun M., Strzeżek R.: Molecular forms of selected antioxidant enzymes in dog semen – electrophoretical identification. *Pol J Vet Sci* 2011, 14, 29–33.
- López-Gutiérrez AG., Ramírez-Bariblesco JE, López-Arellano R., Revilla-Vázquez A, Tórtora-Pérez J, Bárcena-Gama JR, (2012), Balance de selenio en corderos suplementados con selenio orgánico, *Universidad y Ciencia*, 28 (2).
- López-Alonso, M., Miranda, J., Hernandez, C., Castillo, J.L. (1997). Glutati6n peroxidasa (gsh-px) en las patologías asociadas a deficiencias de selenio en rumiantes. *csielo*.
- Mahmoud GB, Abdel-Raheem SM, Hussein HA. 2013. Effect of combination of vitamin E and selenium injections on reproductive performance and blood parameters of Ossimi rams. *Small Ruminant Res.* 113:103–108.
- Mahmoud, G. B., S. M. Abdel-Raheem, and H. A. Hussein. (2013). Effect of combination of vitamin E and selenium injections on reproductive performance and blood parameters of Ossimi rams. *Small Rum. Res.* 113, 103-108.
- Megias M, P. M. (2019). Atlas de Histología. Obtenido de [mmegias.webs.uvigo.es](http://mmegias.webs.uvigo.es).
- Membrillo Ortega, A., Córdova Izquierdo, A., Hicks Gómez, J. J., Olivares-Corichi, I. M., Martínez Torres, V. M., & Valencia Méndez, J. D. J. (2003). Peroxidación lipídica y antioxidantes en la preservación de semen: Una revisión. *Interciencia*, 28(12), 699-704.
- Merida Roblero Fray Bendramin, 2006, Determinación de los niveles plasmáticos de selenio en ovejas suplementadas con selenio orgánico, Tesis de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAAAN, (paginas)

- Monroy Cruz, A., 2017, El selenio como micronutriente en la producción ovina, Tesis para obtener el título de MVZ, Universidad Autónoma del estado de México. 1-45.
- NAM. (2002). Guide for the care and use of laboratory animals. Co-produced by the National Academy of Medicine-Mexico and the Association for assessment and accreditation of laboratory animal care international.
- Narváz Cantos, M. V. (2016). *Evaluación de los efectos raza, peso y edad en el tiempo de recuperación en esterilizaciones de caninos* (Bachelor's thesis).
- Oblitas, F., Contreras, P. A., Böhmwald, H., & Wittwer, F. (2000). Efecto de la suplementación con selenio sobre la actividad sanguínea de glutatión peroxidasa (GSH-Px) y ganancia de peso en bovinos selenio deficientes mantenidos a pastoreo. *Archivos de medicina veterinaria*, 32(1), 55-62.
- Piagentini, M., Silva, D. C., Dell'Aqua, C. P. F., Moya-Araujo, C. F., Codognoto, V. M., Ramos, A. A., & Oba, E. (2017). Effect of selenium supplementation on semen characteristics of Brazil's ram. *Reproduction in Domestic Animals*, 52(3), 355-358.
- Presa M. M., (2009), Efectos del selenio en la fertilidad y conservación del semen en carneros merino. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad de la Republica Facultad de Agronomía.
- Qin, S., Huang, B., Ma, J., Wang, X., Zhang, J., Li, L., y Chen, F. (2015). *Effects of Selenium-Chitosan on Blood Selenium Concentration, Antioxidation Status, and Cellular and Humoral Immunity in Mice. Biological Trace Element Research*, 165(2), 145–152.
- Quisirumbay- Gaibor J., Patiño- Patroni D. M., Vilchez P. C., 2020, Efecto de la suplementación de selenio sobre el rendimiento producido en cerdos metaanálisis, *Rev peru* , 31 (1).
- Reséndiz-Hernández M., Bárcena-Gama J, R., Crosby-Galván M. , Cobos-Peralta M. , Herrera-Haro J., Hernández-García P. , Carreón-Luna L., 2012, Efecto del selenio y cromo orgánicos y *Saccharomyces cerevisiae* en la degradación in situ de la dieta, fermentación ruminal y crecimiento de borregos, *Agrociencia*, 46 (8).
- Rodriguez H, Rojas M. S, 2014, Efecto de dietas enriquecidas con vitamina E y selenio orgánico en el comportamiento productivo y calidad funcional del filete de trucha arcoíris , *Rev peru*, 25 (2).
- Rodriguez, I. A. (2016). Bases fisiológicas y características reproductivas de las. Departamento de patología animal, sanidad animal , universidad de león
- Salazar, L., Carrillo-Gonzalez, D. I. E. G. O., & Hernandez, D. (2016). Efecto de la suplementación con zinc y selenio sobre la calidad seminal en cerdos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 400-410.
- Shi L, Zhao H, Ren Y, Yao X, Song R, Yue W. 2014. Effects of different levels of dietary selenium on the proliferation of spermatogonial stem cells and antioxidant status in testis of roosters. *Anim Reprod Sci*. 149:266– 272.
- Silva Albertoni J., 2014, Efectos sobre la suplementación con selenio sobre la calidad espermática y la fertilidad de semen fresco y congelado en carneros merino

- Australiano, Tesis para obtener el grado de Doctor en ciencias veterinarias, Universidad de la República.
- Simón M., (2003). Avances del conocimiento de la espermatogenesis. Implicaciones clinicas. revista iberoamericana.20 (4) ,214-217.
- Sumano L. H. S., Ocampo C. L., (2006), Farmacología Veterinaria, MC Graw, 3 edición, México, 385-400.
- Van Metre, D. C., y Callan, R. J. (2001). Selenium and Vitamin E. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 17(2), 373–402.
- Vázquez-Armijo J., F., R. Rojo R, D. López, J. Tinoco L, A. González, N. Pescador S, and I. Domínguez-Vara A. 2011. Trace elements in sheep and goats reproduction: a review. Trop. Subtrop. Agroecosyst. 14, 1-13.
- Vinchira J. Muñoz R. (2010). Selenio: nutriente objetivo para mejorar la composición del pescado cultivado. Departamento de Ciencias para la Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria.
- Yousef H, Abul-Ela A, Farag E, Awad Y, El-Keraby F, Hassanin H. 1990. Effect of pre-partum selenium injection on reproductive and lactational performance and post-partum hormone profile in dairy cows. Proceedings of the Proceedings of 4th Scientific Congress Faculty of Veterinary Medicine Assiut, University Assiut, Egypt.