

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DEL SELENIO COMBINADO CON VITAMINA E Y VITAMINA ADE  
SOBRE LA CALIDAD SEMINAL Y COMPORTAMIENTO SEXUAL DE  
CARNEROS DORPER

Tesis

Que presenta IVÁN HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ  
como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Torreón, Coahuila

Mayo 2021

EFFECTO DEL SELENIO COMBINADO CON VITAMINA E Y VITAMINA ADE  
SOBRE LA CALIDAD SEMINAL Y COMPORTAMIENTO SEXUAL DE  
CARNEROS DORPER

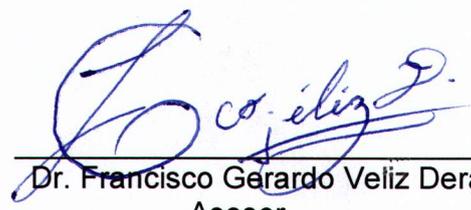
Tesis

Elaborada por IVÁN HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, como requisito parcial para  
obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la  
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



---

Dr. Oscar Ángel García  
Asesor principal



---

Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras  
Asesor



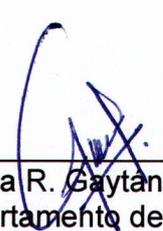
---

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Asesor



---

Dr. Carlos Leyva Orasma  
Asesor



---

Dra. Leticia R. Gaytán Alemán  
Jefe del Departamento de Postgrado



---

Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente  
Subdirector de Postgrado

Torreón, Coahuila

Mayo 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor el Dr. Oscar por la paciencia que me tuvo durante mi estancia en la maestría y el apoyo durante todo el experimento.

A los compañeros que me apoyaron en el experimento día y tarde. Madrugando, con hambre, cansancio y en ocasiones hasta con frío. Andrés, Fernanda, Marco, Mariana y José Luis.

A todos los demás compañeros y amigos de posgrado que me ayudaron durante el proceso de evaluaciones, pruebas y recolección de datos.

Al Posgrado de Maestría en Ciencias Agropecuarias que me dieron la oportunidad de ser parte del programa y este proyecto.

Al CONACYT por aceptarme en la beca, el cual fue un gran apoyo para mí en este proyecto que duro dos años.

## DEDICATORIA

Para mi esposa Thelma Yadira Avalos López quien me apoyo cada día con sus palabras y motivación. Estuvo conmigo en las buenas y malas durante estos últimos dos años. Levantándome cuando mis energías se agotaban y dando razones para seguir.

INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Hipótesis .....	3
1.2 Objetivo .....	3
REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 Anatomía y fisiología del aparato reproductor del macho .....	4
2.2 Espermatogénesis en el macho .....	5
2.3 Importancia de los minerales sobre la reproducción .....	7
2.4 Uso de los antioxidantes sobre la calidad seminal .....	8
2.5 Selenio (selenito) .....	9
2.6 Vitaminas A, D y E .....	10
2.7 Selenio más vitamina E .....	11
2.8 Efecto del selenio, vitamina E y AD E sobre los parámetros de calidad seminal .....	12
2.9 Comportamiento sexual .....	12
MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
3.1 Localización del área de estudio .....	15
3.2 Manejo de animales .....	15
3.3 Tratamiento de los machos .....	15
5.4 Variables evaluadas .....	16
5.4.1 Peso y Condición corporal .....	16
5.4.2 Circunferencia escrotal .....	17
5.4.3 Recolección y procesamiento del semen .....	17
5.4.4 Prueba de comportamiento sexual .....	18
5.5 Análisis estadístico .....	18
RESULTADOS .....	20

DISCUSIÓN .....	23
CONCLUSIÓN .....	27
LITERATURA CITADA.....	28

## Lista de cuadros

- Cuadro 1.** Frecuencias de comportamiento sexual [ (Apetitivo (CSA), consumatorio (CSC) de carneros de la raza Dorper (n= 15) tratados (cada 3d x 28d) con selenio en combinación con vitamina E (Se+E) y vitamina ADE (ADE), y machos tratados con solución salina (GC) durante los meses de octubre-noviembre (26° LN). ..... 20
- Cuadro 2.** Medias ( $\pm$ eem) para la calidad seminal de carneros de la raza Dorper tratados (cada 3d x 28d) con selenio más la combinación de vitamin E y B12 (Se+E), o machos tratados con Vitamina A, D y E (ADE) y/o machos no tratados (GC) bajo condiciones de fotoperiodo natural (26° LN). ..... 21
- Cuadro 3.** Medias ( $\pm$ eem) para peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal e intensidad de olor de carneros tratados con selenio más la combinación de vitamin E y B12 (Se+E), o machos tratados con Vitamina A, D y E (ADE) y/o machos no tratados (GC) bajo condiciones de fotoperiodo natural (26° LN). ..... 22

## Lista de figuras

- Figura 1.** Eventos en la espermatogénesis. Adatado de (Tortora, 2010) ..... 6
- Figura 2.** Espermatogénesis. Fase de capuchón (A Y B) fase acrosomal (C y D) fase de maduración (E y F). Adatado de (Matamoros y Salinas, 2017) ..... 7
- Figura 3.** Diagrama experimental y actividades realizadas durante el periodo de estidio..... 16

## RESUMEN

### EFFECTO DEL SELENIO Y VITAMINA ADE SOBRE LA CALIDAD SEMINAL, COMPORTAMIENTO SEXUAL DE CARNEROS DE LA RAZA DORPER

IVÁN HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Dr. Oscar Ángel García

Director de Tesis

El objetivo fue comparar el efecto de la aplicación de selenio en combinación con la vitamina E y la vitamina A, D y E sobre la calidad seminal y comportamiento sexual. Carneros adultos (PV;  $61.3 \pm 2.1$  kg; CC;  $2.6 \pm 0.2$ ) se sometieron a los siguientes tratamientos: 1) Selenio en combinación con vitamina E (**Se+E**; 1mg de selenito de sodio; 70 UI de vit.E ); 2) vitamina ADE (**ADE**; 1 mL c/ 50 kg/PV de vitamina ADE (Vitamina A 500,000 UI, Vitamina D 75,000 UI., Vitamina E 50 mg) y 3) control se les aplicó 0.5 mL de solución salina fisiológica (**GC**). Los tratamientos fueron aplicados cada 3d x 28 d. El peso vivo (PV), condición corporal (CC), circunferencia escrotal (CE) e intensidad de olor (IO) no mostraron diferencias ( $P > 0.05$ ). La calidad seminal no mostro diferencias ( $P > 0.05$ ). El CSA no mostro diferencias (30%, 43 vs 27%;  $P > 0.05$ ) del Se+E, ADE y GC, respectivamente. Mientras que el CSC fue mayor en el ADE (58% vs 20%;  $P < 0.05$ ) del Se+E y GC, respectivamente. Al comprar el número total del de frecuencias del CSA (321 vs 215;  $P < 0.05$ ) y CSC (47% vs 24;  $P > 0.05$ ) para él Se+E y GC, respectivamente. Los resultados del presente estudio demuestran que aplicación de Vitamina A, D y E mejora el comportamiento sexual en carnero de la raza Dorper. En conclusión, el tratamiento con Vitamina A, D y E por 28 d puede ser efectiva para estimular el comportamiento sexual en carneros de la raza Dorper.

**Palabras clave:** Comportamiento sexual, vitamina E., Selenio, semen

## ABSTRACT

### EFFECT OF SELENIUM AND VITAMIN ADE ON THE SEMINAL QUALITY, SEXUAL BEHAVIOR OF DORPER BREED SHEETS

IVAN HERNANDEZ RODRÍGUEZ  
Master of Science in Agricultural Production

AUTONOMOUS AGRARIAN UNIVERSITY ANTONIO NARRO

Dr. Oscar Ángel García  
Thesis's director

The objective was to compare the effect of the application of selenium in combination with vitamin E and vitamin A, D and E on seminal quality and sexual behavior. Adult sheep (LW;  $61.3 \pm 2.1$  kg; CC;  $2.6 \pm 0.2$ ) were subjected to the following treatments: 1) Selenium in combination with vitamin E (Se + E; 1mg of sodium selenite; 70 IU of vit.E); 2) vitamin ADE (ADE; 1 mL c / 50 kg / PV of vitamin ADE (Vitamin A 500,000 IU, Vitamin D 75,000 IU., Vitamin E 50 mg) and 3) control, 0.5 mL of physiological saline solution (GC ). The treatments were applied every 3d x 28 d. Live weight (LW), body condition (WC), scrotal circumference (CE) and odor intensity (IO) did not show differences ( $P > 0.05$ ). The seminal quality did not show differences ( $P > 0.05$ ). The CSA did not show differences (30%, 43 vs 27%;  $P > 0.05$ ) of the Se + E, ADE and GC, respectively. While the CSC was higher in the ADE (58% vs 20%;  $P < 0.05$ ) of the Se + E and GC, respectively. When buying the total number of frequencies of the CSA (321 vs 215;  $P < 0.05$ ) and CSC (47% vs 24;  $P > 0.05$ ) for the Se + E and GC, respectively. The results of the present study show that the application of Vitamin A, D and E improves sexual behavior in sheep of the Dorper breed. In conclusion, treatment with Vitamin A, D and E for 28 days can be effective in stimulating sexual behavior in Dorper rams.

**Keywords:** sexual behavior, vitamin E., Selenium, semen

## INTRODUCCIÓN

Según Scherf y Pilling (2015), se estiman que existen a nivel mundial un rebaño de 1,173 millones de ovinos, que satisface un consumo per cápita de 2.5 kg (Morris *et al.*, 2017), además, las principales zonas de producción ovina son Europa, Asia, América del Sur, Australia y Nueva Zelanda. En México, existía hasta 2011 un total de 8.7 millones de cabezas (Hernandez *et al.*, 2011), y una producción de 55,605 t de carne en 2017 (SIAP, 2017). Sin embargo, los productores se enfrentan a diversos problemas como manejo de los rebaños, nutrición y sanidad (FAO, 2001).

Con relación a la nutrición, además de la energía, proteínas y minerales se encuentra las vitaminas (A, D, E, B, K, C) entre otras. En el caso de los rumiantes los microorganismos del rumen son capaces de efectuar la síntesis de vitamina K, siendo las vitaminas A, D y E aportadas en la dieta. Sin embargo, se requiere de un adecuado aporte de ciertos minerales (Zn, Cu, Ca, Se) para la síntesis de vitaminas. Desde el punto de vista reproductivo es importante mencionar que existen interacciones entre vitaminas y minerales que mejoran las funciones para promover una mayor eficiencia reproductiva (Ali *et al.*, 2009; Zabair, 2015).

Las vitaminas son necesarias en el macho para un mayor desempeño reproductivo, libido y calidad seminal (Ali *et al.*, 2009; Biomy *et al.*, 2009; Ghorbani *et al.*, 2017). Por ejemplo, la vitamina A (Vit. A) es esencial para el mantenimiento del tracto genital del macho y la espermatogénesis en el humano (Clagett-Dame y Knutson, 2011). Lo anterior, constituye un apoyo importante para el papel de la Vit-D en el desempeño reproductivo de los mamíferos (Zhou *et al.*, 2019; Handel, 2016).

Las investigaciones respecto a los efectos de la Vit.E sobre la reproducción en machos se han centrado en la espermatogénesis y la calidad del semen, ya que la Vit-E juega un papel importante en el manejo del estrés oxidativo (EO). El EO también puede comprometer el desarrollo folicular y la actividad ovárica en la hembra. El papel más importante que juega la Vit. E y la Vit. A son sus funciones

especializadas y sinérgicas, lo que da como resultado una secuencia de reacciones que convierten a las especies reactivas de oxígeno (ROS) y especies reactivas de nitrógeno (RNS) en metabolitos inofensivos (Zhou *et al.*, 2017).

En este sentido respecto la importancia de las vitaminas y minerales Brown. (1994) revisó los efectos de la nutrición sobre la reproducción en el macho y reconoció que los órganos reproductores de los animales son sensibles a la nutrición dietética, pero que los cambios inducidos por la nutrición en las funciones reproductivas son temporales. Lo anterior, mejora el desempeño reproductivo, libido y calidad seminal (Ali *et al.*, 2009; Biomy *et al.*, 2009; Ghorbani *et al.*, 2017). Esta modificación a través de la nutrición sobre el comportamiento reproductivo en el macho se puede lograr utilizando algunas vitaminas y minerales ya sea vía im u oral, ya sea solas o combinadas mejoran el desempeño reproductivo lo que se traduce en mejor calidad seminal y libido del macho (Ali *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2014). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue comparar el efecto de la aplicación de selenio en combinación con la vitamina E y la vitamina A, D y E sobre la calidad seminal y comportamiento sexual en carneros de la raza Dorper.

### **1.1 Hipótesis**

La aplicación de vitamina E más selenio o vitamina ADE aumentan la calidad seminal y comportamiento sexual de carneros de la raza Dorper.

### **1.2 Objetivo**

Evaluar un posible el efecto de la vitamina ADE y selenio en combinación con vitamina E sobre el comportamiento sexual de carneros de la raza Dorper.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Anatomía y fisiología del aparato reproductor del macho

El aparato reproductor del macho está conformado por Ampolla, glándula bulbouretral; caudal y capilar, cola del epidídimo; péndulo del pene, conducto deferente prepeneano; parte libre del pene; pliegue del prepucio; próstata; recto; musculo retractor del pene; escroto; curvatura sigmoidea; testículo; proceso uretral; glándula vesicular; divertículo dorsal del prepucio (Hafez & Hafez , 2004), así como la capsula de túnica albugínea y tubos seminíferos (Neill's, 2006).

El escroto controla y conserva el calor que llega a los testículos que es esencial para la espermatogénesis normal en ovinos (Abdou, 2001). Mientras tanto, las funciones principales de los testículos es la producción de espermatozoides y hormonas esteroideas las cuales se regulan con la ayuda del hipotálamo, hipófisis y gónadas, estos forman los túbulos seminíferos, donde las espermatogonias sufren cambios y se convierten en espermatozoides y son transportados por los conductos deferentes hacia el epidídimo (Galina & Valencia, 2008).

En este contexto, los espermatozoides son células que cuando transitan por el epidídimo están sometidos a un continuo cambio luminal modificado por la secreción y actividades de las células que recubren el epitelio, son actividades muy coordinadas de secreción y endocitosis de diversas sustancias por las células a lo largo del conducto que influyen en la maduración, concentración y almacenamiento de los espermatozoides (Hermo, 2002). Sin embargo, el epidídimo tiene otras funciones como regulación del desarrollo de la motilidad de la espermatogénesis, capacidad fecundante, modificación de la membrana plasmática espermática y protege a los espermatozoides de especies reactivas de oxígeno (Rodríguez, Kirby, & Hinton, 2002).

En el ovino las glándulas sexuales accesorias son; ámpula, vesículas seminales, bulbouretrales y próstata que representa entre el 4 y 6 % de porción del eyaculado (Galina & Valencia, 2008). Además, la próstata rodea con la pared la

uretra con su capsula de tejido conectivo. En ella, existen células de revestimiento secretoras de la glándula y que producen parte del líquido seminal que acompaña a los espermatozoides (Pathak, Katiyar, Sharma, Farooqui, & Prakash, 2012). Las glándulas bulbouretrales se encargan de limpiar y lubricar la uretra para el paso del eyaculado. Las ámpulas tienen glándulas tubuloalveolares revestidas con células epiteliales que secretan líquido para contribuir en el transporte de los espermatozoides (Galina & Valencia, 2008).

Dentro de La próstata rodea la pared de la uretra con su capsula de tejido conectivo existen células de revestimiento secretoras de la glándula y que producen parte del líquido seminal que acompaña a los espermatozoides (Pathak, Katiyar, Sharma, Farooqui, & Prakash, 2012).

La función del pene es transportar el semen a la vagina de la hembra al momento de la eyaculación a través de la uretra y por la excitación se vuelve rígido debido a la influencia sanguínea al cuerpo cavernoso. El volumen del eyaculado en caprinos y ovinos es de 0.2 a 1.5 mL (Aisen, 2009). Algunos factores como la edad, época del año, alteración testicular, pirexia (alteración espermatogénesis), enfermedades infecciosas, problemas endocrinos, estrés y algunos medicamentos pueden afectar la calidad seminal (Rimbaud, 2005).

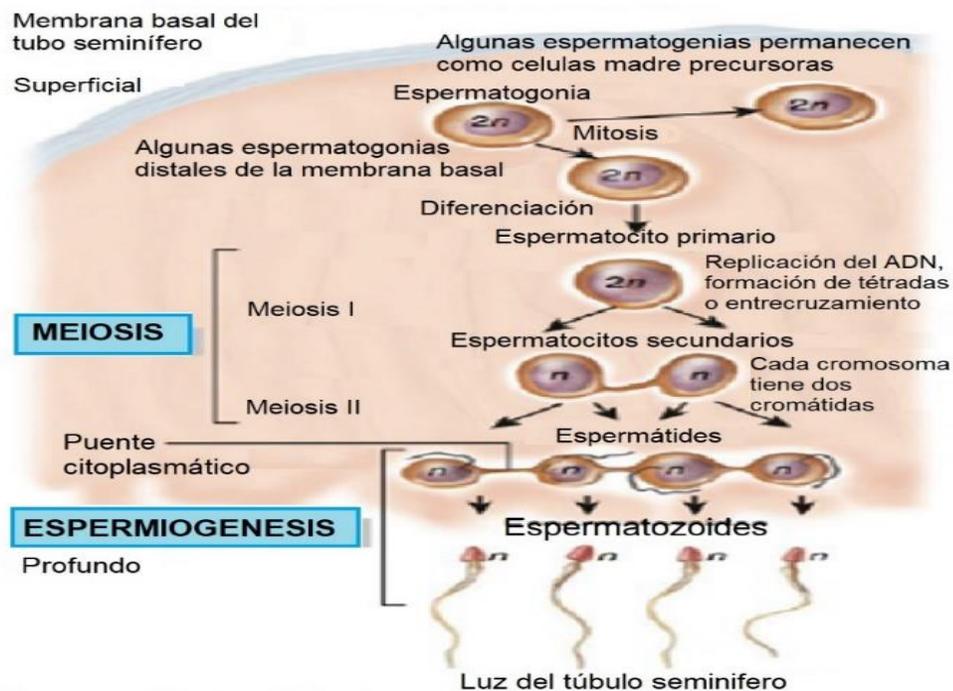
## **2.2 Espermatogénesis en el macho**

La espermatogénesis es el proceso por el cual las células germinales inmaduras se dividen, diferencian y se someten a la meiosis para crear las espermáticas y por último los espermatozoides (Neill's, 2006).

La espermatogénesis tiene lugar dentro de los túbulos seminíferos y en este proceso participan las células de sertoli las cuales, aparte de formar una barrera hemato-testicular alimentan las células que participan en la espermatogénesis (Bazer, 2019). Además, de acuerdo con lo reportado por Yang, (2018) existen cinco tipos de células germinales y tres tipos de células somáticas.

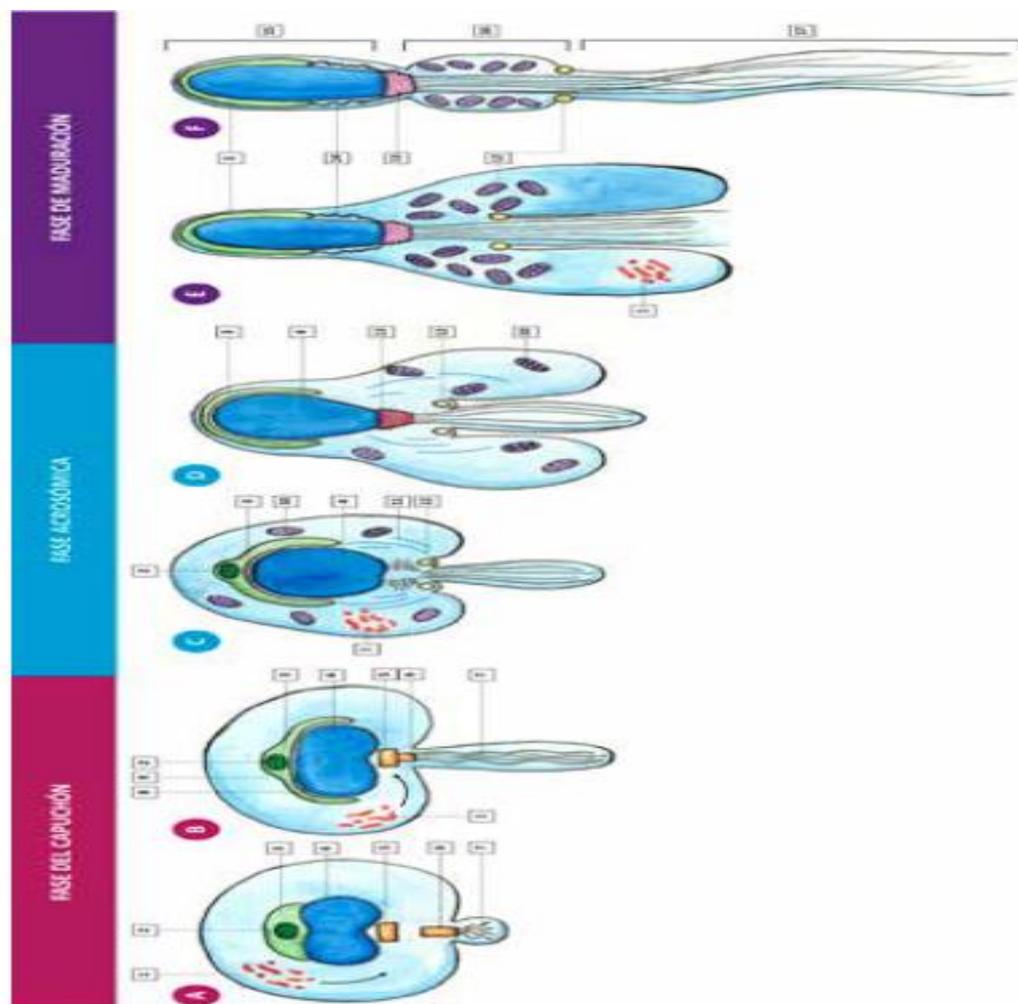
En este contexto, la espermatogénesis cuenta con 4 fases; la primera es la multiplicación, tiene hasta catorces fases y dura la cuarta parte del ciclo

espermatogénico (Climen Paris, Sarasa Barrio, Muniesa Lorda, Terrano Vicente, & Dominguez Roeznillo, 2005). Por lo tanto, las espermatogonias tipo-A se dividen por mitosis formando dos líneas celulares: un *pool* celular en estado de reposo, que genera una reserva celular para producir espermatozoides durante toda la vida del macho y la segunda se origina, mediante cuatro (o cinco) mitosis, cada una diferenciada a la anterior para llamarse espermatogonias tipo-B que darán origen a espermatocitos primarios (Matamoros Pinel & Salinas Perez, 2017). Cada espermatocito primario replica su ADN, los pares de cromosomas se alinean y hay un intercambio de material genético y forman el espermatocito secundario, un solo espermatocito primario produce cuatro espermáticas en dos ciclos, meiosis I y II de la división celular (Tortora, 2010). Como se muestra en la siguiente Figura 1.



**Figura 1.** Eventos en la espermatogénesis. Adatado de (Tortora, 2010)

En la última etapa de la espermatogénesis no ocurre una división celular y cada espermátida se convierte en un solo espermatozoide (Tortora, 2010). Como se muestra en la siguiente figura 2



**Figura 2.** Espermatogénesis. Fase de capuchón (A Y B) fase acrosomal (C y D) fase de maduración (E y F). Adatado de (Matamoros y Salinas, 2017)

### 2.3 Importancia de los minerales sobre la reproducción

Hay minerales que tienen un impacto en la reproducción como: zinc, selenio, cobre, magnesio, Los minerales son compuestos químicos naturales de origen inorgánico que constituyen tres tipos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas (Perea-Trejo, 2015). Además, son elementos esenciales para la nutrición animal, ya que en el organismo intervienen en un gran número de funciones: formación de tejidos, procesos metabólicos, reacciones bioquímicas, procesos de absorción, transporte de nutrientes, protección celular, regulación de genes, transducción de señales, producción hormonal, así como en procesos reproductivos (Prieto, y otros, 2002) (Hostetler, Kincaid, & Mirando, 2003) Por lo

tanto, se ha demostrado que los minerales necesarios para complementar los piensos de los animales son: Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Selenio (Se), Yodo (I) y Zinc (Zn) (Hostetler, Kincaid, & Mirando, 2003); (Suttle, 2010). Sin embargo, la mayor parte de los minerales que son consumidos por los animales proviene de los alimentos y forrajes que ingieren (Suttle, 2010).

Hay minerales que tienen un impacto en la reproducción como: zinc, selenio, cobre, magnesio, calcio, yodo, cobalto y fósforo. Los cuales, se ha documentado un efecto en el número de partos, fertilidad, calidad seminal, tamaño de testículos y ovario, efecto en la división celular, epidídimo, ADN, anomalías espermáticas y hormonas (Balamurugan, *et al.*, 2017). En este contexto, se dividen en macrominerales (magnesio y fósforo) que mejoran los parámetros reproductivos como concentración, motilidad individual, viabilidad (Chaparro, 2014) y el calcio afecta el estado reproductivo del animal (Balamurugan, *et al.*, 2017). Los microminerales Cu, Se y Zn que afectan directamente los eventos reproductivos en ovejas y cabras, influyen directamente en la reducción en la espermatogénesis; indirectamente, afectan la salud del animal en general (Vasquez-Armijo *et al.*, 2011).

(Alonge, y otros, 2019) informo que una dieta enriquecida con vitamina E, Zn, Se, ácido fólico y n-3 durante al menos dos meses, en cantidades adecuadas, mejora la cantidad de esperma y calidad, especialmente el conteo de espermatozoides y la motilidad, modificando las propiedades físicas y funcionales de la membrana celular de los espermatozoides. Además, él Se mejora la maduración del espermatozoide en el epidídimo, alteración mitocondria, y anomalías en la cola del espermatozoide (Marin-Guzman, Mahan, & Whitmoyer, 2000).

#### **2.4 Uso de los antioxidantes sobre la calidad seminal**

Los antioxidantes son sustancias capaz de evitar la oxidación de las membranas plasmáticas de las células al neutralizar la formación de radicales libres (Cordoba & Iglesias, 2017), estas moléculas inestables le causan daño oxidativo a las células (Barroso-Villa, Colín-Valenzuela, & Estrada-Gutierrez, 2015) Esto se

debe a que el oxígeno tal como lo conocemos tiene un lado bueno y uno malo, esta dualidad funcional se manifiesta en las formas de vida aerobias donde su presencia es esencial para la vida; pero también su presencia excesiva como un metabolismo inadecuado del mismo ocasiona efectos tóxicos en el organismo (Prieto, y otros, 2002).

Existen tres tipos de sistemas antioxidantes: Antioxidantes endógenos; entre ellos están la coenzima Q, superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa; Antioxidantes exógenos como vitaminas y flavonoides; proteínas de unión a metales; albumina, ceruloplasma y transferina (Barroso-Villa, Colín-Valenzuela, & Estrada-Gutierrez, 2015). Por lo tanto, el organismo dispone de distintos mecanismos protectores naturales para contener el estrés oxidativo (EO) que son algunos nutrientes como; vitamina E, vitamina C, riboflavina, caroteno, Se. Así como también, Zn (Román Casas, Alva Chaire, Pinzón Navarro, & Carvajal Aguilera, 2016) . En este contexto, el EO afecta al espermatozoide y por lo tanto, la fertilidad masculina a consecuencia de la fragmentación del ADN (Barroso-Villa, Colín-Valenzuela, & Estrada-Gutierrez, 2015). Sin embargo, la vitamina E tiene efecto positivo en las características seminales que son necesarios para el desarrollo de los espermatozoides, esto se debe a que protege la membrana de los espermatozoides del daño oxidativo (Talib, Bomboi, & Floris, 2009). Además, el sistema antioxidante glutatión reducido (GSH, peroxidasa (GSH-PX), catalasa (CAT) y superóxido (SOD) pueden mantener la motilidad y viabilidad de los espermatozoides (Atessahin, Bucak, Tuncer, & Kizil, 2008).

Se ha demostrado que la administración de vitamina E en dosis de 175 mg mejora el volumen, la concentración, motilidad y morfología espermática en corderos de la raza Awassi (Talib, Bomboi, & Floris, 2009). Además, (Yousef, Abdallah, & Kamel, 2003) afirma que la vitamina E mejora la calidad espermática en conejos, así como también, los efectos de la vitamina E se reflejan a nivel testicular e influyen en un mayor desarrollo de células espermátogénicas (Ceppi, 2005).

## 2.5 Selenio (selenito)

El selenio es un oligoelemento distribuido en la naturaleza, tanto en forma orgánica como inorgánica (Molina, 2019). Este microelemento se encuentra dos formas, Selenito y seleniato son las formas de selenio inorgánica, el seleniato es la forma más abundante del selenio en el suelo y el selenito es el más escaso (Tobacchi & Garcia, 2010). La forma de seleni-metionina se obtiene de la dieta con comportamiento no regulado y el selenio-cisteína se comporta de manera regulada, se manifiesta en las proteínas como selenoproteínas. Sin embargo, la asimilación del selenio en el rumen es muy baja, al reducirse la actividad del glutatión peroxidasa se reduce la inmunidad (Carbajal, Aquí Quintero, & Díaz, 2013).

De acuerdo con Prieto *et al.*, (2002) existen 7 funciones del selenio; actividad antioxidante, funciones de detoxificación, modulación de la respuesta inmune e inflamatorio, papel en la espermatogénesis, relación con la tiroides, formación de leucotrienos, integridad y funcionamiento normal del páncreas. En este contexto, existen enzimas dependientes de selenio como; GSH-PX, tioredoxina reductasa, yodotrina iodinasa, glutaredoxina y selenofosfato-sintetasa SPS2. (Hernández - Mendoza & Rios-Lugo, 2009). Además, selenoproteínas como; selenoproteína P que su deficiencia se refleja en afectaciones en el testículo, cerebro y fertilidad y Selenoproteína W; que se expresa predominantemente en músculo esquelético y corazón (Salinas, 2010). Existen otras Selenoproteínas como; selenoproteína de la capsula espermática; con efecto en los espermatozoides y selenoproteínas de peso molecular variado como; selenoproteína-15kDa (Hernández -Mendoza & Rios-Lugo, 2009).

El Se es componente de la enzima GSH-PX el cual fue la primera enzima que se demostró la presencia de selenio y su importancia para evitar daño oxidativo (Hefnawy & Pérez, 2008). La principal función del Se dentro del organismo es la de antioxidante, este efecto se ejerce mayormente a través de la enzima GSH.Px (Prieto, y otros, 2002). Sin embargo, ya que existe una deficiencia de

antioxidantes en el plasma seminal lo que deja desprotegido al espermatozoide (Alonzo, Sanchez, & Ceballos, 2008), y por lo tanto, la carencia de Se determina baja fertilidad en los machos y en el hombre, se han observado anomalías del flagelo y de la pieza intermedia del espermatozoide, que ocurren desde la espermiogénesis testicular, también es importante para la maduración del espermatozoide y la fertilidad de los machos (Kyriakopoulos, 2001). La GSH.PX toma el control de la compactación del ADN de los espermatozoides al ingresar al túbulo epidídimo (Noblanc, y otros, 2011).

## **2.6 Vitaminas A, D y E**

La vitamina E se estructura de 4 tipos de tocoferoles y 4 de tocotrienoles, además la vitamina E la se encuentra en alimentos de origen animal, vegetal y aceites (Prieto, y otros, 2002). Las interrelaciones entre la vitamina E y otros nutrientes son; Se, aminoácidos azufrados, hierro, vitamina A, vitamina C, colina, vitamina B12 y Zn. La vitamina E mantiene intacta la membrana celular, así como también disminuye la producción de prostaglandina por las microsomas de los testículos. Además se ha documentado un efecto en la inmunidad contra bacterias (Church,, POND,, & POND, 2007). El enzima glutatión peroxidasa cataliza el peróxido orgánico e hidrogeno en alcoholes y agua, lo que impide que los peróxidos dañen los componentes celulares (Dukes, 2007).

Los carotenoides se convierten en vitamina A en la mucosa intestinal y en ovejas son absorbidos intactos y se depositan en los tejidos. Parte de sus funciones se dan en el proceso visual, tejido epitelial, desarrollo de los huesos y mantenimiento de la reproducción. A haber deficiencia de vitamina A el conducto reproductor recubiertos por las células epiteliales no se desarrollan a causa de daños (Dukes, 2007).

Hay dos formas de vitamina D una es ergosterol de origen vegetal y otro deshidrocolesterol de origen animal, con la luz ultravioleta se convierten en vitamina D2 y vitamina D3. Estos se absorben en el conducto intestinal y se transportan a la sangre mediante el sistema linfático. La mayor función de la

vitamina D es aumentar los niveles extracelulares de calcio y fosforo y su absorción intestinal (Dukes, 2007).

## **2.7 Selenio más vitamina E**

La vitamina E mantiene en forma activa al selenio del organismo, a la vez que atenúa las pérdidas de este oligoelemento. Por su parte, él Se ejerce también un efecto ahorrador de vitamina E, al preservar la actividad funcional del páncreas exocrino productor simplemente *lipasa*, encargada de la digestión de grasas en intestino, lo que favorece la absorción o aprovechamiento de vitamina E y de las demás vitaminas liposolubles (A, D, K; (De Gandarias, Sánchez, & Sabino, 2005).

La existencia de sistemas de antioxidantes evita la formación de peróxido de hidrogeno y otros radicales de oxígeno libre que son altamente dañinos para los tejidos. La vitamina E y Se como antioxidantes complementados por glutatión-peroxidasa (Church,, POND,, & POND, 2007). La GSH-PX actúa de defensa contra la peroxidación de lípidos de las membranas capilares al destruir la peroxidasa que se forman por deficiencia de la vitamina E (Church,, POND,, & POND, 2007). El Se como componente de la enzima glutatión peroxidasa, participa en la destrucción de peróxidos de los lípidos en ausencia de la vitamina E.

## **2.8 Efecto del selenio, vitamina E y AD E sobre los parámetros de calidad seminal**

Los parámetros de la calidad seminal son indicadores que se utilizan para medir la calidad de una muestra y el volumen eyaculado del semen desde cómo; concentración espermática, motilidad, numero de espermatozoides vivos, integridad de la membrana espermática y porcentaje de anomalías (Aisen, 2009). Siendo este, el método estándar para evaluar la fertilidad de machos reproductores (Hafez & Hafez , 2004).

En este contexto, las selenoproteinas tienen un efecto documentado sobre la fertilidad y la calidad seminal en borregos (Wright, 2012). (Mizuno, Shimoda-Matsubayashi, Morikawa, Hattori, & Kondo, 1999) encontró Fosfolípidos

hidroperoxidasa glutatión peroxidasa (PHGPX) en esperma de ratas luego de aplicar selenio lo que indica la participación del mineral en la espermatogénesis. Así como también se ha detectado una mejora en la viabilidad espermática con tratamientos combinados de Se más vitamina E (Soliman, Abd El-Moty, & Kassab, 2012) (Hernández -Mendoza & Rios-Lugo, 2009) Al existir altas concentraciones de Se en el testículo y epidídimo, así como también la enzima de glutatión peroxidasa en el plasma seminal mejora el porcentaje de espermatozoides normales. Además, la suplementación de vitamina A tiene efecto en las células sertoli, células leydig y células germinales lo que genera un aumento en la motilidad espermática y en el volumen espermático (Elgarte & Guggeri , 2007). En este con texto, tanto el Se como la vitamina E actúan contra el daño peróxido lo que ocasiona un efecto en los parámetros espermáticos. A demás, con la combinación de Se y vitamina E se ha observado una mejora en la concentración espermática, motilidad individual y masal en borregos (Biaomy, Mohamed, & Mottelib, 2009).

## **2.9 Comportamiento sexual**

El comportamiento sexual son los patrones de conducta que conducen a los animales al apareamiento (Hafez & Hafez , 2004). Los diversos patrones de actividad sexual de acuerdo con (Calderón-Leyva, Meza-Herrera, & Martinez-Rodríguez, 2018) son: comportamiento sexual investigativo; olfateo anogenital, olfateo corporal, proximidad relativa a hembras, flehmen, patadas delanteras y vocalizaciones. Comportamiento sexual consumatorio; Intento de monta, monta completa con eyaculación o sin eyaculación. Comportamiento sexual en reposo; aislarse de la hembra acompañado de pasearse y huida. Estas acciones, se dan luego de que los impulsos de LH Y FSH activan las funciones de la gametogénesis (Martin, Rodger, & Blache, 2004). Por lo tanto, se liberan esteroides sexuales y con el equilibrio de los esteroides gónadas se activan los impulsos sexuales (Hafez & Hafez , 2004). En este contexto, a través de las vías olfativas entra una sustancia llamada feromonas, estas estimulan el hipotálamo, el cual, libera las hormonas de GnRH y a su vez secretan las hormonas LH Y

FSH (Martin, Rodger, & Blache, 2004). Sin embargo, se ha documentado que también participan el sistema auditivo y sistema de la visión en los pulsos de GnRH (Matamoros Pinel & Salinas Perez, 2017), (Martin, Rodger, & Blache, 2004).

La vitamina E tiene un efecto en los rasgos de la libido en carneros (Biaomy, Mohamed, & Mottelib, 2009). Existe evidencia que el Se y la vitamina E mejora el número de eyaculaciones tanto en un tratamiento con solo vitamina E o la combinación de Se con vitamina E, Sin embargo, el grupo control tuvo mayor número de montas (Talib, Bomboi, & Floris, 2009).

La síntesis de testosterona interviene un grupo de enzimas, paso en el cual se producen radicales libres, la hormona se sintetiza principalmente en las células intersticiales de la célula Leydig en el testículo (Malgor-Valsecia, 2000). Además, existe evidencia que al incrementar la testosterona hay un aumento en la concentración de GPx (Matheus-Cortez & López-Ortega, 2008). Por lo tanto, la actividad sexual aumenta después de dar un tratamiento combinado de vitamina E y Se (Talib, Bomboi, & Floris, 2009). En este contexto, la GPx estimula la síntesis de testosterona (Balamurugan, Ramamoorthy, Ravi, Shankar, & Keerthana J., 2017) (Molina, 2019). Esto se debe que la enzima metaboliza el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y lipoperóxidos en diferentes compartimentos de la célula cumpliendo un papel antioxidante (Malgor-Valsecia, 2000).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

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 área de estudio.**

El experimento se realizó en el Ejido Granada, Mpio. de Matamoros, Coahuila (norte de Mexico) 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. La humedad relativa varía entre 26.1% y 60.6%, y la duración del día es de 13h 41min durante el solsticio de verano (Junio) y de 10h 19min durante el invierno (Diciembre). (CONAGUA, 2015).

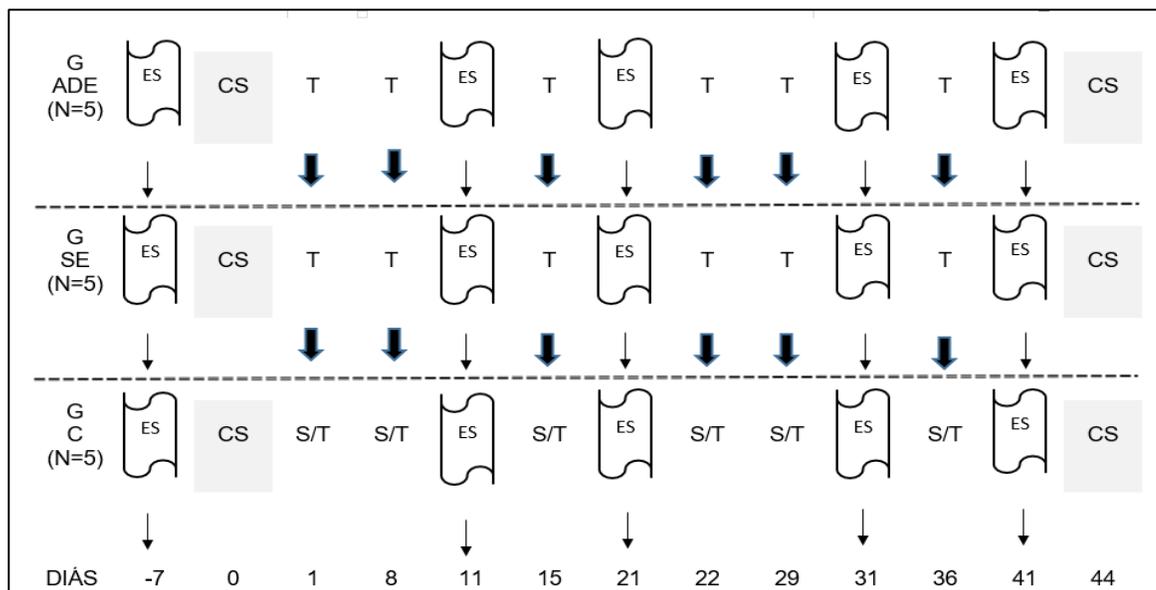
### **3.2 Manejo de animales**

Durante el período experimental, que duró de octubre a noviembre, los carneros fueron alimentados con residuos de alimentos de una unidad de vacas lecheras Holstein. Su ración estaba compuesta principalmente de heno de alfalfa, ensilaje de maíz y grano de maíz. Los carneros fueron alimentados dos veces al día (1200 y 1800 h) y tenía acceso ilimitado a agua limpia, sales minerales y sombras. En el área de obtención del semen los animales utilizados estuvieron en condiciones y su manejo estuvo bajo la NORMA Oficial Mexicana NOM-027-ZOO-1995, Proceso zoonosanitario del semen de animales domésticos.

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

Se utilizaron 15 carneros adultos de la raza Dorper, los cuales fueron distribuidos en 3 grupos (n=5 c/u): 1), machos tratados (Se+Vit-EB) con Selenio en combinación con vitamina E y B12 (1mg de selenito de sodio, 70 ui de vit. E y

Vit.B12 0.2 mg), 2), machos tratados con 1 mL por cada 50 kg de PV de vitamina ADE (Vitamina A 500,000 UI, Vitamina D 75,000 UI., Vitamina E 50 mg), y 3), machos control (GC)s e le aplicó .5 mL de solución salina fisiológica. Ambos tratamientos fueron aplicados cada tercer día durante 28 d.



**Figura 3.** Diagrama experimental y actividades realizadas durante el periodo de estudio.

Grupo selenio (GS) Grupo vitamina ADE (G ADE), grupo control (G C). Evaluación seminal (ES), temperatura rectal, escrotal, paleta, oreja y anca, peso corporal, condición corporal, condición escrotal, olor y secreción (TPCO), tratamiento (T) comportamiento sexual (CS).

## 5.4 Variables evaluadas

### 5.4.1 Peso y Condición corporal

A lo largo del estudio, tanto el peso vivo como la condición corporal se midieron cada 7 días durante todo el periodo de estudio. El peso corporal fue determinado por la mañana antes de que los machos fueran alimentados. Se utilizó una báscula digital con una capacidad de 400 kg y división de 0.1 kg (Torrey, Modelo Eqm-400). La CC se evaluó mediante estimación de la masa muscular y grasa de la región lumbar bajo la técnica descrita por (Walkden-Brown et al., 1997), esta actividad fue evaluada por un mismo técnico durante todo el periodo

experimental. A los 15 animales se les midió la condición corporal cada 7 días durante 28 días.

#### **5.4.2 Circunferencia escrotal**

La circunferencia escrotal (CE) se determinó cada 7 días durante todo el periodo experimental, utilizando una cinta métrica flexible, la CE se midió de la parte media de los testículos con una cinta métrica bajo la técnica descrita por Cruz-Castrejón et al., 2007).

#### **5.4.3 Recolección y procesamiento del semen**

El semen fue colectado por la mañana (800 a 1000 h) cada 3 d, durante tres semanas, se usó como estímulo para la extracción de semen una hembra en actividad estral. El semen fue recolectado con una vagina artificial estándar para ovinos y caprinos (Minitüb, Tiefenbach, Germany), mantenida a una temperatura de 38 °C, por lo que se precalentó a 42 °C previo a la recolección del semen. Después de cada extracción el semen fue sumergido inmediatamente en baño maría a 37 °C para su posterior análisis macroscópico y microscópico durante los siguientes 10 minutos.

*Latencia a la eyaculado (LEC; s).* La hembra en celo permaneció fija y los machos se expusieron con un tiempo no mayor a 301 s para hacer la extracción. Los machos que no eyacularon durante ese lapso se retiraron y se les considera como rechazo a la eyaculación (Calderón-Leyva et al., 2017).

*Volumen del eyaculado (VEC; mL).* Se determinó con un tubo cónico de vidrio de 15 mL graduado a 0.1 mL.

*Concentración espermática (CEP;  $\times 10^6/\text{mL}$ ).* La concentración espermática utilizando un fotómetro SDM1 (SpermaCue, Minitüb, Tiefenbach, Germany), la cual consistió en depositar 10  $\mu\text{g}$  de la muestra del semen a través una microcubeta para fotómetro SDM 1 y después es fijada exactamente en la posición correcta de medición al fotómetro para hacer el análisis. La concentración espermática se expresó en células espermáticas/mL ( $10^6/\text{mL}$ )

*Motilidad masal* (MM; escala, 1-5). Se evaluó con el uso de una placa térmica para laboratorio con temperatura ajustada a 37°C, colocando una gota de semen puro (20 µl) sobre una lámina portaobjetos en el microscopio óptico con objetivo de 10x, y de acuerdo con el movimiento observado se asignó un puntaje de escala arbitraria de 1 a 5, donde 1 = 25%, y 5 = 100% de espermatozoides móviles.

*Motilidad individual* (MI; %). La motilidad individual, se determinó en base a la proporción de espermatozoides progresivamente móviles, para ello, se colocó una gota (10µL) de semen sobre una lámina portaobjetos y fue cubierta con una laminilla cubreobjetos; posteriormente se observó al microscopio con objetivo de 40x.

*Viabilidad espermática* (VE; %). La viabilidad espermática, se evaluó mediante el uso de la técnica de tinción con eosina-nigrosina (Kafi *et al.*, 2004), se observaron al menos 200 espermatozoides por muestra mediante microscopio óptico, utilizando el objetivo de 100X, y se calculó el porcentaje de células vivas (sin teñir) y de células muertas (teñidas de color rosa). Todas las evaluaciones fueron realizadas siempre por el mismo evaluador calificado.

#### **5.4.4 Prueba de comportamiento sexual**

Al finalizar los tratamientos, cada macho de ambos grupos fue puesto en contacto con una hembra en estro, para lo cual se le aplicaron 2 mg de Cipionato de estradiol vía i.m, la prueba de comportamiento sexual consistió en poner en contacto al macho durante 15 minutos con la hembra en estro y se registró el comportamiento sexual apetitivo (CSA; flehmen, olfateos, aproximaciones, pataleo, vocalizaciones, desenevaine), así como también el comportamiento sexual consumatorio (CSC; intentos de monta, montas completas, montas con eyaculación), lo anterior bajo la técnica descrita por Calderón-Leyva *et al.*(2018).

#### **5.5 Análisis estadístico**

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de los parámetros

seminales, peso vivo, condición corporal, olor fueron comparadas usando una prueba de t. Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS V9.1 (SAS, 2005). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de  $P \leq 0.05$ .

## RESULTADOS

En el cuadro 1 se muestra el comportamiento sexual apetitivo y con sumatorio de los machos sometidos a tres tratamientos. El CSA no mostro diferencias entre tratamientos (30%, 43 vs 27%;  $P>0.05$ ) para los machos del Se+E, ADE y GC, respectivamente. Mientras que el CSC fue mayor en los machos tratados con vitamina ADE (58% vs 20%;  $P<0.05$ ) del Se+E y GC, respectivamente. Al comprar el número total del de frecuencias del CSA (321 vs 215;  $P<0.05$ ) y CSC (47% vs 24;  $P>0.05$ ) fue mayor en los machos tratados con vitamina ADE en comparación con los machos del grupo Se+E y GC, respectivamente.

**Cuadro 1.** Frecuencias de comportamiento sexual [ (Apetitivo (CSA), consumatorio (CSC) de carneros de la raza Dorper (n= 15) tratados (cada 3d x 28d) con selenio en combinación con vitamina E (Se+E) y vitamina ADE (ADE), y machos tratados con solución salina (GC) durante los meses de octubre-noviembre (26° LN).

Variables	Se+E	ADE	GC
<b>CSA%</b>	30 <sup>a</sup>	<b>43<sup>a</sup></b>	27 <sup>a</sup>
Olfateos ano-genital	46 <sup>a</sup>	61 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>
Aproximación (n)	56 <sup>a</sup>	61 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>
Pataleos (n)	58 <sup>b</sup>	99 <sup>a</sup>	9 <sup>c</sup>
Vocalización (n)	38 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>
Desenvaine (n)	38 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>
Flehmen (n)	1 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>
<b>Total</b>	<b>237<sup>a</sup></b>	<b>321<sup>b</sup></b>	<b>193<sup>a</sup></b>
<b>CSC%</b>	22 <sup>b</sup>	<b>58<sup>a</sup></b>	20 <sup>b</sup>
Intentos de monta (n)	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>
Montas con penetración(n)	0 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>
Montas con desenvaine (n)	10 <sup>b</sup>	28 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>
Montas con eyaculación (n)	14 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>
<b>Total</b>	<b>26<sup>ab</sup></b>	<b>47<sup>a</sup></b>	<b>23<sup>b</sup></b>

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

En el cuadro 2. Se muestran los parámetros de la calidad seminal. Los parámetros para la calidad seminal no mostraron diferencia entre grupos ( $P>0.05$ ). El porcentaje de machos que rechazaron al eyaculado no mostró diferencias ( $P>0.05$ ).

**Cuadro 2.** Medias ( $\pm$ eem) para la calidad seminal de carneros de la raza Dorper tratados (cada 3d x 28d) con selenio más la combinación de vitamin E y B12 (Se+E), o machos tratados con Vitamina A, D y E (ADE) y/o machos no tratados (GC) bajo condiciones de fotoperiodo natural (26° LN).

n	Grupos			EEM
	Se+E (5)	ADE (5)	GC (5)	
Rechazo al eyaculado (%)	40 (2/5) <sup>a</sup>	20 (1/5) <sup>a</sup>	60 (3/5) <sup>a</sup>	
Latencia al eyaculado (s)	151 <sup>a</sup>	117 <sup>a</sup>	215 <sup>a</sup>	57
Volumen del eyaculado (mL)	0.4 <sup>a</sup>	1.1 <sup>a</sup>	0.4 <sup>a</sup>	0.2
Concentración espermática ( $\times 10^6$ /mL)	2882 <sup>a</sup>	3407 <sup>a</sup>	1766 <sup>a</sup>	1046
Motilidad masal (escala, 1-5)	2.5 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	1.0
Espermatozoides por mL ( $\times 10^6$ )	2108 <sup>a</sup>	4723 <sup>a</sup>	1681 <sup>a</sup>	1116
Motilidad individual (%)	29 <sup>a</sup>	47 <sup>a</sup>	20 <sup>a</sup>	14
Viabilidad espermática (%)	44 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	18

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

En el cuadro 3. se muestra el peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal e intensidad de olor. EL PV fue mayor (74 kg vs 58 kg) para los grupos ADE, Se+E y GC, respectivamente ( $P < 0,05$ ). La CC condición (3.0 vs 2.0 unidades), fue mayor en los grupos ADE, Se+E y GC respectivamente ( $P > 0,05$ ). La CE y la IO no mostraron diferencia ( $P > 0,05$ ).

**Cuadro 3.** Medias ( $\pm$ eem) para peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal e intensidad de olor de carneros tratados con selenio más la combinación de vitamin E y B12 (Se+E), o machos tratados con Vitamina A, D y E (ADE) y/o machos no tratados (GC) bajo condiciones de fotoperiodo natural (26° LN).

n	Grupos			EEM
	Se+E (5)	ADE (5)	GC (5)	
Peso vivo (Kg)	73.0 <sup>b</sup>	75.0 <sup>b</sup>	58.0 <sup>a</sup>	3.0
Condición corporal (1-5)	3.0 <sup>b</sup>	3.0 <sup>b</sup>	2.0 <sup>a</sup>	0.2
Circunferencia escrotal (mL)	34.0 <sup>a</sup>	33.0 <sup>a</sup>	33.0 <sup>a</sup>	1.0
Intensidad de Olor (0-3)	1.4 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	0.3

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

## DISCUSIÓN

En este estudio el tratamiento por 28 días con Vitamina A, D y E estimulo un mayor sexual apetitivo (CSA) y consumatorio (CSC) en los carneros del grupo ADE. Es probable que estos resultados se deban a la sinergia entre la combinación de las vitaminas A, D y E, por otra parte, es probable que los machos tratados con Vit E tuvieran una mayor producción de testosterona (T4), hormona relacionada con la libido en los carneros (Jensen, 2012; Yue *et al.* 2010; Mahmoud *et al.* 2013). En efecto, se conoce que la Vit-D puede además de tener un efecto sobre la espermatogenesis, también puede influir sobre las células de Leydig y mejorar la producción de T4 inducida por hormona LH (Huang *et al.*, 2015; Kotsa *et al.*, 2017). Sin embargo, nuestros resultados en respecto al grupo tratado con Se+E son similares a los reportados por Ali *et al.* (2009) en machos de la raza Awassi tratados con Se en combinación con vit.E que mostraron un mayor libido y desempeño reproductivo.

Sin embargo, nuestros resultados en cuanto al tratamiento con Se+Vit.E, es contrario a los resultados encontrados por Mahmoud *et al.* (2013) en carneros Ossimi que confirman que la combinación de Se más Vit. E y aplicadas dos veces por semana (5mg de Se + 450 mg de Vitamina E) por 30 d durante la temporada de reproducción mejoraron las características del semen y el rendimiento reproductivo general de los carneros Ossimi. Lo anterior, está de acuerdo con los machos tratados con en nuestro estudio con la vitamina A, D y E que tuvieron un mayor CSA Y CSC, lo que se puede traducir en un mayor número de servicios, menor tiempo para realizar su primer eyaculado comparados con los machos del grupo Se+E y GC. Lo anterior, puede reflejarse en nuestros resultados encontrados en el grupo ADE al mostrar un mayor número total de conductas del CSA y CSC en comparación con los machos del grupo Se+E y GC

Cabe mencionar que a pesar de que en este estudio no se determinó los niveles De T4 en sangre, estudios sugieren que existe una interacción compleja entre la Vit-D la función gonadal-pituitaria (Kim y Schlegel, 2008; Hwang *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2012).

Por otro lado, los resultados encontrados en nuestro estudio en cuanto a la calidad seminal no mostraron diferencias entre grupos. Lo anterior, es contrario a lo reportado por otros investigadores que sugieren que los tratamientos con Se+ vit.E mejora la calidad seminal en carneros (Ali *et al.*, 2009; Zuabir, 2015, 2017). Es probable, que lo anterior se deba a la duración de los tratamientos, ya que se sugiere que los tratamientos combinados con vit.E y Se, ya sea sola o combinada requieren más 90 días para lograr estimular la espermatogénesis. En efecto, el tiempo de tratamiento para estimular la espermatogénesis deben ser a un tiempo mayor a los 60 días, ya el proceso de espermatogénesis implica la regulación principalmente a través de las células gonadotrópicas de la pituitaria anterior, que estimulan a las células de Leydig a producir T4 a través de la estimulación de la hormona luteinizante, mientras que la hormona estimulante del folículo y la testosterona inducen el proceso de espermatogénesis (Toocheck *et al.*, 2016).

Por otra parte, en cuanto a la duración de los tratamientos con Se + Vit.E o vit E sola, resultados indican que los tratamientos aplicados dos veces por semana de vitamina E sola (175 mg/animal) o combinada con selenio (70 mg vit. E + 2800 mg de Se) por 90 días mejoraron las características del semen y el rendimiento reproductivo (libido) de los carneros Awassi durante la época de calor (Ali *et al.*, 2009). Al igual Baiomy *et al.* (2009) sugiere que los tratamientos por 90 d con 0.5 ppm +50 mg de vit.E mejora significativamente ( $p < 0.05$ ) los parámetros e calidad seminal en ovinos.

Otros estudios sugieren una mejora sobre las características del semen, lo que puede resultar en mejora del rendimiento reproductivo de los carneros tratados durante la temporada de reproducción (Ghorbani *et al.*, 2017). En efecto, en carneros tratados con 300 mg/ animal de Vitamina E o vitamina E + selenio dio como resultado, una mejora del desempeño reproductivo, lo que se sugiere que la vitamina E y / o vitamina E + las aplicaciones de selenio pueden mejorar el desempeño reproductivo de los carneros (Kaya *et al.*, 2019).

Lo anterior pudiera explicarse en estudios realizados que han demostrado que la hormona polipeptídica osteocalcina, además de sus propiedades endocrinas

juega un papel regulador de la homeostasis energética y favorece la fertilidad en el hombre, lo cual lo hace promoviendo la síntesis de T4 por las células de Leydig, hormona esteroidea que se requiere para muchos aspectos en la función testicular (Jensen, 2012; Huang *et al.*, 2015). En este sentido las hormonas sexuales regulan la absorción de calcio y este se relaciona con producción de estrógenos como la osteocalcina que estimula la producción de testosterona en humanos (Jensen, 2012). Lo anterior, es probable que se relacione con nuestros resultados encontrados en los machos tratados con la Vit-A, D y E, ya que se ha demostrado que la Vit-D juega un papel reproductivo importante debido a que existen receptores de Vit-D en los testículo, tracto reproductivo y espermatozoides en el hombre (Jensen, 2014). Sin embargo, nuestros resultados en cuanto a la calidad seminal son contrarios a los resultados encontrados por Ali *et al.* (2009) en carneros de la raza Awassi que indican que los tratamientos con Se ya sea solo o en combinación con vit. E mejoraron las características del semen y el rendimiento reproductivo de estos machos (Ali *et al.*, 2009).

Estudios demuestran que la suplementación de Vit- E, ya sea en dosis oral o inyectada, en carneros aumentan la calidad del semen y el volumen de eyaculado, así como, concentración y motilidad espermática (Yue *et al.* 2010; Mahmoud *et al.* 2013), y el comportamiento sexual en el macho ovino (Liu *et al.*, 2014).

Lo anterior, puede ser debido a la presencia de receptores a Vit-D en el tracto reproductivo (ovejas, cabra, ratón y rata) y específicamente en el tracto reproductivo machos ovinos indica que la Vit-D puede influir en el rendimiento reproductivo (Zhou *et al.*, 2018).

La circunferencia escrotal CE no mostro diferencia entre grupos. Lo anterior, es contrario a los resultados encontrados por Kaur y Kaur. (2000) que mostraron que el Se tiene una influencia sobre la morfología macroscópica e histológica de los testículos. En efecto, se ha demostrado que el selenito de sodio a dosis de 0.1 ppm en carneros se asoció con un aumento significativo en la longitud y

circunferencia escrotal (Marai *et al.*, 2009). Es probable que lo anterior, se deba a que el contenido de minerales y proteínas requeridos por el tejido testicular y los espermatozoides en ambo grupos se encontraba en niveles adecuados.

Los machos del grupo tratado con Se más Vitamina E ADE, tuvieron un mayor PV y CC en comparación con los machos del GC ( $P < 0.05$ ). 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 (selenito de sodio) vía im, 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).

Los resultados encontrados en nuestro estudio en cuanto al tiempo de reacción (latencia al eyaculado), no se encontró diferencia entre tratamientos. 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 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.

## **CONCLUSIÓN**

Los resultados del presente estudio muestran un efecto positivo en los carneros tratados con Vitamina A, D y E al mostrar un mayor comportamiento sexual. Lo anterior, puede ser una alternativa potencial y efectiva para estimular el comportamiento sexual de estos machos que se puede traducir en un mejor desempeño de reproductivo.

## LITERATURA CITADA

- Abdou, A. S. A., 2001. Some histological studies on the scrotal skin of sheep. The Egyptian society of Animal Producción, 38(1), pp. 31-50.
- Aisen, E. G., 2009. En: Reproducción Ovina Y Caprina. s.l.:s.n.
- Alonge, S. y otros, 2019. The effect of dietary supplementation of Vitamin E, Selenium, Zinc, Folic Acid, and N-3 polyunsaturated fatty acids on sperm motility and membrane properties in dogs. *Animals*, Volumen 9, pp. 9-34.
- Alonzo, N., Sanchez, L., & Ceballos, A. (2008). Actividad de glutatión peroxidasa y superóxido dismutasa en plasma seminal y sangre en cerdos reproductores. *Universidad de caldas*.
- Atessahin, A., Bucak, M. N., Tuncer, P. B. & Kizil, M., 2008. Effects of anti-oxidant additives on microscopic and oxidative parameters of Angora goat semen following the freeze-thawing process. *Small Ruminant Research*, Volumen 77, pp. 38-44.
- Balamurugan, M. B., Ramamoorthy, B., Ravi, Shankar, K. m. & Keerthana J., 2017. Mineral an Important Nutrient for Efficient Reproductive Mineral an Important Nutrient for Efficient. *International Journal of Science, Environment and Technology*, Volumen 6, pp. 694-701.
- Barroso-Villa, B., Colín-Valenzuela, A. & Estrada-Gutierrez, G., 2015. Oxidantes y antioxidantes en la infertilidad masculina Oxidants and antioxidants in male infertility. pp. 117-123.
- Bazer, F. W., 2019. Reproductive physiology of sheep (*Ovis aries*) and goats (*Capra aegagrus hircus*). *Animal Agriculture: Sustainability, Challenges and Innovations*, pp. 199-209.
- Biaomy, A., Mohamed, A., & Mottelib, A. (2009). Effect of dietary selenium and vitamin E supplementation on productive and reproductive performance in rams. *VET. MED. J. JANUARY*, 19, 3943.
- Calderón-Leyva, M. G., Meza-Herrera, C. A., Arellano-Rodríguez, G., Gaytan-Alemán, L. R., Alvarado-Espino, A. S., Gonzalez-Graciano, E. A., ... & Véliz-Deras, F. G. (2017). Effect of Glutamate Supplementation upon Semen Quality of Young Seasonally Sexual-Inactive Dorper Rams. *Journal of Animal Research*, 7(3), 419.
- Calderón-Leyva, G., Meza-Herrera, C., & Martínez-Rodríguez, R. (2018). Influence of sexual behavior of Dorper rams treated with glutamate and/or testosterone on reproductive performance of anovulatory ewes. *Theriogenology*, 79-86.
- Carbajal, M., Aquí Quintero, G., & Díaz, C. (2013). Uso del selenio en ovinos. *Abanico veterinario*, 3
- Cepi, M. I. A., s.f. Efecto de la suplementación con vitaminas c y e.
- Chaparro, H. C., 2014. "efecto del suplemento oral de vitaminas y minerales en las características seminales de carneros corriedale. Universidad nacional del altiplano", pp. 9-16.
- Church,, D., POND,, W., & POND, K. (2007). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales* (2 ed. ed.). Mexico: Limusa.

- Climent. Peris, S. y otros, 2005. Manual de Anatomía y Embriología de Los Animales Domésticos. Zaragoza, España: Acribia.
- Cordoba, I. a. & Iglesias, R. M., 2017. Uso de antioxidantes en la ganadería. revista ganadero, Volumen 41, pp. 164-173.
- Cruz-Castrejón, U., Véliz, F. G., Rivas-Muñoz, R., Flores, J. A., Hernández, H., & Moreno, G. D. (2007). Response of sexual activity in male goats under grazing conditions to food supplementation and artificial long day treatment. *Técnica Pecuaria en México*, 45(1).
- Delgado, C. B. E., 2013. EVALUACIÓN ESPERMÁTICA DE SEMEN DE OVINO TRATADO POR LA TÉCNICA DE GRADIENTE DE DENSIDAD. Universidad Ricardo Palma.
- Dukes, H. (2007). *Fisiología de los animales domésticos*. Limusa.
- Elgarte, P., & Guggeri, G. (2007). *EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON MINERALES Y VITAMINAS SOBRE ALGUNOSP~ETROSD E L SEMEN EN CARNERO*. Universidad de la republica facultad de veterinaria.
- FASS. 2010. Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching, 3rd ed. Federation Animal Science Society, Savoy, IL, USA. ISBN: 978- 956-14-2161-5
- Galina, C. & Valencia, J., 2008. Reproducción de los Animales Domésticos. 3 Edición ed. s.l.:Limusa.
- Hafez, E. & Hafez, B., 2004. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales. 7 edición ed. s.l.:Interamericana.
- Hermo, L., 2002. The Epididymis: From Molecules to Clinical Practice. *The Epididymis: From Molecules to Clinical Practice*, pp. 81-102.
- Hernández -Mendoza, H., & Rios-Lugo, M. (2009). Rol biológico del selenio en el humano. *Química viva*, 8(2), 64-79.
- Hostetler, C. E., Kincaid, R. L., & Mirando, M. A. (2003). *The Veterinary Journal*, 166, 125-139.
- Huang, C., Li, B., Xu, K., Liu, D., Hu, J., Yang, Y., ... & Zhu, W. (2017). Decline in semen quality among 30,636 young Chinese men from 2001 to 2015. *Fertility and sterility*, 107(1), 83-88.
- Jensen, MB (2012). Metabolismo de la vitamina D, hormonas sexuales y función reproductiva masculina. *Reproducción*, 144 (2), 135-152.
- Kaur, R., & Kaur, K. (2000). Effects of dietary selenium (SE) on morphology of testis and cauda epididymis in rats. *Indian journal of physiology and pharmacology*, 44(3), 265-272.
- Liu, S., Masters, D., Ferguson, M., & Thompson, A. (2014). Vitamin E status and reproduction in sheep: potential implications for Australian sheep production. *Animal Production Science*, 54(6), 694-714.
- Mahmoud, G. B., Abdel-Raheem, S. M., & Hussein, H. A. (2013). Effect of combination of vitamin E and selenium injections on reproductive performance and blood parameters of Ossimi rams. *Small Ruminant Research*, 113(1), 103-108.
- Malgor-Valsecia. (2000). *Hormonas sexuales masculinas*.
- Marai, I. F. M., El-Darawany, A. H., Ismail, E., & Abdel-Hafez, M. A. M. (2009). Reproductive and physiological traits of Egyptian Suffolk rams as affected

- by selenium dietary supplementation and housing heat radiation effects during winter of the sub-tropical environment of Egypt. *Archives Animal Breeding*, 52(4), 402-409.
- Marin-Guzman, J., Mahan, D. C. & Whitmoyer, R., 2000. Effect of dietary selenium and vitamin E on the ultrastructure and ATP concentration of boar spermatozoa, and the efficacy of added sodium selenite in extended semen on sperm motility. *Journal of Animal Science*, Volumen 78, pp. 1544-1550.
- Matamoros. Pinel, R. & Salinas. Perez, P., 2017. *Fundamentos de fisiología y endocrinología reproductiva en animales domésticos*. Primera edición ed. Snatiago de chile: Ediciones Universidad Snto Tomás.
- McDowell, L. R., Williams, S. N., Hidiroglou, N., Njeru, C. A., Hill, G. M., Ochoa, L., & Wilkinson, N. S. (1996). Vitamin E supplementation for the ruminant. *Animal Feed Science and Technology*, 60(3-4), 273-296.
- Meléndez, P., & Bartolomé, J. (2017). Avances sobre nutrición y fertilidad en ganado lechero: Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(4), 407-417.
- Membrillo-Ortega, A., Córdova-Izquierdo, A., Hicks-Gómez, J. J., Valencia-Méndez, J. J., & Castillo-Juárez, H. (2011). Efecto de la adición de antioxidantes en el diluyente de semen de macho cabrío antes de congelar y después de descongelar. *Revista Veterinaria*, 22(2), 85-90.
- Molina, M. A. E., 2019. SELENIO: UN ELEMENTO TÓXICO Y ESENCIAL. FACULTAD DE FARMACIA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE, Volumen Tesis.
- 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, 1st ed. Harlan Mexico, DF, Mexico. ISBN: 978-0-309-15400-0.
- Neill's, K., 2006. *Physiology of reproduction..* 3 edición ed. s.l.:Elsevier.
- Noblanc, A. A. y otros, 2011. Glutathione peroxidases at work on epididymal spermatozoa: An example of the dual effect of reactive oxygen species on mammalian male fertilizing ability. *Journal of Andrology*, Volumen 32, pp. 641-650.
- Pathak, , A. y otros, 2012. Gross Anatomical, Histological and Histochemical Studies on the Postnatal Development of the Prostate Gland of Gaddi Goat. *International Journal of Morphology*, 30(2), pp. 731-739.
- Perea-Trejo, L., 2015. *Minería en chihuahua*. Informativas Outlet minero, Volumen [http:// outletminero.org/mineria-en-chihuahua](http://outletminero.org/mineria-en-chihuahua).
- Prieto, I., Ramírez, M., Arechaga, G., Segura, A., Sabino, E., & Gandarias, J. (2002). Vitamina E y selenio: la lucha contra el estres oxidativo. *Seminario Medico*, 54(3), 13-34.
- Rimbaud, E., 2005. FISIOPATOLOGIA DE LA REPRODUCCIÓN. <https://www.coursehero.com/file/44100949/Fisiopatologia-de-la-Reproduccionpdf/> ed. s.l.:s.n.
- Rodriguez, C. M., Kirby, J. L. & Hinton, B. T., 2002. The Development of the Epididymis. *Molecules to Clinical Practice*, pp. 251-267.
- Román Casas, M., Alva Chaire, A., Pinzón Navarro, A., & Carvajal Aguilera, K. (2016). PAPEL INMUNOMODULADOR Y ANTIOXIDANTE DEL ZINC Y EL

- SELENIO EN EL TRATAMIENTO COADYUVANTE DE INFECCIONES RESPIRATORIAS GRAVES. *Revista de Educación Bioquímica*, 35(1), 3-10.
- Salinas, G. (2010). BIOQUÍMICA DE LA SELENOCISTEÍNA, EL 21er AMINOÁCIDO, Y ROL DE LAS SELENOPROTEÍNAS EN LA SALUD HUMANA. *Mensaje bioquímico*, 34, 121-133.
- Soliman, E., Abd El-Moty, A., & Kassab, A. (2012). Combined effect of vitamin E and selenium on some productive and physiological characteristics of ewes and their lambs during suckling period. *Egyptian Journal of Sheep & Goat Sciences*, 7(2), 31-42.
- Suttle, N. F., 2010. En: 4. edición, ed. Mineral Nutrition of Livestock. s.l.:CABI.
- Talib Ali, A. B., Bomboi, G., & Floris, B. (2009). Does Vitamin E or Vitamin E plus Selenium improve reproductive performance of rams during hot weather?. *Italian Journal of Animal Science*, 8(4), 743-754.
- Talib, A. A. A. B., Bomboi, G. & Floris, B., 2009. Does Vitamin E or Vitamin E plus Selenium improve reproductive performance of rams during hot weather?. *Italian Journal of Animal Science*, Volumen 8, pp. 743-754.
- Tobacchi, P., & Garcia, F. (2010). ROL BIOQUÍMICO DEL SELENIO: UN MICRONUTRIENTE ESENCIAL PARA EL HOMBRE ANIMALES Y PLANTAS. *Biotempo*, 10, 51-56.
- Tortora, G. J. B. D., 2010. En: d. edición, ed. Principios de anatomía y fisiología. s.l.:Guanabara Koogan.
- Vázquez-Armijo, J., Rojo, R., López, D., Tinoco, J., Gonzalez, A., Pescador, N., & Dominguez-vara, I. (2011). TRACE ELEMENTS IN SHEEP AND GOATS REPRODUCTION: A REVIEW. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1), 1-13.
- Wright, C. (2012). Mineral nutrition and its impact on reproduction. *Applied Reproductive Strategies*.
- Yang, H., wang, F., Li, F., Ren, C., Pang, J., Wan, Y., . . . Zhang, Y. (2018). Comprehensive analysis of long noncoding RNA and mRNA expression patterns in sheep testicular maturation. *Biology of Reproduction*, 3(99), 650-661.
- Yousef, M. I., Abdallah, G. A., & Kamel, K. I. (2003). Effect of ascorbic acid and vitamin E supplementation on semen quality and biochemical parameters of male rabbits. *Animal reproduction science*, 76(1-2), 99-111.
- Yue, D., Yan, L., Luo, H., Xu, X., & Jin, X. (2010). Effect of Vitamin E supplementation on semen quality and the testicular cell membranal and mitochondrial antioxidant abilities in Aohan fine-wool sheep. *Animal Reproduction Science*, 118(2-4), 217-222.
- Zhou, J., Du, J., Huang, L., Wang, Y., Shi, Y., & Lin, H. (2018). Preventive effects of vitamin D on seasonal influenza A in infants: a multicenter, randomized, open, controlled clinical trial. *The Pediatric infectious disease journal*, 37(8), 749-754.
- Zubair, M. (2017). Effects of dietary vitamin E on male reproductive system. *Asian pacific journal of reproduction*, 6(4), 145.
- Zubair, M., Ali, M., Ahmad, M., Sajid, S. M., Ahmad, I., & Gul, S. T. (2015). Effect of Selenium and Vitamin E on cryopreservation of semen and reproductive performance of animals (a review). *J. Entomol. Zool. Studies*, 3(1), 82-86.