

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



Efecto de la suplementación de la vitamina E y selenio sobre la  
circunferencia escrotal y peso vivo en carneros Dorper

Por:

**ALEJANDRO MACÍAS MACÍAS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México

Septiembre 2021

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

Efecto de la suplementación de la vitamina E y selenio sobre la circunferencia escrotal y peso vivo en carneros Dorper

Por:

**ALEJANDRO MACÍAS MACÍAS**

TESIS

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

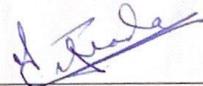
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Oscar Ángel García  
Presidente

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

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Ramiro González Avalos  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
I.Z. Héctor Manuel Estrada Flores  
Vocal Suplente

  
\_\_\_\_\_  
MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México

Septiembre 2021

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

Efecto de la suplementación de la vitamina E y Selenio sobre la circunferencia  
escrotal y peso vivo en carneros Dorper

Por:

**ALEJANDRO MACÍAS MACÍAS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Oscar Angel Garcia  
Asesor Principal

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

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Ramiro González Ávalos  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México

Septiembre 2021



## **AGRADECIMIENTOS**

**La universidad me recibió como tal y por lo tanto agradezco por eso, también agradezco la ayuda de mis maestros principalmente al IZ Héctor Manuel Estrada Flores y al Dr. Oscar Ángel García ya que sin este último no hubiese culminado mi trabajo de investigación. Agradecer también a mis compañeros, a toda la universidad en general y a cada una de las personas que con su granito de arena me ayudaron a culminar esta bonita carrera de Médico Veterinario Zootecnista.**

**Agradecer de todo corazón a mi familia, ya que, a pesar de todo lo sucedido durante mi carrera ellos estuvieron al lado mío al pie del cañón, apoyándome y brindándome su apoyo moral, ánimos y por no perder la fe en que podría lograrlo.**

## **DEDICATORIA**

**La presente tesis está dedicada a Dios, por permitirme tener vida, salud y ayudarme a lo largo de toda mi vida para poder realizar uno más de mis propósitos que es ser Médico Veterinario.**

**Mi familia, quien me ha apoyado siempre y a lo largo de la carrera han estado brindándome su confianza, amor, comprensión y tiempo necesario para poder realizarme profesionalmente.**

**Dedicada para mis padres, el Sr. Rubén Jaime Macias Ordoñez y mi madre Socorro Elvia Macias Domínguez, siempre quise darle un veterinario a mi papa y abuelo, y, a mi madre un profesionista.**

**Y mi madre, pues sin ella no lo hubiese logrado. Su bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y cuida de todas las adversidades. Por eso te doy en ofrenda este trabajo por tu paciencia y amor madre mía, te amo.**

## RESUMEN

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 el peso vivo, condición corporal y circunferencia escrotal. 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) se les aplicó 0.5 mL de solución salina fisiológica (**GT**). Los tratamientos fueron aplicados cada 3d x 28 d. El peso vivo (PV), y la condición corporal (CC) fue mayor en el grupo tratado ( $P < 0.05$ ), la circunferencia escrotal (CE) no mostró diferencia ( $P > 0.05$ ). Los resultados del presente estudio demuestran que la aplicación de selenio combinado con vitamina E mejora el peso vivo y condición corporal en carneros de la raza Dorper. En conclusión, el tratamiento con selenio combinado con vitamina E por 28 d puede ser efectiva para mejorar la ganancia de peso y condición corporal en carneros de la raza Dorper.

**Palabras clave:** Peso vivo, Vitamina E, Selenio, Circunferencia escrotal, Raza dorper.

## INDICE

Agradecimientos.....	i
Dedicatorias.....	ii
Resumen.....	iii
I.- INTRODUCCION.....	1
II.- REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1. Fuentes de selenio .....	3
2.2.- Fuentes de vitamina E.....	4
2.3 Requerimientos de selenio .....	5
2.4.- Efecto del selenio y vitamina E en la nutrición .....	6
2.4.1 Efecto de la suplementación del Selenio y vitamina E .....	8
2.5. Efecto del selenio a nivel testicular .....	9
2.7 Selenio y vitamina E en la reproducción del macho.....	10
2.8.- Metabolismo del Se y vitamina E.....	14
2.9. Deficiencias de Se y Vitamina E. ....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 Localización del área de estudio.....	21
3.2 Manejo de animales .....	21
3.3 Tratamiento de los machos .....	21
3.4 Variables evaluadas .....	22
3.4.1Peso y Condición corporal.....	22
3.4.2 Circunferencia escrotal.....	22
3.5 Análisis estadístico .....	22
IV RESULTADOS.....	23

V DISCUSIÓN .....	24
VI CONCLUSIÓN .....	26
VII LITERATURA CITADA .....	27

## INDICE DE CUADRO

**Cuadro 1.** Medias ( $\pm$ em) para peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal de carneros tratados con selenio más la combinación de vitamin E (Se+E), o machos no tratados (GC) bajo condiciones de fotoperiodo natural (26° LN). 23

## I.- INTRODUCCION

Un gran número de literatura describe la función biológica algunas vitaminas (A, D y E), en especial de la vitamina E (Vit. E) y sus aplicaciones sobre el desempeño reproductivo en los animales domésticos (Talib Ali *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2014). Muchos trabajos han revisado las funciones químicas y biológicas que juegan las vitaminas (Debier, 2005), al igual que los efectos de suplementación en rumiantes con Vit.E (McDowell *et al.* 1996). En este sentido, en cuanto al papel de la Vit. E sobre la reproducción en el macho, es conocida como vitamina anti-esterilidad, y se conoce que su deficiencia conduce a la degeneración de los espermatozoides, testículos y túbulos seminíferos (Majid *et al.*, 2015).

Por otra parte, el selenio (Se) tiene una función biológica relacionada con Vit. E en que el Se es un componente esencial de glutatión peroxidasa (GSH-Px), una enzima involucrada en desintoxicación de peróxido de hidrógeno y lípidos hidroperóxidos. La Vit. E es el requerimiento, por lo tanto, puede definirse como la cantidad necesaria para prevenir la peroxidación subcelular particularmente en la membrana que es más susceptible a peroxidación (Ramírez-Bribiesca *et al.*, 2005).

Por otra parte, el Se es un elemento mineral traza con actividad antioxidante que, en conjunto con la Vit. 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 en el macho). Hay una selenoproteína con funciones protectoras en la cápsula mitocondrial del espermatozoide; en sementales ovinos, el Se y la Vit. 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).

Los efectos de la Vit. E sobre la reproducción en machos se ha centrado en la espermatogénesis y la calidad del seminal, ya que la Vit. E juega un papel

importante en el manejo del estrés oxidativo ya que los espermatozoides están sujetos a daño oxidativo debido a la alta tasa metabólica y la alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) en sus membranas. La Vit. E desempeña un papel esencial, entre ellos, el más importante, las funciones especializadas y sinérgicas, lo que da como resultado una secuencia de reacciones que convierten a las especies reactivas de oxígeno (ROS) (Izquierdo, 2009).

Recientemente varios trabajos se han enfocado sobre los efectos potenciales de la deficiencia de Vit. E sobre el desempeño reproductivo de los rumiantes (Liu *et al.*, 2014, Zubair, 2017). Por lo anterior, el desempeño reproductivo en el macho se puede mejorar a través de la suplementación de vitaminas y minerales, ya sean solas o combinadas.

## II.- REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Fuentes de selenio

El Se es un oligoelemento esencial para humanos y animales, en forma de selenocisteína, porque es un núcleo estructural componente de varias enzimas específicas (Cozzi *et al.*, 2011). Todo el Se de los alimentos proviene del suelo, que puede ser rico o también muy pobre en este elemento. Entre las fuentes de alimentos vegetales provenientes de zonas seleníferas tienen cantidades considerables de este elemento. La biodisponibilidad de las diversas fuentes vegetales y animales es similar (Jaffe, 1992).

El contenido Se en los cultivos forrajeros es variable y depende en gran medida de su sitio de cultivo. En Europa, el contenido de Se en el suelo es bastante bajo y la suplementación dietética de Se en los animales de granja se ha convertido en una práctica común. Hasta ahora, la demanda de Se en las raciones de ganado ha sido generalmente cubierta al complementar con fuentes inorgánicas como selenito o selenato de sodio. Sin embargo, las fuentes orgánicas de Se de cepas de levadura enriquecidas han sido aprobadas recientemente en nutrición animal por la Unión Europea según el Reglamento de la Comisión: 2006/1750 / CE (Cozzi *et al.*, 2011)

La fuente de Se más utilizada en la alimentación de rumiantes es el selenito sódico ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ), pero su uso y manipulación se ven limitados por el riesgo de toxicidad cuando no se balancea adecuadamente o no se mezcla perfectamente en las sales o el alimento. Otras fuentes de Se son las de tipo orgánico (metionato de Se y levaduras enriquecidas con Se). El Se es uno de los elementos más tóxicos para todos los animales, tiene un margen de tolerancia muy reducido entre su requerimiento y toxicidad. Se conoce que, en la dieta, el requerimiento mínimo y concentración máxima tolerable fluctúa entre 0.05 y 5 ppm (Monterrosa *et al.*, 2011).

Debido a que la adición en la dieta existe la posibilidad de inducir situaciones de intoxicación, se ha utilizado de manera inyectable, en los demás casos es posible

utilizar seleno-metionina (seleno-levaduras) y sales inorgánicas del elemento (selenatos y selenitos) (Hajalshaikh *et al.*, 2015). Otra alternativa es usar fuentes inorgánicas que se pueden administrar parenteralmente (inyecciones, subcutáneas), por vía oral directa (sales, pellets y cápsulas) y por vía oral indirecta (fertilización con selenio de forrajes). Actualmente la mayoría de los preparados de selenio son elaborados con selenito de sodio (Hermosillo Carbajal *et al.*, 2013).

En el caso del Se inorgánico puede encontrarse en tres estados de oxidación: selenito (Se 4+) selenato (Se 6+) y seleniuro (Se 2-). Estos pueden hallarse, en la ración, en forma inorgánica u orgánica. El selenito de sodio es la forma más comúnmente usada en las dietas animales (Salazar *et al.*, 2016). Por otra parte, se ha utilizado el selenito de sodio combinado con Vit. E, mostrando una actividad adecuada de la enzima GSH-Px en sementales ovinos de la raza Ossimi (Mahmoud *et al.*, 2013).

Las comparaciones entre seleno-levaduras y las fuentes inorgánicas de Se en el ganado de engorde se centraron en la retención del elemento en el tejido muscular y el consiguiente efecto sobre la estabilidad oxidativa de la carne del ganado, así como sobre la tolerancia de los animales a la administración de dosis supranutricionales como estrategia para producir un producto de carne de vacuno enriquecido con Se (Cozzi *et al.*, 2011).

## **2.2.- Fuentes de vitamina E**

La Vit. E también llamada vitamina antiesterilidad o factor X, se encuentra ampliamente distribuida en las plantas y se encuentra en forma natural como alfa, beta, gamma y delta- tocoferoles o tocotrioles, siendo el tocoferol la forma con el valor nutricional más alto. Se ha utilizado como promotor de la fecundidad, y funciona como antioxidantes primarios de lípidos, además se asocia al Se formando parte del denominado sistema de defensa antioxidante del organismo (Dias-Zagoya *et al.*, 2008; Fraire-Cordero *et al.*, 2013; Zubair, 2017).

Además, el papel especial de la Vit. E es la utilización del oxígeno a nivel celular o como parte de los sistemas enzimáticos respiratorios de las células (Fraire-Cordero *et al.*, 2013). Sin embargo, los efectos protectores de la Vit. E deben complementarse con los sistemas glutatión- peroxidasa dependientes del Se (Mahmoud *et al.*, 2013). Lo anterior, debido a que las membranas biológicas están compuestas principalmente por moléculas de fosfolípidos, colesterol y proteínas que se encuentra unidas a esta, y deben protegerse contra la peroxidación como resultado de una peroxidación de lípidos en la membrana da como resultado la rotura de la membrana (Córdoba- izquierdo, *et al.*, 2009).

La Vit. E ( $\alpha$ -tocoferol) es un compuesto orgánico soluble en grasa y comúnmente está presente en las membranas celulares. La Vit. E se conoce como por sus potentes antioxidantes que inhiben la peroxidación lipídica generada por los radicales libres (RL) hidroxilo y superóxido. La Vit. E es bien reconocida como el principal antioxidante soluble en lípidos que rompe la cadena y previene la peroxidación de lípidos. en tejidos de mamíferos (Liu *et al.*, 2014). Esta vitamina protege la membrana celular de los espermatozoides de los daños provocados por las ROS (Zubair, 2017).

### **2.3 Requerimientos de selenio**

El Se tiene una función biológica relacionada con Vit. E en que el Se es un componente esencial de glutatión peroxidasa, una enzima involucrada en desintoxicación de peróxido de hidrógeno y lípidos hidroperóxidos (Ramírez-Bribiesca *et al.*, 2005). El requerimiento de Se para ganado de carne: en desarrollo, engorda, gestación o lactancia es de 0.1 ppm (NRC 1996). Para ganado lechero: 0.3 ppm, en cualquier etapa. Mientras que para ovinos es de 0.1 a 0.2 ppm. El requerimiento aumenta cuando los niveles de S, Cu, Cd, Hg, Al, As, Ag y Pb, o cualquiera de ellos, son altos en la dieta. Existe una interrelación entre él Se y la Vit. E, en la cual cualquiera entre ellos puede substituir al otro, hasta cierto punto, pero nunca completamente. La absorción máxima de Vit. E, se hace solo en presencia de niveles normales de Se y viceversa (Villanueva, 2011).

Los requerimientos de Se para los ovinos depende de la cantidad de Vit. E en la dieta; el nivel de Se sugerido para los ovinos es de 0.1 mg Se /kg MS; siendo 2 mg Se / kg MS de la ración, el límite máximo tolerable (Hermosillo Carbajal *et al.*, 2013). Se sugieren utilizar una dosis de 0.25 mg Se en corderos aparentemente sanos y dosis de 0.5 mg Se en corderos con signo de la distrofia muscular. A partir de 3 mg/Kg. de PV, por vía oral, pueden ocurrir cuadros de toxicidad aguda (Hermosillo Carbajal *et al.*, 2013). Los requerimientos de Vit. E en algunas especies de animales domesticos, encontramos que los ovinos requieren de 15-20 U.I por kg de alimento (Prieto *et al.*, 2002).

#### **2.4.- Efecto del selenio y vitamina E en la nutrición**

La nutrición es el principal factor que influye sobre el desempeño reproductivo de los mamíferos, ya que tiene un efecto sobre en la expresión de ciclos reproductivos (actividad estral, gestación), si existe un déficit de nutrientes tanto para crecimiento y mantenimiento de los animales no serán activadas las funciones antes mencionadas (Talib Ali *et al.*, 2009).

Las vitaminas y los minerales son nutrientes de suma importancia en la reproducción animal ya que su deficiencia de estos, pueden afectar severamente los procesos biológicos incluyendo la espermatogénesis y la calidad del semen en el macho (Talib Ali *et al.*, 2009). La suplementación con Se puede mejorar el rendimiento animal indirectamente al fortalecer su inmunocompetencia, lo que le permite resistir mejor la condición estrés de los sistemas intensivos de engorde (Cozzi *et al.*, 2011).

Las Vit. E y el Se son macronutrientes que comparten su papel biológico, ya que ambos ayudan mantener bajas concentraciones de ROS y de lípidos y peróxilos (Granja *et al.*, 2012; Zubair, 2017). En efecto, existen interacciones negativas entre nutrientes que llevan a un desbalance nutricional que pueden empeorar la eficiencia reproductiva (Campos *et al.*, 2008).

El Se actúa en diversas funciones corporales, como el crecimiento, reproducción, prevención de enfermedades y la integridad de los tejidos (Gloffredo, 2011). Hay al menos 25 selenoproteínas en el cuerpo humano y animal. Este mineral se considera que genera beneficios a la salud ya que forma parte de la enzima GSH-Px, que protege al organismo contra agentes oxidantes (Vinchira y Muñoz, 2010). El Se es un cofactor de la enzima GSH-Px que actúa en los compartimientos intracelulares y extracelulares, catalizando la destrucción de peróxidos (López *et al.*, 1997).

En el campo de la nutrición existen factores que limitan la producción animal, dentro de estos se encuentran los minerales, ya que su deficiencia se ha asociado a diversas patologías. El Se, como micronutriente esencial asociado con la Vit.E afecta diversas funciones del animal; en alteraciones en la reproducción y a los sistemas: nervioso, muscular, esquelético, hematopoyético e inmune, en sus características básicas y de integridad de todas las células del organismo (Valladares *et al.*, 2016).

En pequeños rumiantes, el suministro de Se para complementar el aporte de los forrajes, incluye adicionar premezclas al alimento, aplicación subcutánea o bucal (Carrillo-Nieto *et al.*, 2018). Por sus propiedades antioxidantes, la Vit.E ha sido empleada como suplemento en diferentes enfermedades (Blé-Castillo *et al.*, 2008). Actualmente, existen en el mercado productos inyectables que permiten asegurar una administración correcta y segura (Fernandez-Abella *et al.*, 2013).

Es esencial la presencia del Se y la Vit.E en el organismo, ya que protegen a los tejidos por medio de su acción antioxidante, y bajo concentraciones adecuadas ayudan a mantener en condiciones óptimas al sistema inmunológico (Valladares *et al.*, 2016).

El Se es un micronutriente esencial para los animales domésticos y las enfermedades causadas por su deficiencia tienen distribución mundial (Valladares *et al.*, 2016). La Vit. E reacciona o funciona como un antioxidante, aparentemente con la neutralización de los RL y previenen la peroxidación de los lípidos dentro de las membranas. La peroxidación de los lípidos puede destruir la

integridad estructural de las células y causar disturbios metabólicos (Valladares *et al.*, 2016).

Se ha establecido que el papel biológico del Se es favorecer la protección de todo tipo de células, aunado a cualquier factor que pueda desencadenar una reacción inflamatoria local o sistémica, considerando que puede incluso inducir a una respuesta más favorable en animales que han sido suplementados con Se a diferencia de los que no (Valladares *et al.*, 2016). La GSH-Px, junto con la catalasa y la superóxido dismutasa, contiene una barrera defensiva muy eficaz que protege al organismo de las moléculas hiperoxidantes como los peróxidos, superóxidos y otros RL (Prieto *et al.*, 2002).

#### **2.4.1 Efecto de la suplementación del Selenio y vitamina E**

La suplementación de los animales puede realizarse incorporando el elemento en la dieta (premezclas), el agua, las sales minerales, bolos intrarruminales o mediante soluciones inyectables, la elección de la forma de suplementación dependerá de las condiciones productivas y la consecuente facilidad para su utilización (Hermosillo Carbajal *et al.*, 2013).

Un carnero presenta necesidades nutricionales de mantenimiento un 10% superiores a lo requerido por una oveja seca de igual peso, edad y condición corporal. Esto se debe a la presencia de hormonas sexuales masculinas (fundamentalmente testosterona), que determinan que los machos tengan una mayor proporción de músculo en relación a la grasa, lo cual hace que su metabolismo basal (la energía que necesitan para mantener sus funciones vitales) sea mayor, dado que el músculo es un tejido metabólicamente más exigente, es decir, necesita más nutrientes que el tejido adiposo (grasa corporal) (Carvajal y Martínez, 2018).

La inclusión de Se en la dieta, o por aplicación parenteral, mejora la ganancia de peso de los corderos, la fertilidad de las ovejas y la respuesta inmune de ambos (Vázquez-Armijo *et al.*, 2011); lo anterior está condicionado a lograr las

concentraciones requeridas de Se en tejidos y fluidos corporales (Carrillo-Nieto *et al.*, 2018). Se reporta que la administración de selenio (Se) mejora la fertilidad de los carneros y de las ovejas, la supervivencia neonatal y el crecimiento de los corderos (Fernandez-Abella *et al.*, 2013).

## **2.5. Efecto del selenio a nivel testicular**

En los testículos el Se un oligoelemento esencial, es de fundamental importancia, ya que cualquier deficiencia en los niveles nutricionales reducen la masa testicular y la morfología, además de causar otros defectos flagelares en los espermatozoides e incluso los niveles supranutricionales de Se pueden causar graves anomalías en los espermatozoides debido al aumento del estrés oxidativo (Kaushal y Bansal, 2007). Se ha informado que la circunferencia escrotal (CE) puede verse influenciada por la administración de selenio donde funciona a través de la protección del daño de las células de los testículos (Ghorbani *et al.*, 2018).

El tamaño de los testículos se usa con frecuencia como juez de fertilidad y la medición escrotal se usa como una base para elegir carneros de cría (Mahmoud *et al.*, 2013). Rege *et al.* (2000) observaron altas correlaciones genéticas entre características de los espermatozoides y mediciones testiculares. Registraron correlaciones entre la CE con volumen de semen, motilidad de masa individual, concentración espermática y proporción de espermatozoides anormales en carneros de 12 meses. Ellos indicaron que la selección de carneros debería basarse en mediciones testiculares porque es altamente heredable y fácil de medir además que es altamente correlacionada con la calidad del semen y producción de espermatozoides (Mahmoud *et al.*, 2013).

La mejora en el rendimiento reproductivo de carneros tratados con Vit. E y Se mejora la calidad del semen se debe a la mejora de la función de los testículos. Además, el efecto positivo del Se en la concentración y la morfología de los espermatozoides ha sido previamente confirmado. Se ha informado que hay una

estrecha relación entre el tamaño testicular y la producción de esperma. Los carneros con testículos pequeños pueden no producir suficiente esperma durante el período de apareamiento para mantener una buena fertilización. (Mahmoud *et al.*, 2013). Según Martin *et al* (1990), la nutrición aparece como el factor dominante en controlar la actividad testicular. Las deficiencias en minerales y vitaminas afectan la producción de semen (Fernandez-Abella *et al.*, 2013).

La producción de testosterona aumenta con la aplicación de Se combinado con Vit. E, los carneros generalmente se volverán más sexualmente activos que los carneros de bajo nivel de testosterona o sexualmente inactivo. Además, se aumenta significativamente los niveles de testosterona sérica y la enzima GH-Px en carneros tratados (Mahmoud *et al.*, 2013).

A diferencia de Wilkins y col. (1982) se encontró un aumento en el peso corporal de carneros suplementados con Se, lo que demuestra que este mineral puede mejorar las tasas de crecimiento en ovejas (Kumar y col.2009).

Rege *et al.* (2000) observaron altas correlaciones genéticas entre características de los espermatozoides y mediciones testiculares. Registraron correlaciones entre la CE con volumen de semen (0.55), motilidad de masa (0.62), motilidad individual (0.54), concentración (0.25) y proporción de espermatozoides anormales (0,75) en carneros de 12 meses. Ellos indicaron que la selección de carneros debe basarse en mediciones testiculares porque es altamente heredable y altamente correlacionada con la calidad del semen y producción de espermatozoides (Mahmoud *et al.*, 2013).

## **2.7 Selenio y vitamina E en la reproducción del macho**

El Se es un elemento esencial para el testículo normal. Para el desarrollo de tal, la espermatogénesis y la motilidad y función de los espermatozoides (Safarinejad & Safarinejad, 2009). El Se es un oligoelemento esencial para el hombre y los animales, especialmente requerido para el mantenimiento de la espermatogénesis y fertilidad masculina. La deficiencia de Se o el bajo estado de

tal está relacionado con numerosos trastornos reproductivos, incluida la morfología testicular anormal, mala calidad del semen y estructura de esperma deteriorada (Shi *et al.*, 2017).

El Se participa en la regulación en el proceso de espermatogénesis, motilidad de los espermatozoides y función. Aunque la evidencia acumulada sobre esto indica que Se puede influir en la espermatogénesis regulando la expresión de la célula, genes relacionados con el ciclo y la apoptosis, el mecanismo exacto de que el Se modula la espermatogénesis aún se desconoce (Shi *et al.*, 2017).

Existe sinergia fisiológica entre el selenio y Vit. E, investigaciones anteriores han sugerido que Vit. E y Se son nutrientes importantes que actúan sinérgicamente y puede afectar muchos procesos biológicos incluyendo espermatogénesis y calidad del semen (Mahmoud *et al.*, 2013).

La literatura reporta la importancia de la suplementación con minerales y vitaminas sobre la producción espermática (Sapsord, 1951; Martin *et al.*, 1990) y más específicamente se indica que el suplemento de selenio a la dieta tiene un papel importante en la determinación de la concentración espermática y en el número de células de Sertoli (Fernandez-Abella *et al.*, 2013).

Durante la época reproductiva, el incremento de la actividad sexual de los sementales ovinos aumenta sus requerimientos nutricionales para la producción de semen en un período corto (época de empadre), esto puede inducir a deficiencia de Se y causar mayor estrés oxidativo, con menor producción y calidad del semen (Carrillo-Nieto *et al.*, 2018).

Según Behne *et al.* (1996) la morfología testicular y sus funciones se ven afectadas por una grave deficiencia de selenio en la dieta, y que este elemento es necesario para la formación y desarrollo normal de los espermatozoides. McCoy y Weswig (1969) afirman que los espermatozoides localizados en el epidídimo con deficiencia de selenio, presentan reducción o pérdida de la motilidad y muestran defectos en el flagelo, principalmente en la pieza media (Fernandez-Abella *et al.*, 2013).

El plasma seminal contiene elevadas cantidades de la enzima GSH-Px, cuya función es proteger a la membrana del espermatozoide del ataque peroxidativo. Además, en la cola del gameto masculino hay una selenoproteína llamada PHG-Px (Phospholipid Hydroperoxide Glutathione Peroxidase) que es una variante de GSH-Px y que ante una deficiencia de selenio se produce una fractura en la mitad de la cola del espermatozoide. El Se afecta directamente las células intersticiales de los testículos, de esta forma, puede mejorar la función testicular y la calidad del semen, y de forma indirecta, vía el efecto sobre la secreción de hormonas de la glándula pituitaria anterior (Carrillo-Nieto *et al.*, 2018).

El aumento de la movilidad de células espermáticas, así como del porcentaje de espermatozoides vivos y normales de sementales suplementados con Se, probablemente se relaciona con la mayor actividad de la enzima GSH-Px promovida por el Se suministrado a través del bolo intraruminal. El suministro de Se combinado con Vit. E aumenta la concentración sérica de testosterona, la actividad de la enzima GSH-Px, con mayor manifestación de los caracteres sexuales secundarios masculinos (Carrillo-Nieto *et al.*, 2018).

Capaul y col. (1988) 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 (Lopez Alonso *et al.*, 1997).

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 (Lopez Alonso *et al.*, 1997).

El Zn y Se es un nutriente esencial e indispensable elemento en crecimiento y reproducción, Zn y Se ayuda en el crecimiento testicular y desarrollo de túbulos seminíferos, espermatogénesis, esteroidogénesis en testículos, síntesis y secreción de hormona foliculo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) (Kumar *et al.*, 2014). La propiedad antioxidante de Zn y Se previene la peroxidación lipídica y estabiliza la membrana del lisosoma y por lo tanto mejora fertilidad (Kumar *et al.*, 2014).

El selenio 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 (Salinas, 2010). Las selenoproteínas más estudiadas e importantes en el sistema reproductor de macho son la GPx1, GPx3, mGPx4, cGPx4 y GPx5, las cuales protegen a las células, contra el daño oxidativo, durante los procesos de mitosis, meiosis y maduración espermática. Otras selenoproteínas, como mGPx4 y snGPx4, sirven como componentes estructurales del espermatozoide maduro (Salazar *et al.*, 2016).

El aumento de ROS (Aumento de oxígeno reactivo) disminuye la fertilización, porque ROS ataca la membrana de los espermatozoides, disminuyendo su viabilidad. Se aumenta la actividad antioxidante de la GSH-peroxidasa, ésta disminuyendo así el ROS y conduciendo a un aumento en la fertilidad masculina (Safarinejad y Safarinejad, 2009). El plasma seminal confiere cierta protección contra el daño de los ROS porque contiene pequeños eliminadores de radicales libres de masa molecular, como Vit. E, ascorbato, y enzimas antioxidantes (catalasa y superóxido dismutasa). La peroxidación lipídica es altamente influenciado por la presencia de estos antioxidantes en secreciones del aparato reproductor del macho (Rebai *et al.*, 2009).

## 2.8.- Metabolismo del Se y vitamina E.

La Vit. E es sintetizada únicamente en el reino vegetal y las fuentes naturales de esta sustancia son los aceites vegetales (Blé-Castillo *et al.*, 2008). Las funciones del Se, en el metabolismo, están fuertemente relacionadas con la Vit. E, ya que ambos protegen las membranas celulares contra la degeneración y muerte de los tejidos, actuando como antioxidantes (Gloffredo, 2011). La Vit. E se distribuye por todo el organismo. La mayor concentración la encontramos en el tejido adiposo y en las suprarrenales, muy por encima del hígado (Prieto *et al.*, 2002). Después de la absorción intestinal, el Se es llevado al hígado y vertido nuevamente a la circulación sanguínea, se distribuye en los diferentes órganos del cuerpo y se almacena principalmente en los tejidos que contienen proteínas. Su almacenamiento es de aproximadamente 60 días (Fernandez-Abella *et al.*, 2013).

La función bioquímica del Se es formar parte de la enzima GSH-Px, la cual contiene cuatro átomos de Se por mol de enzima. Las enzimas son catalizadores orgánicos producidos por los organismos vivos, son solubles en agua, de naturaleza coloidal, tienen poder catalítico específico y se destruyen por el calor húmedo a 100°C. Cuando actúan sobre su sustrato, influyen varios factores como: contacto entre la enzima y el sustrato, concentración de la enzima y el sustrato, temperatura, concentración de hidrogeniones, coenzimas y activadores. La GSH-Px no escapa a la acción de todos estos factores sobre todo por su dependencia con él Se que actúa como activador enzimático, que se define como la sustancia que aumenta la actividad de la enzima (Valladares *et al.*, 2016).

Otro antioxidante importante es la Vit. E, la cual captura de forma eficiente a radicales libres en los tejidos y su función se encuentra asociada al Se; sin embargo, esta vitamina es componente integral de las membranas lipídicas protegiendo a ácidos grasos poliinsaturados, enzimas y proteínas de transporte del ataque de los radicales libres (Valladares *et al.*, 2016).

En los seres humanos la Vit. E se absorbe junto con los lípidos de los alimentos en la parte proximal del intestino y se libera en la linfa dentro de los quilomicrones

(Blé-Castillo *et al.*, 2008). Las funciones del Se en el metabolismo están fuertemente relacionadas con la Vit. E ya que ambos protegen las membranas celulares contra la degeneración y muerte de los tejidos, actuando como antioxidantes (Hajalshaikh *et al.*, 2015). En cantidades muy pequeñas, él Se estimula los procesos vitales, es un elemento indispensable para el funcionamiento normal del sistema inmune, músculos, corazón, hígado, riñones, páncreas, testículos, plasma, glóbulos rojos y otros órganos como la tiroides, es también muy importante para mantener la integridad de las membranas celulares (Hermosillo Carbajal *et al.*, 2013). Los principales efectos en la deficiencia de Se son, en el metabolismo tiroideo, que afecta seriamente los parámetros productivos de los animales (Hermosillo Carbajal *et al.*, 2013).

La Vit. E (todas las vitaminas libres o esterificadas constituyen al llegar al intestino delgado las micelas. La absorción de la Vit. E es máxima en el yeyuno medio, y no se absorbe en el colon. La absorción de esta vitamina depende del tipo y cantidad de grasa de la dieta: los triglicéridos de cadena media aumentan su absorción, mientras que los ácidos grasos poliinsaturados la disminuyen (Prieto *et al.*, 2002).

El proceso de absorción de Vit. E, como el de cualquier nutriente o sustancia en general, no se considera completo hasta que este ha incorporado al líquido interno, sea al líquido intersticial o a la sangre: por tanto, distinguiremos distintas fases en este proceso:

En 1973 Rotruck *et al* demostraron que él Se era un componente del enzima glutatión peroxidasa, presente en los eritrocitos, estos descubrimientos ligaban al Se con la Vit. E y los mercaptoaminoácidos en las funciones de defensa del organismo frente al estrés oxidativo. El proceso de absorción del Se no cuenta con demasiada significación dentro de los mecanismos de homeostasis del Se, la localización de los niveles máximos de absorción dependen de la especie, el Se ingerido se absorbe entre el 50-100% sobre todo en forma de selenometionina (orgánico) , se absorben peor las formas inorgánicas (Prieto *et al.*, 2002).

Algunos factores de la dieta cambian los niveles de absorción: la favorecen los aminoácidos y los polipéptidos, la antagonizan diversos metales (Ag, Cd, Cu, Hg y sulfatos), menor absorción en rumiantes que en los monogástricos. En el ganado ovino se absorbe mayoritariamente en el duodeno y el ciego (Prieto *et al.*, 2002).

El Se circula en sangre unido a proteínas ricas en selenocisteína, como el glutatión peroxidasa glicosilada o selenoproteína P, este se acumula en los tejidos asociados al glutatión y la cisteína, las mayores concentraciones se encuentran en el pelo, hígado, riñón, musculo, testículo, ovario y pulmón. Se excreta mayoritariamente por el sudor y en menor cantidad por la orina y apenas por las heces (Prieto *et al.*, 2002).

## **2.9. Deficiencias de Se y Vitamina E.**

La deficiencia de Se, produce una distrofia muscular llamada “enfermedad del músculo blanco” en los corderos, está caracterizada por debilidad, rigidez y deterioro de los músculos, de tal manera que los animales afectados tienen dificultades para mantenerse en pie (Gioffredo, 2011). 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 *et al.*, 2018). La deficiencia afecta la reproducción, incluyendo la retención de placenta, que responde muy bien a la suplementación con Se (Gioffredo, 2011).

Además, es importante señalar que la deficiencia de Vit. E varía según la especie del animal, en estudios que se hicieron con animales de laboratorio se observó que la carencia de esta vitamina afecta a la reproducción, con una alteración del epitelio germinal que conduce a la esterilidad. En la hembra al ser fecundada, se produce aborto; y en el macho esterilidad (Prieto *et al.*, 2002). Como rasgos comunes, las alteraciones que caracterizan a esta deficiencia afectan

fundamentalmente al sistema vascular (diátesis exudativa), neuromuscular (distrofias) y reproductor (interrupción de la gestación en hembras y degeneración testicular irreversible en machos) (Prieto *et al.*, 2002).

En el centro del territorio mexicano se han diagnosticado desbalances de micro minerales con deficiencias graves de I, Se, Zn y Cu en los rebaños ovinos, pero no se han establecido programas de suministro de minerales para corregir las deficiencias y evaluar la respuesta. Por lo tanto, estos desequilibrios minerales se consideran factores que afectan la salud, el crecimiento y la reproducción en rumiantes (Carrillo-Nieto *et al.*, 2018).

Los animales selenodeficientes presentan disminución en las concentraciones de IgG sérica, lo cual muestra una inmunodepresión y cuando se suplementa Se se favorece la respuesta mediada por las IgG cuyas concentraciones se incrementan (Valladares *et al.*, 2016).

La mayor parte del territorio mexicano presenta problemas de carencia de Se. El mayor porcentaje de mortalidad en corderos ocurre durante los primeros días de vida, y uno de los minerales más importantes en ovinos durante esta etapa es el Se (Se) (Hermosillo Carbajal *et al.*, 2013).

La deficiencia en las crías de ovejas, causa enfermedades relacionados con el sistema inmune, crecimiento reducido, distrofia muscular (marcha rígida y lomo arqueado en ovejas), los casos agudos resultan en muerte (Hermosillo Carbajal *et al.*, 2013).

La patología de la enfermedad del músculo blanco se caracteriza por la presencia de degeneración Zencker en fibras o grupos de fibras musculares. Los músculos de mayor actividad metabólica son más afectados por la enfermedad: diafragma, intercostales, gastrocnemios y miocardio, este último particularmente en rumiantes recién nacidos o incluso antes de su nacimiento. Las principales observaciones patológicas en los animales se refieren a las lesiones degenerativas en miocardio y músculo esquelético, en el cuadro conocido como distrofia muscular nutricional (Hermosillo Carbajal *et al.*, 2013).

En adultos se observa un pobre comportamiento reproductivo, el esperma de los animales con deficiencia de Se tiene poca motilidad, alta mortalidad embrionaria, partos prematuros, mortinatos y alta incidencia de retenciones placentarias. Esta enfermedad se caracteriza por niveles bajos de Se y glutatión peroxidasa GSH-Px en sangre, y altos de glutámico oxalacético transaminasa (GOT), esta es una enzima que en condiciones normales solo se encuentra dentro de las células, se libera cuando existe daño tisular (Hermosillo Carbajal *et al.*, 2013).

Corah e Ives (1991) hacen una revisión de los procesos patológicos en los que está involucrada la deficiencia de Se, incluyendo alteraciones del tipo de retención placentaria; infertilidad; abortos, nacimientos prematuros, debilidad o muerte al nacimiento; quistes ováricos; metritis; bajas tasas de concepción, celos silentes o erráticos y pobre fertilización (Lopez Alonso *et al.*, 1997).

La digestibilidad y absorción del Se en los rumiantes es muy baja, alrededor del 19% en ovejas. Esta baja digestibilidad se atribuye a que en el rumen el Se se transforma a formas poco asimilables. Aunque la deficiencia ha sido señalada en todas las especies, los rumiantes parecen ser más sensibles al padecimiento y en particular la situación parece ser más grave para los pequeños rumiantes, ovinos y caprinos. Esta mayor susceptibilidad de los rumiantes se atribuye al ambiente retículoruminal, que genera formas no solubles en particular seleniuros (Hermosillo Carbajal *et al.*, 2013).

La deficiencia en el elemento afecta los niveles de IgG y la función de las células T, factores que determinan mayor prevalencia y severidad de las enfermedades usualmente presentes en las poblaciones animales (Hermosillo Carbajal *et al.*, 2013). En numerosas especies estudiadas la deficiencia de Se aparece asociada a una reducción de la función inmune. En vacas deficitarias en este oligoelemento se ha descrito una reducción de la actividad GSH-Px en las células fagocitarias, y también una disminución de la capacidad bactericida de los neutrófilos frente a distintos agentes etiológicos como *Candida albicans*, *Corynebacterium pseudotuberculosis*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

Se ha demostrado además que tanto la respuesta inmune celular como la humoral están incrementadas en animales que reciben suplementos de Se (Lopez Alonso *et al.*, 1997). 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). Una deficiencia de Se causa cambios en la arquitectura de la pieza intermedia que conduce a la rotura de la cabeza y la cola de los espermatozoides y problemas la motilidad espermática (Kumar *et al.*, 2014).

Por lo que es esencial la presencia del Se y la Vit. E en el organismo, ya que protegen a los tejidos por medio de su acción antioxidante, y bajo concentraciones adecuadas ayudan a mantener en condiciones óptimas al sistema inmunológico (Valladares *et al.*, 2016).

## **HIPÓTESIS**

La administración de selenio en combinación con vitamina E mejorará la ganancia de peso, condición corporal y circunferencia escrotal en carneros de la raza Dorper.

## **OBJETIVO**

Evaluar el efecto de la administración de selenio en combinación con vitamina E sobre la ganancia de peso, condición corporal y circunferencia escrotal en carneros de la raza Dorper

### **III. 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 México) 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 tenían acceso ilimitado a agua limpia, sales minerales y sombras.

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

Se utilizaron 10 carneros adultos de la raza Dorper, los cuales fueron distribuidos en 2 grupos (n=5 c/u): 1), machos tratados (GT) 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 y 2), machos control (GC)s e le aplicó .5 mL de solución salina fisiológica. Ambos tratamientos fueron aplicados cada tercer día durante 28 d.

### **3.4 Variables evaluadas**

#### **3.4.1 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 10 animales se les midió la condición corporal cada 7 días durante 28 días.

#### **3.4.2 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).

### **3.5 Análisis estadístico**

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de peso vivo, condición corporal, y circunferencia escrotal 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  $P \leq 0.05$ .

## IV RESULTADOS

En el cuadro 1. se muestra el peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal. EL PV fue mayor (74 kg vs 58 kg) para el grupo tratado en comparación con el grupo control, respectivamente ( $P < 0,05$ ). La CC condición (3.0 vs 2.0 unidades), fue mayor en el grupo tratado en comparación con el grupo control, respectivamente ( $P > 0,05$ ).

**Cuadro 1.** Medias ( $\pm$ eem) para peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal de carneros tratados con selenio más la combinación de vitamin E (Se+E), o machos no tratados (GC) bajo condiciones de fotoperiodo natural (26° LN).

n	Grupos		EEM
	Se+E (5)	GC (5)	
Peso vivo (Kg)	73.0 <sup>b</sup>	58.0 <sup>a</sup>	3.0
Condición corporal (1-5)	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>	1.0

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

## V DISCUSIÓN

La CE no mostro diferencia entre grupos. Lo anterior, es contario 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 Vit. E tuvieron un mayor PV y CC en comparación con los machos del GC ( $P < 0.05$ ). Lo anterior, puede deberse a los efectos positivos del Se debido a que este mineral permite un adecuado funcionamiento de las selenoproteínas, ya que se conoce 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, resultados encontrados en machos cabríos prepuberes suplementados con Se con una dieta deficiente en Se aumentó la ganancia de PV y un mayor crecimiento (Mojapelo y Lehloeny, 2019). Además, 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 en pastoreo (Oblitas *et al.*, 2000). Lo anterior, es similar a nuestros resultados encontrados en los machos del grupo tratado por un periodo de 28 días.

Por otra parte, la CE no mostro diferencias significativas en ambos grupos, lo que probablemente se debió a que los machos utilizados en nuestro estudio ya eran adultos. En efecto, se ha demostrado que en machos cabríos la longitud testicular y CE cuando la suplementación se realiza en animales jóvenes (Mojapelo y Lehloeny, 2019). Lo anterior, puede atribuirse a que el Se no provoco

cambios en secreción de gonadotropinas y testosterona en los machos tratados. Por ejemplo, las hormonas gonadotrópicas (LH) es responsable de diferenciación de las células de Leydig para mejorar la producción de testosterona y, por lo tanto, el aumento de la secreción de LH conducirá a un aumento del tamaño testicular (Mojapelo y Lehloeny, 2019). En efecto, resultados encontrados por Ali *et al.*, (2009) demostraron que los niveles de testosterona plasmática y corticosterona en ratas macho que recibieron una dieta deficiente en Vit. E durante un periodo de 130 días fueron significativamente más bajos que en ratas que recibieron la misma dieta suplementada con Vit. E. Lo anterior puede explicar que la CE no fue diferente significativamente ambos grupos.

## VI CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran que la combinación de Se con vitamina E por un periodo de 28 días mejoró el peso vivo y condición corporal de carneros de raza Dorper. Lo anterior, puede ser una alternativa para mejorar la ganancia de peso y condición corporal y un mejor desempeño reproductivo de estos machos.

## VII 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.
- Aguirre F. V., Vázquez R. R., Orihuela T. A., (2005) Entrenamiento de carneros para la recolección de semen mediante vagina artificial, utilizando como estímulo objetos inanimados. Vet Mex. Vol. 36 (1), Pág. 2-8.
- 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.
- 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.
- Calderón-Leyva, M. G., Meza-Herrera, C. A., Arellano-Rodriguez, 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.
- Ceppi, 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.
- Climent. Peris, S. y otros, 2005. Manual de Anatomía y Embriología de Los Animales Domesticos. 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).
- Cueto M., Gibbons A., Bruno Galarraga M. M., Fernández J., (2016) Manual de obtención, procesamiento del semen ovino. INTA ediciones. 2 ed.
- Delgado C., B.E. 2013. Evaluación espermática de semen de ovino tratado por la técnica de gradiente de densidad. Tesis. Licenciatura. Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú. 112 p.
- Delgado, C. B. E., 2013. EVALUACIÓN ESPERMÁTICA DE SEMEN DE OVINO TRATADO POR LA TÉCNICA DE GRADIENTE DE DENSIDAD. Universidad Ricardo Palma.
- 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
- Fraire Cordero S., Pro Martínez A., Ramírez Valverde G., Sánchez del Real C., Gallegos Sánchez J., 2013. Selenio y vitamina e en la fertilidad de ovejas pelibuey y sincronizadas con progesterona. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, México. 29 (1) 33-44 p.
- Galina C., y Valencia J., 2009. Reproducción de Animales Domésticos. 3ª Edición; Limusa.
- Galina, C. & Valencia, J., 2008. Reproducción de los Animales Domesticos. 3 Edición ed. s.l.:Limusa.
- Gómez V., J.C. 2019, Evaluación de espermatozoides criopreservados de ovinos de pelo en condiciones de trópico de guerrero en el laprosem-uagro. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma de Guerrero. Iguala de la Independencia, Guerrero, México. 90 p.
- Hafez, E. & Hafez , B., 2004. Reproduccion e Ensemiancion 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.
- 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.
- Jaffé, W. (1992). Selenio, un elemento esencial y tóxico. Datos de Latinoamérica. *Arch Latinoam Nutr*, 42(2), 90-3.
- 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.
- 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.
- Mojapelo, M. M., & Lehloenya, K. C. (2019). Effect of selenium supplementation on attainment of puberty in Saanen male goat kids. *Theriogenology*, 138, 9-15.
- Molina, M. A. E., 2019. *SELENIO: UN ELEMENTO TÓXICO Y ESENCIAL*. FACULTAD DE FARMACIA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE, Volumen Tesis.
- Monterrosa, R. G. C., Bribiesca, E. R., Peralta, M. A. C., Vázquez, A. L. R., Galván, M. M. C., & Mora, J. L. C. (2011). Disponibilidad de selenio complementado con selenito de sodio y selenometionina en corderos. *Revista Científica*, 21(1), 31-38.
- Murgadas V, G., Rodríguez M, E., Wilaon B, A., Vidal C, M., Noez J, A., Heredia M, M., 2009. Alternativa metodológica para el desarrollo de conocimientos genéticos en el perfil de medicina transfusional. *Revista informática*

- científica, Vol.64. Num.4 Universidad de ciencias médicas de Guantánamo, cuba.
- 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).
- Rimbaud, E., 2005. FISIOPATOLOGIA DE LA REPRODUCCIÓN. <https://www.coursehero.com/file/44100949/Fisiopatologia-de-la-Reproduccionpdf/> ed. s.l.:s.n.
- Rodríguez Gaxiola M., Romo Valdez J., Ortiz López B., Barajas Cruz R., Gaxiola Camacho S., Romo Rubio J., 2016. Respuesta al consumo adicional de Zinc Orgánico en la calidad seminal de ovinos de pelo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México. 6 (3) 24-34 p.
- Rodriguez, C. M., Kirby, J. L. & Hinton, B. T., 2002. The Development of the Epididymis. *Molecules to Clinical Practice*, pp. 251-267.
- Salazar L., Carrillo Gonzales D, M., Hernández H, D., 2016 Efecto de la suplementación con zinc y selenio sobre la calidad seminal en cerdos, *Revista Colombiana ciencia animal*, 8: 400-410.
- Sánchez Salas J., Elizondo S. J.A., Víquez M. E., Orozco Vidaorreta C., 2014. Evaluación de la suplementación con selenio orgánico y su efecto sobre el desempeño productivo y reproductivo de vacas lecheras en pastoreo en costa rica. *Agronomía costarricense*. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 38 (1) 29-41 p.
- Sumano L. H. S, y Ocampo C. L. 2006 *Farmacología Veterinaria, Promotores de crecimientos. Vitaminas.*, Tercera edición., McGRAW-Hill Interamericana. Pag. 385-391.
- 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.

- Tortora, G. J. B. D., 2010. En: d. edición, ed. Principios de anatomía y fisiología. s.l.:Guanabara Koogan.
- 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.