

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MEDICO VETERINARIAS



Efecto de un energizante vitamínico sobre la calidad seminal de carneros Dorper

Por:

ROCÍO DOMÍNGUEZ ALVARADO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México

Febrero 2022

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

Efecto de un energizante vitamínico sobre la calidad seminal de carneros Dorper

Por:

ROCIO DOMÍNGUEZ ALVARADO

TESIS


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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



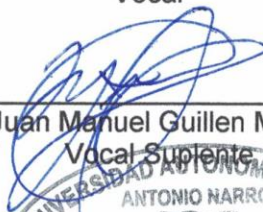
Dr. Oscar Ángel García
Presidente



Dr. Ramiro González Avalos
Vocal



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Vocal



Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz
Vocal Suplente



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

Torreón, Coahuila, México

Febrero 2022



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

Efecto de un energizante vitamínico sobre la calidad seminal de carneros Dorper

Por:

ROCIO DOMÍNGUEZ ALVARADO

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:




Dr. Oscar Angel García
Asesor principal



Dr. Ramiro González Avalos
Coasesor



Dra. Leticia Romana Gaytan Alemán
Coasesor



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

Torreón, Coahuila, México

Febrero 2022



AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme vida, salud y sabiduría a lo largo de mi carrera.

Doy gracias a mis padres por la formación y educación que con esfuerzo lograron darme, por los valores que me han inculcado, porque a pesar de las dificultades me sacaron adelante todo este tiempo, a mi madre Consuelo Alvarado que siempre creyó en mí, a mi padre Donaciano Domínguez quien me enseñó a salir adelante y nunca rendirme, por su confianza y por ser mi ejemplo a seguir.

A mis hermanos Sergio, Daisy por el apoyo y cariño incondicional a su hermana menor, por estar en un momento tan importante en mi vida, a mi hermana Janeth y su esposo Francisco Soto porque fueron pieza fundamental en el proceso por brindarme su apoyo moral y otorgarme las herramientas necesarias para seguir adelante por lo que les estoy muy agradecida.

A mis tíos Angelina y Jorge González por abrirme las puertas de su hogar, tía gracias por ayudarme en tareas fuera de lo común y a mi tío por darme un abrazo cuando más lo necesitaba, a mis primos Adrián, Luis, Nydia y Sebastián por tratarme como a un miembro más de la familia.

A mis sobrinos Adelita, Leonardo, Andrea, Aida, Julián y Antonella por el cariño y amor que recibo de ellos y por llenarme de alegría siempre además de ser la motivación para cumplir mis metas.

A mi asesor de tesis el Dr. Oscar Ángel García por la paciencia que me tuvo en el proceso y ayudarme incondicionalmente.

DEDICATORIA

Para mis padres Consuelo Alvarado y Donaciano Domínguez porque sin ellos esto no hubiera sido posible, por guiarme por el camino correcto, confiar en mí, por los esfuerzos y sacrificios que tuvieron que hacer para que yo llegara hasta donde estoy.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar efecto de la aplicación de un energizante vitamínico sobre la calidad seminal de carneros de la raza Dorper. El experimento se realizó en el norte de México (26° LN) durante los meses mayo y junio del 2020. Se utilizaron 12 carneros adultos homogéneos en cuanto a peso vivo (PV; 79.5 ± 3.0 kg) y una condición corporal (CC; 3.4 ± 0.1 unidades). Un primer grupo (Tratado; n=6) se le aplicó 1 mL por animal ATP (3 mg de Adenosina trifosfato), Se (0.7 mg de selenito de sodio anhidro), 30 mg de Vitamina B1 (Tiamina HCl) 0.3 mg de Vit-B12 (cianocobalamina), 20 mg de Magnesio (L- Aspartato de Magnesio), 15 mg de Potasio (L-Aspartato de potasio). Mientras que a un segundo grupo (Control) se le aplicó 1 mL de solución salina fisiológica. Ambos tratamientos fueron aplicados cada 7 días durante 4 semanas. Se registró el PV, CC, latencia al eyaculado (LEC;s), volumen del eyaculado (VEC;mL) concentración espermática (CEP;x10⁶/mL) y espermatozoides por mL (EPmL). Las medias para LEC (126 ± 48 s), el VEC (0.6 ± 0.1) la CEP (3539.8 ± 250) y EPmL (2475 ± 716) no mostraron diferencias ($P>0.05$), en ambos grupos. Los resultados del presente estudio demuestran que la aplicación de un energizante vitamínico no mejoró la calidad seminal. Es probable, que los efectos del tratamiento sobre la calidad seminal se pudieran ver de manera más marcada en machos ovinos bajo condiciones extensivas donde pudiera existir deficiencias de algunos minerales y vitaminas.

Palabras clave: Calidad seminal, Carneros Dorper, Adenosín Trifosfato, Selenio, Energizante

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II.-REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Importancia de la ovinocultura	3
2.2 Efecto de la nutrición sobre la reproducción en macho ovino	4
2.2.1 Vitaminas y minerales y su papel en los procesos reproductivos.....	5
2.3 Espermatogénesis	9
2.4. Características seminales.....	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1 General.....	12
3.2 Localización y condiciones ambientales del área de estudio	12
3.3 Animales y su manejo	12
3.4 Tratamientos de los machos	13
3.5 Variable evaluadas	13
3.5.1 Peso vivo y condición corporal	13
3.5.2 Evaluación de calidad seminal	13
3.4.2 Análisis estadístico	14
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN.	16
VI. CONCLUSIÓN.....	19
VII. LITERATURA CITADA	20

INDICE DE CUADROS

No.	TÍTULO DE FIGURAS	Pág.
Cuadro 1	Principales entidades federativas con mayor inventario nacional ovino	4
Cuadro 2	Medias (\pm eem) para peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal e intensidad del olor en carneros Dorper tratados con un energizante vitamínico o con solución salina en condiciones naturales de fotoperiodo a 26 ° de latitud norte.	15
Cuadro 3	Medias (\pm EEM) para las características seminales del semen fresco en carneros de la raza Dorper suplemento energizante® vitamínico (Tratado) o solución salina (Control) bajo condiciones de fotoperiodo natural (mayo) 24° LN	15

I. INTRODUCCIÓN

La ovinocultura, es una actividad que se ha ido transformando en los últimos años. En México, es una de las actividades pecuarias con mayor tasa de rentabilidad y crecimiento. La población nacional de ovinos es alrededor de 8.6 millones de cabezas con una producción anual de 153, 507 t de carne, de la cual el 25 % es producido en regiones tropicales (Chávez y Chávez 2013). Según Scherf y Pilling (2015), a nivel mundial existe 1,173 millones de ovinos y un consumo per cápita de 2.5 kg (Morris *et al.*, 2017). 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 (Hernández *et al.*, 2011), y una producción de 55,605 t de carne en 2017 (SIAP, 2017).

En el aspecto reproductivo es importante comprender las interacciones y las funciones que promueven la eficiencia reproductiva del macho (Ali *et al.*, 2009). Lo anterior, debido a que los órganos reproductores del macho son sensibles a la nutrición dietética (toros, carneros y verracos), sin embargo, los cambios inducidos por la nutrición en las funciones reproductivas son temporales (Brown, 1994; Yunsang, y Wanxi, 2011). Esta modificación sobre el comportamiento reproductivo a través de la nutrición en el macho se puede lograr utilizando algunas alternativas potenciales como la suplementación con algunas vitaminas, vitamina B12 (Vit-B12) y vitamina E (Vit-E) y minerales trazas como el selenio (Se), ya sea vía intramuscular u oral, solas o combinadas para mejorar el desempeño reproductivo en el macho, lo que se traduce en mejor calidad seminal y libido del macho (Ali *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2014; Ahmadi *et al.*, 2016).

Respecto a las vitaminas son necesarias en la reproducción animal, reflejándose en el desempeño reproductivo, libido y calidad seminal. Por ejemplo, la vitamina A es esencial para el mantenimiento del tracto genital del macho y la espermatogénesis tanto en animales como en humanos (Clagett-Dame y Knutson, 2011). Por otra parte, en las últimas décadas, numerosos estudios han informado sobre el efecto de la Vit-B12 sobre los parámetros de calidad seminal (Hamedani *et al.*, 2013; Ahmadi *et al.*, 2016). Esto constituye un apoyo importante para el papel

de la Vit-B12 en el desempeño reproductivo en mamíferos (Handel, 2016), y en humanos (Banihani, 2017).

Debido a que el desempeño reproductivo del macho es el parámetro más importante que afecta la rentabilidad del rebaño, en el que la capacidad reproductiva de los carneros desempeña un papel clave (Mozo *et al.*, 2015), debido a la parte activa desempeñada por los carneros durante el cortejo. Sin embargo, el mecanismo clave para la regulación de la reproducción en el macho es dependiente del estado energético, el cual puede ser proporcionado en la dieta (Martin *et al.*, 2010). Dicho lo anterior, nos planteamos la hipótesis que la aplicación de un energizante® vitamínico mejorará la calidad seminal en carneros Dorper. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar el efecto de un energizante vitamínico sobre la calidad seminal en carneros Dorper.

II.-REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de la ovinocultura

A nivel mundial la ovinocultura es una actividad pecuaria de gran importancia, debido a la necesidad de satisfacer la demanda creciente de consumo de carne (Alatorre *et al.*, 2017). La producción de ovinos ha ido aumentando al paso de los años en especial la producción de carne para consumo, sin embargo, la producción de lana que también es importante va en decremento por fibras naturales sintéticas en la industria del vestido (Martínez *et al.*, 2011). Según la FAO (2014) se reportó que el consumo de carne a nivel mundial fue de 42.9 kg/año, en países desarrollados fue 76.1 kg/año y en países subdesarrollados fue de 33.7 kg/año. Mientras que Hernández-Marín *et al.* (2017) menciona que en México se registró un consumo nacional aparente con respecto a la carne de ovino de 0.781 kg/año.

La producción de ovinos en México ha sido considerada como una actividad productiva debido a la disponibilidad de pastos y forrajes nativos. Sin embargo, existe un serio desafío en la integración de la cadena de producción, el procesamiento y la comercialización del valor ovino (Martínez *et al.*, 2011). Actualmente, las demandas del mercado son desconocidas debido a la falta de información sobre precios y las características o calidad de los productos, es decir, raza, sexo, edad, peso, tipo de alimento (Mondragón-Ancelmo *et al.*, 2014). Esto propicia la disponibilidad estacional de productos frescos carne y leche a causa de una mayor o menor distribución estacional marcada de los nacimientos (Chemineau *et al.*, 2010).

En México en el periodo del 2014-2017, hubo un aumento en la producción ovina de 6.04 a 8.5 millones, lo que representa un crecimiento del 28.94%. Con respecto al estado de México, se ha registrado mayor cantidad de ovinos con un aproximado de 1.4 millones que representa un 16.31% del total nacional (Hernández-Marín *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Principales entidades federativas con mayor inventario nacional ovino

Entidad federativa	Ovinos	%*
Estado de México	1,398,954	16.31
Hidalgo	1,185,294	13.82
Veracruz	664,532	7.75
Oaxaca	519,003	6.05
Puebla	500,819	5.84
Guanajuato	401,651	4.68
Zacatecas	400,327	4.67
San Luis Potosí	364,372	4.25
Jalisco	358,522	4.18
Chiapas	301,821	3.52

*Porcentaje estimado del total nacional en 2014 (Hernández-Marín *et al.*, 2017).

2.2 Efecto de la nutrición sobre la reproducción en macho ovino

Desde el punto de vista nutricional la interacción nutrición reproducción es crucial en la reproducción del macho. Lo anterior puede explicarse, debido a que existe evidencia que restricciones en la alimentación tiene un efecto sobre la función gonadal y endocrina que inducen cambios profundos en la producción de espermatozoides en el macho (Brown, 1994; Martin *et al.*, 2010; Yunsang, y Wanxi, 2011). Por el contrario, resultados en machos de la raza Awassi tratados con Vit-E y Se mostraron un mayor desempeño reproductivo al aumentar la libido, lo que se tradujo en un mayor número de servicios, menor tiempo para realizar su primer eyaculado comparados con los machos del grupo control (Ali *et al.*, 2009).

Varios trabajos enfocados en mejorar el rendimiento reproductivo de los carneros tratados con Vit-E y Se están de acuerdo con los resultados de datos publicados (Ali *et al.*, 2009). En este sentido, es resultado de la mejora en la función testicular lo que se refleja también en la mejora de la calidad seminal (Mahmoud *et al.*, 2013). Lo anterior, puede explicarse en base a resultados encontrados en varios estudios, donde se demuestra que el Se tiene un efecto directo sobre las células intersticiales de los testículos e indirectamente a través del efecto sobre la secreción de hormonas de la pituitaria anterior (Mahmound *et al.*, 2013). Por el contrario, Sönmez *et al.*

(2007) demostraron que el tratamiento con Vit-E y Se conduce a un aumento en los niveles de testosterona que provocan un efecto directo sobre los caracteres sexuales secundarios. Además, otros resultados han demostrado que el Se es necesario para el desarrollo de las células germinales a nivel testicular durante la espermatogénesis y tiene efectos positivos sobre el número de células germinales (Liu *et al.*, 2014).

Existen estudios que sugieren que existe una interacción entre algunas vitaminas y minerales (Ali *et al.*, 2009; Mahmoud *et al.*, 2013). En efecto, existe una interacción compleja entre algunas vitaminas y el proceso de espermatogénesis continuo, que se regula principalmente a través de las células gonadotrópicas de la pituitaria anterior, que estimulan las células de Leydig a producir testosterona (T4) a través de la estimulación de la hormona luteinizante, mientras que la hormona folículo estimulante y la T4 el proceso de espermatogénesis (Yao *et al.*, 2018).

2.2.1 Vitaminas y minerales y su papel en los procesos reproductivos

Los rumiantes adultos son prácticamente independientes en cuanto a necesidades de vitaminas hidrosolubles (B y C), ya que éstas son sintetizadas por los microorganismos del rumen. Sin embargo, se requiere de un adecuado aporte de ciertos minerales para la síntesis de algunas vitaminas (Ali *et al.*, 2009; Clagett-Dame y Knutson, 2011; Liu *et al.*, 2014). En el caso de las vitaminas liposolubles (A, D, E y K), sólo los microorganismos del rumen son capaces de efectuar la síntesis de vitamina K, siendo las vitaminas A, D y E aportadas en la dieta.

Existe una gran cantidad de información disponible sobre las estrategias de nutrición con respecto a la alimentación de minerales y vitaminas en el ganado (Baiomy *et al.*, 2009; Zubair *et al.*, 2015) Las vitaminas y los minerales desempeñan un papel vital en el crecimiento y la salud reproductiva de los animales. El Se es un nutriente traza necesaria para el crecimiento y desarrollo de humanos y animales. El Se es un elemento que cumple un papel importante dentro de los procesos de reproducción, tanto en la hembra como en macho (Kolodziej y Jacyno, 2004).

El Se y la Vit-E se usan combinados para lograr tienen un efecto mayor. Estos tienen un papel complementario en la protección de la célula contra los lípidos por oxidación y radicales libres (RL) y, en consecuencia, sobre la salud reproductiva de los animales. Lo anterior, se debe a que

el Se aumenta el requerimiento de Vit-E y es vital cuando se tiene una dieta deficiente en Se (Zubair, 2015).

La deficiencia de Se, se ha asociado con complicaciones reproductivas y disminución de la calidad del espermatozoide de ratas, ratones, cerdos, carneros y toros (Baiomy *et al.*, 2009). Por otra parte, las vitaminas desempeñan un papel clave en funciones como la termorregulación de la temperatura de la piel escrotal durante el estrés por calor manteniendo la libido, la calidad seminal y fertilidad (Murai *et al.*, 2009). Además, el Se ayuda a prevenir la oxidación de los espermatozoides ayudando a mantener la integridad espermática (Baiomy *et al.*, 2009). Desde el punto de vista sinérgico, el Se representa un componente integral de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px), una enzima que, junto con la Vit-E, protege las estructuras internas de las células contra los radicales libres y es un antioxidante para los lípidos de la membrana celular (Ursini *et al.*, 1999).

Por otra parte, la suplementación de múltiples antioxidantes como la vitamina C (Vit-C), Vit-E, vitamina A (Vit-A), Tiamina (Vit-B1), Riboflavina (B6), Vit-B12, magnesio son efectivos para mejorar los parámetros de calidad seminal en el macho (Ahmadi *et al.*, 2016). Del mismo modo, en carneros, las vitaminas B1, B6 y B12 ayuda a mantener la libido, la calidad del seminal, y la fertilidad (Ahmadi *et al.*, 2016; Mahmoud *et al.*, 2014).

2.3.3 Efecto de los antioxidantes sobre la calidad seminal

Uno de los elementos traza esenciales es el Se ya que sirve como un antioxidante esencial en reproducción animal (Ali *et al.*, 2009). Sus efectos de antioxidantes pueden ser mediados a través de sus funciones como parte de enzimas antioxidantes como es la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px) en el cuerpo (Zubair, 2015). Muchas selenoproteínas participan y regulan las funciones fisiológicas, incluidos los antioxidantes y la estabilidad de las membranas celulares (Zubair, 2015). En este sentido, los órganos reproductores en los animales son sensibles los efectos de la nutrición dietética, la cual modifica el comportamiento reproductivo en el macho (Martin *et al.*, 2010). Lo anterior, puede lograrse utilizando a través de la suplementación de vitaminas y minerales, ya sea vía intramuscular u oral, ya que se conoce que el uso de vitaminas ya sea solo 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). La importancia del Se se manifiesta por el hecho de que la suplementación con Se demuestra el mejor almacenamiento junto con la menor liberación de lípidos de los espermatozoides durante el almacenamiento prolongado (Zubair, 2015).

Por otra parte, uno de los antioxidantes que juega un papel importante en la prevención del daño celular causados por la peroxidación lipídica (PL) es la Vit-E. Por esta razón, se considera a la Vit-E y el Se como nutrientes necesarios e importantes del sistema antioxidante, por ser responsables de la defensa de los tejidos y células. El Se, un componente de la enzima glutatión, junto con la Vit-E actúan en sinergia, ayudando como antioxidante biológico y manteniendo la consistencia celular (Cabrita *et al.*, 2010). Por esta razón, la combinación de Se y la Vit-E provocan un efecto sinérgico. Estos tienen un papel complementario en la protección de la célula contra la oxidación lipídica y radicales libres y, en consecuencia, sobre la salud reproductiva de los animales (Zubair, 2015). Este efecto sinérgico de estos antioxidantes los hace esenciales entre sí. Muchos trabajadores utilizaron estos antioxidantes en forma combinada, ya sea en la dieta o como complemento a través de la vía parental (Ali *et al.*, 2009; Mahmoud *et al.*, 2013).

Respecto al macho, el comportamiento reproductivo a través de la nutrición en el macho se puede lograr utilizando algunas vitaminas y minerales (Vit-E y Se) ya sea vía intramuscular u oral, ya que se conoce que el uso de vitaminas ya sea solo 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).

Debido a los anterior, varios estudios se han enfocado a conservar el semen no congelado, y revelaron que controlar la oxidación mediante el uso de antioxidantes exógenos en el diluyente puede mantener en gran medida la calidad del espermatozoides (Ha y Zhao, 2003). Estos antioxidantes en el semen incluyen minerales, vitaminas, aminoácidos y compuestos proteicos (por ejemplo, zinc, tocoferol, albúmina, glutatión, taurina, hipotaurina, carnitina, carotenoides, urato y prostasomas (Budai *et al.*, 2014). En el mismo sentido, también se conoce que la suplementación de Vit-B12 a tiene un efecto crioprotector cuando se adiciona los diluyentes utilizados en la criopreservación del semen bovino ayudando mantener la calidad seminal (Hu *et al.*, 2011).

Además, la suplementación cianocobalamina (Vit-B12) *in vitro* adicionada directamente al semen, ayuda mantener la calidad de espermatozoides descongelados y la capacidad de fertilización en bovinos y carneros (Hu *et al.*, 2011).

Por otro lado, Hamedani *et al.*, (2013) informó que el ácido fólico (vitamina B9) podría ser vital para el desarrollo adecuado de los espermatozoides humanos porque es necesarios para la producción de ADN. Análisis recientes del daño al ADN en el esperma humano tras la exposición a diferentes agentes antioxidantes han proporcionado algunos apoyos a este concepto.

Por otra parte, en carneros, las vitaminas B1, B6 y B12 ayuda a mantener la libido, la calidad seminal (Oguike y Uwalaka, 2008). Sin embargo, también se conoce que la suplementación de Vit-B12 a tiene un efecto crioprotector cuando se adiciona de manera exógena a los diluyentes utilizados en la criopreservación del semen bovino ayudando mantener la calidad seminal (Hu *et al.*, 2011). Resultados encontrados por Bqnihqni, (2016) y Hamedani *et al.* (2013) demostraron que existe una correlación positiva entre la concentración total de Vit-B12 en plasma y la concentración de espermatozoides en el semen. Además, la suplementación de Vit-B12 disminuye la cantidad de especies reactivas de oxígeno producidos por estrés oxidativo en el semen (Chen *et al.*, 2001). Ha y Zhao (2003) demostraron que la emisión de transaminasa oxaloacética glutámica (GOT) del plasma seminal de carnero disminuyó significativamente cuando se añadió Vit-B12 al diluyente del semen, y esto podría ser un factor importante para mejorar la motilidad de los espermatozoides durante la crioconservación. En el mismo sentido, Neild *et al.*, (2003) había indicado que GOT que se libera del plasma seminal durante el proceso de congelación-descongelación daña el acrosoma de los espermatozoides. La suplementación óptima de Vit-B12 para el diluyente podría prevenir las formas activas de generación de oxígeno y la peroxidación de los lípidos de la membrana y eliminar las ROS (Ahmadi *et al.*, 2016; Benhenia *et al.* 2018). La Vit-B12 es una de las vitaminas solubles en agua, funcionando como coenzima en la síntesis de metionina y metabolismo de aminoácidos ramificados (Ahmadi *et al.*, 2016), además, la Vit-B12 participa en los sistemas enzimáticos involucrados en múltiples reacciones metabólicas, como la formación de energía a partir de la fermentación ruminal (Hu *et al.*, 2011).

2.3 Espermatogénesis

La espermatogénesis es un proceso de formación de las células sexuales del macho, desde la espermatogonia hasta los espermatozoides. En el carnero, la transformación va de la espermatogonia al espermatozoide y está mejor documentada que en el macho cabrío; antes de la diferencia sexual, las células germinales migran al testículo después, la diferenciación se da en el interior que están contenidos de los túbulos seminíferos. Las espermatogonias, son células diploides en el carnero son $2n=54$, para la activación de las espermatogonias de las células de origen para la liberación de las células espermáticas libres toma alrededor de 46-49 días y para la división de una nueva espermatogonia tiene de intervalos regulares de 103 días (Carrillo-González y Hernández, 2016).

La función testicular de los machos de cualquier especie puede definirse como la capacidad de producir gametos en cantidades y calidades para llevar a cabo la fertilización y producir hormonas sexuales y así llegar a la maduración sexual del individuo (Villalobos *et al.*, 2009). El aparato reproductor del macho está comprendido por los testículos, están encargados de la producción de hormonas y los gametos, los ductos excretores los que conducen los espermatozoides, glándulas anexas, pene y uretra (Pabón-Quevedo y Pulido-Medellín, 2021).

Además de la disposición de las gónadas fuera del abdomen en la bolsa testicular, existen otros mecanismos que aseguran una adecuada termorregulación: la presencia de una red capilar en escroto que posibilita la variación del flujo sanguíneo aumentando la disipación de calor; la cercanía del plexo papiliforme que permite la refrigeración de la sangre arterial que llega al testículo y; en última instancia, las contracciones reflejas de los músculos cremaste interno y dartos que actúan acercando o alejando los testículos del abdomen al regular la temperatura (Bravo *et al.*, 2014).

2.4. Características seminales

El semen tiene una composición de espermatozoides y plasma seminal, que son producidas por el epidídimo, conducto deferente y las glándulas accesorias, aunque en el carnero, para la constitución y calidad del semen teniendo muy poca contribución el epidídimo y el conducto deferente (Aisen y Venturino, 2004). El primero es producto de las glándulas anexas del aparato

genital y la segunda, de espermatozoides, producto de los testículos. En el carnero emite un promedio de volumen de semen de 0.8 a 1.5 mL, 74% corresponde a líquido seminal y 26% a los espermatozoides. El fluido seminal presenta un pH ácido de 6.5 a 6.8. Contiene un 86% de agua y el 14% restante es materia seca, siendo la misma diversas sales inorgánicas y minerales trazas. Las sales de yodo, calcio y potasio son las más importantes, también encontramos magnesio, hierro, ácido láctico y cítrico, aminoácidos, proteínas, vitaminas, enzimas, entre otros. En cuanto a los carbohidratos la fructosa es la más importante y abundante, la misma es la fuente de energía de los espermatozoides mediante su desdoblamiento químico.

HIPÓTESIS

La aplicación de un energizante vitamínico mejorará la calidad seminal de carneros de la raza Dorper.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de la aplicación de un energizante vitamínico sobre la calidad seminal de carneros de la raza Dorper.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 General

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002) con número de referencia de aprobación institucional UAAAN-UL con clave 38111-425501002-2431.

3.2 Localización y condiciones ambientales del área de estudio

El experimento se realizó en el Ejido Granada, Municipio de Matamoros, Coahuila (norte de México) durante el mes de mayo y principios de junio de 2020. 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 19 min. durante el invierno (diciembre) (CONAGUA, 2015).

3.3 Animales y su manejo

Durante el período experimental, que duró de mayo a junio del 2020, 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 zoosanitario del semen de animales domésticos.

3.4 Tratamientos de los machos

Se utilizaron 12 carneros de la raza Dorper de entre 1.5 a 2.5 años, con un peso vivo (PV; 79.5 ± 3.0 kg) y una condición corporal (CC; 3.4 ± 0) y divididos en dos grupos. Los machos fueron sometidos a un periodo de adaptación durante 7 días donde se habituaron al manejo que recibían durante el periodo experimental, se les enseñó a montar y eyacular en la vagina artificial. Los machos contaban con sombra, sales minerales y agua al libre acceso y se le ofreció una dieta a base de sobrante de ganado lechero.

Los grupos fueron asignados al azar a uno de los siguientes tratamientos: Un primer grupo (Tratado; n=6) se le aplicó 1 mL por animal [ATP (3 mg de Adenosina trifosfato), Selenio (0.7 mg de selenito de sodio anhidro), 30 mg de Vit-B1 (Tiamina HCl) 0.3 mg de Vit-B12 (cianocobalamina), 20 mg de Magnesio (L-Aspartato de Magnesio), 15 mg de Potasio (L-Aspartato de potasio)]. Mientras que a un segundo grupo (Control) se le aplicó 1 mL de solución salina fisiológica (NaCl). Ambos tratamientos fueron aplicados cada 7 días durante 4 semanas.

3.5 Variable evaluadas

3.5.1 Peso vivo 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 12 animales se les midió la condición corporal cada 7 días durante 28 días.

3.5.2 Evaluación de calidad seminal

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 al 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 de forma visual utilizando un tubo cónico de vidrio de 15 mL graduado a 0.1 mL.

Concentración espermática (CEP; x10⁶/mL). La concentración espermática utilizando un fotómetro SDM1 (SpermaCue, Minitüb, Tiefenbach, Germany), la cual consistió en depositar 10 µg 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 (10⁶/mL)

3.4.2 Análisis estadístico

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

IV. RESULTADOS

En el Cuadro 2 se muestran las medias (\pm em) para peso vivo, condición corporal (escala del 1-5, unidades) de los carneros tratados y grupo control. No se encontró diferencia significativa en ambos grupos ($P>0,05$).

Cuadro 2. Medias (\pm em) para peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal e intensidad del olor en carneros Dorper tratados con un energizante vitamínico o con solución salina en condiciones naturales de fotoperiodo a 26 ° de latitud norte.

Variables	Inicial		Final	
	Tratado 6	Control 6	Tratado 6	Control 6
Peso vivo(kg)	80.0 \pm ^a	80.0 \pm a	81.0 \pm ^a	82.5 \pm ^a
Condición corporal (1-5)	3.4 \pm ^a	3.4 \pm ^a	3.3 \pm	3.5 \pm

a, b, = Valores con diferente literal difieren ($P < 0.05$).

En el Cuadro 3 se muestran las medias (\pm em) para la calidad seminal de los carneros tratados y grupo control. No se encontró diferencia significativa para las características seminales en ambos grupos.

Cuadro 3. Medias (\pm EEM) para las características seminales del semen fresco en carneros de la raza Dorper suplemento energizante® vitamínico (Tratado) o solución salina (Control) bajo condiciones de fotoperiodo natural (mayo) 24° LN.

Variables	Grupos		Valor de P
	Tratado (n=6)	Control (n=6)	
Latencia al eyaculado(s)	113.3 \pm 46.5	139.8 \pm 49	0.703
Volumen seminal (mL)	0.7 \pm 0.15	0.5 \pm 0.14	0.589
Concentración (x10 ⁹ /mL)	3539.8 \pm 750.1	3143.6 \pm 820.2	0.729
Espmas por mL (x10 ⁶ /mL)	2848.4 \pm 715.4	2101.0 \pm 716.0	0.477

V. DISCUSIÓN.

Nuestra hipótesis planteada en este trabajo estableció que la aplicación de un energizante® vitamínico mejoraría la calidad seminal de carneros Dorper. Los resultados del presente trabajo demuestran que no mejoró la calidad seminal. Nuestros resultados son contrarios a los encontrados en carneros suplementados con algunas vitaminas (Tiamina B1, Riboflavina B6 y Cianocobalamina B12) que mostraron una mayor calidad seminal (Hamedani *et al.*, 2013). Estos resultados, sobre la calidad seminal pudieran deberse al estado nutricional de los machos utilizados en este experimento, ya que se encontraban bien nutridos y en un sistema intensivo donde su alimentación cubría probablemente sus requerimientos nutricionales. En efecto, los suplementos vitamínicos provocan un efecto más marcado en animales subalimentados en comparación con los bien alimentados (Martin *et al.*, 2010).

En otras palabras, es probable que la aplicación del energizante vitamínico pudiera tener un efecto positivo en animales subalimentados o bajo condiciones de pastoreo. Como consecuencia, se conoce que la desnutrición en el macho provoca un efecto sobre la capacidad reproductiva, por lo tanto, la restricción de la ingesta de nutrientes o la deficiencia de determinados nutrientes en animales experimentales retrasa la madurez sexual y provoca cambios regresivos rápidos en los órganos accesorios del macho (Yunsang y Wanxi, 2011).

Otros resultados encontrados con la aplicación de múltiples antioxidantes (Vitamina C, Vit-E, vitamina A, vitamina B1, vitamina B6 y Vit-B12 y magnesio donde se ha determinado la calidad seminal, han demostrado que son efectivos para mejorar los parámetros de calidad seminal en el macho (Ahmadi *et al.*, 2016). Del mismo modo, en carneros, la aplicación de vitaminas B1, B6 y B12 ayudan a mantener la libido, la calidad del seminal, y la fertilidad (El-Darawany, 1999). además, la suplementación *in vitro* de antioxidantes adicionados directamente al semen, como la Vit-B12 para diluyentes utilizados en la crioconservación del semen y en consecuencia, ayuda mantener la calidad de espermatozoides descongelados y la capacidad de fertilización en bovinos y carneros (Ha y zhao, 2003; Dalvit *et al.*, 2005). En efecto, es probable que la alimentación adecuada de los machos utilizados en este estudio permitió una adecuada concentración de vitaminas y minerales llegando a través de la sangre al epidídimo. Resultados encontrados por Boxmeer *et al.* (2007) demostraron que existe una correlación positiva entre la concentración total de Vit-B12 en plasma y la concentración de espermatozoides en el semen.

Además, la suplementación de Vit-B12 disminuye la cantidad de especies reactivas de oxígeno producidos por estrés oxidativo en el semen (Chen *et al.*, 2001).

Respecto a combinación de algunas vitaminas y minerales, cabe mencionar que el energizante vitamínico aplicado en nuestro estudio contenía Se (Se), el cual además de cumplir con muchas funciones a nivel celular actúa en sinergia con algunas vitaminas ayudando a evitar la ROS y mejorando la calidad seminal y libido en el macho (Ali *et al.*, 2009). En el mismo sentido, los aumentos en el plano nutricional provocan una estimulación en la producción de espermatozoides (Martin *et al.*, 2010). Sin embargo, es probable que otros factores pudieron haber afectado el tratamiento, como el periodo del tratamiento, ya que los machos utilizados en nuestro estudio fueron tratados solo por 4 semanas. Lo anterior, debido a que se requiere más tiempo para la transformación de los espermatozoides y su paso por el epidídimo (Boxmeer *et al.*, 2007). En efecto, el tratamiento por más de 3 meses en seres humanos se ha encontrado que la Vit-B12 se transfiere de la sangre a los órganos reproductores masculinos, lo que enfatiza un papel sustancial de la Vit-B12 en la espermatogénesis y, por tanto, en la calidad del semen (Gual-Frau *et al.*, 2015).

Por otra parte, la combinación de vitaminas ya sea solas o combinadas con minerales (Se más Vit-E) son esenciales para el comportamiento reproductivo y la espermatogénesis tanto en humanos (Clagett-Dame y Knutson, 2011), como en animales (Ali *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2014; Zhou *et al.*, 2018). En este sentido, resultados en ratas tratadas con Vit-B12 por 50 d mejoran la espermatogénesis (Beltrame y Cerri, 2016) o los tratamientos aplicados con Se en combinación con algunas vitaminas por más de 90 d mejoran los parámetros de calidad seminal y la libido en los carneros (Ali *et al.*, 2009). Además, este efecto se puede potencializar en animales jóvenes y bajo condiciones de pastoreo donde los pastos no cubran los requerimientos nutricionales o sean pobre en algunos minerales esenciales en la reproducción del macho (Martin *et al.*, 2010). Lo anterior puede explicarse, ya que existe evidencia que restricciones en la alimentación tiene un efecto sobre la función gonadal y endocrina que inducen cambios profundos en la producción de espermatozoides (Brown, 1994; Martin *et al.*, 2010; Yunsang y Wanxi, 2011;).

Por otra parte, los resultados encontrados en nuestro estudio es un reflejo del nulo desgaste de energía de estos carneros al contar con las condiciones adecuadas de manejo y a alimentación. Por esta razón, los resultados encontrados en nuestro estudio en cuanto a al peso vivo, condición

corporal no se vio afectada por el tratamiento. Los resultados encontrados respecto al volumen seminal y concentración espermática no se encontró diferencias estadísticas. En efecto, en carneros en condiciones extensivas, en donde el desgaste de energía en los recorridos es mayor que los animales en condiciones intensivas, lo anterior, afecta el tamaño testicular de estos machos, lo que provoca una reducción en la producción de espermatozoides y un aumento en la proporción de tejido intertubular, una disminución en la proporción de espermatoцитos, espermátidas y disminución del número de espermatozoides en el epidídimo (Martin *et al.*, 2010; Martin *et al.*, 2012).

Adicionalmente, la aplicación de los suplementos vitamínicos o la combinación de minerales y vitaminas pudieran actuar en sinergia mejorando algunos parámetros reproductivos, sin embargo, se deben considerar otros factores que pudieran estar relacionado con las respuesta en el macho, ya que existe evidencia que algunos parámetros de fertilidad del semen y plasma seminal se mejoran con los suplementos vitamínicos y que las concentraciones de ATP, potasio y actividad de aspartato amino transferasa son mayores en lo machos tratados (Zilli *et al.*, 2004).

Cabe mencionar que energizante utilizado en nuestro estudio contenía adenosina trifosfato en combinación con vitaminas y minerales que ayudan a potencializar el efecto de la adenosina trifosfato. Lo anterior, pudiera utilizarse de manera más práctica en animales bajo condiciones de pastoreo para mejorar la calidad de los parámetros seminales o en animales ya que existen deficiencias de algunas vitaminas y minerales y los efectos puede ser más marcados (Zilli *et al.*, 2004).

VI. CONCLUSIÓN

La aplicación del energizante® vitamínico no mejoro la calidad seminal de los carneros de la raza Dorper manejados bajo condiciones intensivas. Es probable, que los efectos del tratamiento sobre la calidad seminal se pudieran ver manera más marcada en machos ovinos bajo condiciones extensivas donde pudiera existir deficiencias de algunos minerales y vitaminas.

VII. LITERATURA CITADA

- Ahmadi, S., Bashiri, R., Ghadiri-Anari, A., & Nadjarzadeh, A. (2016). Antioxidant supplements and semen parameters: An evidence based review. *International Journal of Reproductive BioMedicine*, 14(12), 729.
- Aisen, E. G., & Venturino, A. (2004). Recolección y evaluación de semen. Reproducción ovina y caprina. Buenos Aires, Argentina: Inter-Médica. p, 55-69.
- Alatorre, A. C. B., Vera, S. R., Canul, A. J. C., Lugo, F. C., Ix, W. R. C., & Chiná, A. D. T. Z. M. Avances de la investigación sobre producción de ovinos de pelo en México.
- 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.
- Baiomy, A. A., Mohamed, A. E. A., & Mottelib, A. A. (2009). Effect of dietary selenium and vitamin E supplementation on productive and reproductive performance in rams. *Journal of Veterinary Medical Research*, 19(1), 39-43.
- Banihani, S. A. (2017). Vitamin B12 and semen quality. *Biomolecules*, 7(2), 42.
- Boxmeer, J. C., Smit, M., Weber, R. F., Lindemans, J., Romijn, J. C., Eijkemans, M. J., ... & Steegers-Theunissen, R. P. (2007). Seminal plasma cobalamin significantly correlates with sperm concentration in men undergoing IVF or ICSI procedures. *Journal of andrology*, 28(4), 521-527.
- Bravo, J. A., Montanero, J., Calero, R., & Roy, T. J. (2014). Influence of season and reproductive management on the morphometry of ram sperm head. *Small Ruminant Research*, 119(1-3), 114-119.
- Brown, B. W. (1994). A review of nutritional influences on reproduction in boars, bulls and rams. *Reproduction Nutrition Development*, 34(2), 89-114.
- Cabrita E, Sarasquete C, Paramo SM, Robles V, Beirao J, Cerezales SP *et al.* Cryopreservation of fish sperm: applications and perspectives. *J Appl Ichth yol* 2010; 26:623-635.
- Calderón-Leyva, M., Meza-Herrera, C., Arellano-Rodriguez, G., Gaytan-Alemán, L., Alvarado-Espino, A., & Gonzalez-Graciano, E. *et al.* (2017). Effect of Glutamate Supplementation upon Semen Quality of Young Seasonally Sexual-Inactive Dorper Rams. *Journal Of Animal Research*, 7(3), 419. doi: 10.5958/2277-940x.2017.00062.6
- Carrillo-González, D., & Hernández, D. (2016). Caracterización seminal de individuos ovinos criollos colombianos de pelo en el departamento de Sucre. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 8(2), 197-203.
- Chávez, J. M. C., & Chávez, B. C. La productividad de la ovinocultura en el estado de Zacatecas, México. Universidad Tecnológica de Nayarit Año V Edición N° 15 Abril/Julio 2013.

- Chemineau, P., Bodin, L., Migaud, M., Thiéry, J. C., & Malpoux, B. (2010). Neuroendocrine and genetic control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 45, 42-49.
- Clagett-Dame, M., & Knutson, D. (2011). Vitamin A in reproduction and development. *Nutrients*, 3(4), 385-428.
- CONAGUA. 2015. Normales climatológicas por estación. Ciudad de México: Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx/es/>.
- 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
- FAO Food Alimentation Organization of the United Nations, FAO. 2014. Consumo de carne. Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. Producción y Sanidad Animal.
- 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.
- Hamedani, M. A., Tahmasbi, A. M., & Ahangari, Y. J. (2013). Effects of vitamin B12 supplementation on the quality of Ovine spermatozoa. *Open veterinary journal*, 3(2), 140-144.
- Handel, I., Watt, K. A., Pilkington, J. G., Pemberton, J. M., Macrae, A., Scott, P., ... & Mellanby, R. J. (2016). Vitamin D status predicts reproductive fitness in a wild sheep population. *Scientific reports*, 6(1), 1-11.
- Hernández, P. P., Arroniz, J. V., Molina, H. C., Martínez, B. C., Rivera, P. D., & Ortiz, S. L. (2011). Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista científica*, 21(4), 327-334.
- Hernández-Marín, J. A., Valencia-Posadas, M., Ruíz-Nieto, J. E., Mireles-Arriaga, A. I., Cortez-Romero, C., & Gallegos-Sánchez, J. (2017). CONTRIBUCIÓN DE LA OVINOCULTURA AL SECTOR PECUARIO EN MÉXICO. *Agroproductividad*, 10(3).
- Hu, J. H., Tian, W. Q., Zhao, X. L., Zan, L. S., Xin, Y. P., & Li, Q. W. (2011). The cryoprotective effects of vitamin B12 supplementation on bovine semen quality. *Reproduction in domestic animals*, 46(1), 66-73.
- Kolodziej, A., & Jacyno, E. (2004). Effect of dietary selenium and vitamin E supplementation on reproductive performance of young boars. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Animal Husbandry*, 7(1).

- 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.
- Mahmoud, G. B., Abdel-Raheem, S. M., & Hussein, H. A. (2014). Reproductive and physiological traits of Ossimi rams as affected by vitamin E and selenium injection. *Egyptian Journal of Animal Production*, 51(2), 99-105.
- 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.
- Martin, G. B., de St Jorre, T. J., Al Mohsen, F. A., & Malecki, I. A. (2011). Modification of spermatozoa quality in mature small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*, 24(1), 13-18.
- Martin, G., Blache, D., Miller, D., & Vercoe, P. (2010). Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal*, 4(7), 1214-1226. doi: 10.1017/s1751731109991674
- Martinez Gonzalez, S., Macias Coronel, H., Moreno Flores, L. A., Zepeda Garcia, J., Espinoza Moreno, M. E., Figueroa Morales, R., & Ruiz Félix, M. (2011). Análisis económico en la producción de ovinos en Nayarit, México.
- Mondragón-Ancelmo, J., Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar, S., Salem, A. Z. M., Rojo-Rubio, R., Domínguez-Vara, I. A., & García-Martínez, A. (2014). Marketing of meat sheep with intensive finishing in southern state of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 46(8), 1427-1433.
- Morris ST. Overview of sheep production systems. In: Ferguson D, Lee C, Fisher A. editors. *Advances in sheep welfare*; 1st ed. Duxford, United Kingdom: Woodhead Publishing; 2017:19-35.
- Mozo, R., Galeote, A., Alabart, J., Fantova, E., & Folch, J. (2015). Evaluating the reproductive ability of breeding rams in North-Eastern Spain using clinical examination of the body and external genitalia. *BMC Veterinary Research*, 11(1). doi: 10.1186/s12917-015-0600-9
- 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.
- NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. National Research Council, National Academies Press, Washington, USA. ISBN: 978-0-309-47323-1.
- Oguike, M. A., & Uwalaka, C. (2008). Influence of Biotin on semen and testicular characteristics of rabbit buck. *Nigeria Agricultural Journal*, 39, 55-60.
- Pabón-Quevedo, H. Y., & Pulido-Medellín, M. O. (2021). Circunferencia escrotal como criterio de selección para carneros de reemplazo. *Pensamiento y Acción*, (31), 52-73.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2017. Población ganadera ovina. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166001/ovino.pdf> Consultado 15 Feb, 2017.
- Singh, P., Sengupta, B. P., & Tripathi, V. N. (2001). Effect of multiple showering and vitamin supplementation on sexual behaviour, quality and freezability of buffalo bull semen. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14(2), 184-188.
- Sönmez, M., Yüce, A., & Türk, G. (2007). The protective effects of melatonin and vitamin E on antioxidant enzyme activities and epididymal sperm characteristics of homocysteine treated male rats. *Reproductive Toxicology*, 23(2), 226-231.
- Ursini, F., Heim, S., Kiess, M., Maiorino, M., Roveri, A., Wissing, J., & Flohé, L. (1999). Dual function of the selenoprotein PHGPx during sperm maturation. *Science*, 285(5432), 1393-1396.
- Vasiliausha, S. R., Beltrame, F. L., de Santi, F., Cerri, P. S., Caneguim, B. H., & Sasso-Cerri, E. (2016). Seminiferous epithelium damage after short period of busulphan treatment in adult rats and vitamin B12 efficacy in the recovery of spermatogonial germ cells. *International journal of experimental pathology*, 97(4), 317-328.
- Vasiliausha, S. R., Beltrame, F. L., de Santi, F., Cerri, P. S., Caneguim, B. H., & Sasso-Cerri, E. (2016). Seminiferous epithelium damage after short period of busulphan treatment in adult rats and vitamin B12 efficacy in the recovery of spermatogonial germ cells. *International journal of experimental pathology*, 97(4), 317-328.
- Walkden-Brown, S. W., Restall, B. J., Scaramuzzi, R. J., Martin, G. B., & Blackberry, M. A. (1997). Seasonality in male Australian cashmere goats: long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Ruminant Research*, 26(3), 239-252.
- Yao, X., Ei-Samahy, M. A., Yang, H., Feng, X., Li, F., Meng, F., ... & Wang, F. (2018). Age-associated expression of vitamin D receptor and vitamin D-metabolizing enzymes in the male reproductive tract and sperm of Hu sheep. *Animal reproduction science*, 190, 27-38.

- Yunsang, C., & Wanxi, Y. (2011). Functions of essential nutrition for high quality spermatogenesis. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 2011.
- Zilli, L., Schiavone, R., Zonno, V., Storelli, C., & Vilella, S. (2004). Adenosine triphosphate concentration and β -d-glucuronidase activity as indicators of sea bass semen quality. *Biology of reproduction*, 70(6), 1679-1684.
- 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.