

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DEL ADENOSÍN TRIFOSFATO COMO FUENTE DE ENERGÍA PARA
MEJORAR EL COMPORTAMIENTO SEXUAL Y LA CALIDAD SEMINAL DE
CARNEROS DORPER.

Tesis

Que presenta MARÍA FERNANDA SÁNCHEZ CONTRERAS

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

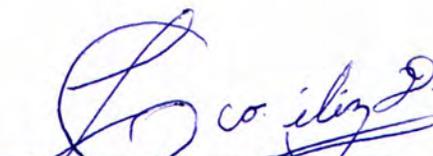
Torreón, Coahuila

Diciembre 2021

EFFECTO DE DEL ADENOSÍN TRIFOSFATO COMO FUENTE DE ENERGÍA PARA
MEJORAR EL COMPORTAMIENTO SEXUAL Y LA CALIDAD SEMINAL DE
CARNEROS DORPER.

Tesis

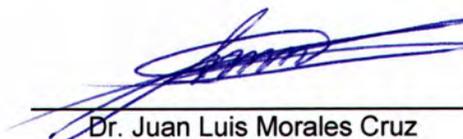
Elaborada por MARÍA FERNANDA SÁNCHEZ CONTRERAS como requisito parcial
para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras
Asesor principal



Dr. Oscar Ángel García
Asesor



Dr. Juan Luis Morales Cruz
Asesor



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



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por darme salud, paciencia, sabiduría y fortaleza para cumplir una meta más en mi carrera profesional.

A la UAAAN UL y al Posgrado en Producción Agropecuaria por la oportunidad de realizar mis estudios de maestría.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la beca obtenida que fue de ayuda durante mi maestría

A mis asesores Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras, Dr. Oscar Ángel García, Dr. Juan Luis Morales Cruz y el Dr. Juan Manuel Guillen por su apoyo y conocimientos.

Al **Dr. Oscar Ángel García**, por brindarme su apoyo, paciencia y tiempo durante la realización de mi experimento de campo y la redacción de este trabajo. Gracias, por permitirme engrandecer mi aprendizaje con su conocimiento.

A mis compañeros y amigos de postgrado Andrés, Iván, Mariana, Karen, Margarito, José Ángel por haberme apoyado en la realización de este trabajo. Gracias, gracias, gracias.

A mis padres Gerardo Sánchez Ramírez y Cecilia Contreras Ortiz por su amor y todo el apoyo que siempre me dan. Gracias por ser mi ejemplo de siempre seguir superándome, los amo.

A mi hija Isabela Segura Sánchez, por ser el principal motivo para continuar y querer ser mejor. Gracias por llegar a mi vida, te amo.

DEDICATORIA

Para mi Hija Isabela Segura Sánchez, eres mi todo y que nadie te diga que no puedes. Te ama, mamá.

No te dejes intimidar por lo que no sabes. Esa puede ser tu mayor fuerza y lo que asegurará que hagas cosas diferentes de los demás

-Sara Blakely

Índice general

Índice de cuadros.....	iii
Lista de figuras.....	iv
Abreviaturas.....	v
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
1.1 Hipótesis.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2 Objetivo	¡Error! Marcador no definido.
REVISIÓN DE LITERATURA.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1 Importancia de la ovinocultura	¡Error! Marcador no definido.
2.2 Reproducción de los ovinos en diferentes latitudes.....	6
2.3 Efecto de la nutrición sobre la reproducción en macho ovino.....	7
2.3.1 Nutrición y eficiencia reproductiva en el macho	7
2.3.2 Vitaminas y minerales y su papel en los procesos reproductivos	9
2.3.3 Efecto de los antioxidantes sobre la calidad seminal.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4 Neuroendocrinología reproductiva del macho	14
2.4.1 Espermatogénesis	15
2.4.2 Características seminales.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5 Comportamiento sexual del macho ovino.	¡Error! Marcador no definido. 7
2.5.1 Efecto de las vitaminas y minerales sobre el comportamiento sexual en el macho	¡Error! Marcador no definido. 9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	¡Error! Marcador no definido. 1
3.1. General.....	¡Error! Marcador no definido.

3.2 Localización y condiciones ambientales del area de estudio..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.3 Animales y su manejo..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.4 Tratamiento de los machos **¡Error! Marcador no definido.**

3.5 Variables evaluadas **¡Error! Marcador no definido.**

 3.5.1 Peso vivo y condición corporal **¡Error! Marcador no definido.**

 3.5.2 Circunferencia escrotal **¡Error! Marcador no definido.**

 3.5.3 Evaluación de calidad seminal..... **¡Error! Marcador no definido.**

 3.5.4 Pruebas de comportamiento sexual **¡Error! Marcador no definido.**

3.6 Análisis estadístico **¡Error! Marcador no definido.**

RESULTADOS..... **¡Error! Marcador no definido.**

DISCUSIÓN..... **¡Error! Marcador no definido.**

CONCLUSIÓN **¡Error! Marcador no definido.**

LITERATURA CITADA **¡Error! Marcador no definido.**

Lista de cuadros

Cuadro 1. Principales entidades federativas con mayor inventario nacional ovino.....	6
Cuadro 2. Principales conductas sexuales en carneros (Adaptado de Calderón-Leyva <i>et al.</i> , 2018).....	19
Cuadro 3. Medias (\pm EEM) para el comportamiento sexual de búsqueda (CSB), consumatorio (CSB) e indicativo de reposo sexual (IRS) en carneros Dorper (n = 12) tratados con Adenosin Trifosfato (Tratado) y solución salina (Control) en fotoperiodo natural (mayo).....	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 4. 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.	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 5. Medias (\pm EEM) para las características seminales del semen fresco en carneros de la raza Dorper tratados con Adenosin Trifosfato (ATP) bajo condiciones de fotoperiodo natural (mayo) 24° LN.	30
Cuadro 6. Medias (\pm EEM) para la motilidad seminal del semen fresco evaluados con el sistema CASA® en carneros de la raza Dorper tratados con un energizante vitamínico bajo condiciones de fotoperiodo natural (mayo) 24° LN.....	31

Lista de figuras

- Figura 1. Control neuroendocrino de la reproducción del macho ovino adaptado de Ángel-García, 2014..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2. Esquema del control neuroendocrino de la estacionalidad reproductiva de carneros (Adaptado de Seger, 2004)..... **¡Error! Marcador no definido.**

%	Porcentaje
°	Grado centígrado
ATP	Adenosina trifosfato
CC	Condición Corporal
CE	Circunferencia Escrotal
CE	Circunferencia escrotal
CSA	Comportamiento Sexual Apetitivo
CSC	Comportamiento Sexual Consumatorio
D	Día
<i>et al.</i> ,	Colaboradores
FAO	Organización Mundial de las Naciones Unidad para la Alimentación y Agricultura
ROS	Especies Reactivas del Oxígeno
Se	Selenio
RL	Radicales libre
GSH-Px	Enzima glutatión peroxidasa
PL	Peroxidación lipídica
GOT	Oxaloacética glutámica
Kg	Kilogramos
LH	Hormona Luteinizante
LN	Latitud Norte
Mg	Miligramos
mL	Mililitro
Mpio	Municipio
N	Número de animales
NRC	National Research Council
P	Probabilidad
PC	Proteína cruda
FSH	Horoma folículo estimulante
PV	Peso Vivo
RA	Ácido trans-retinoico
GEV	Grupo tratado
T4	Testosterona
GC	Grupo control

RESUMEN

EFFECTO DEL ADENOSÍN TRIFOSFATO COMO FUENTE DE ENERGÍA PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO SEXUAL Y LA CALIDAD SEMINAL DE CARNEROS DORPER

Por:

María Fernanda Sánchez

Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras, Dr. Oscar Ángel García, Dr. Juan Luis Morales Cruz

El objetivo del presente estudio fue evaluar un posible efecto de la aplicación de un energizante vitamínico sobre el comportamiento sexual y 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 (GEV; 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 Vitamina B1 (Tiamina HCl) 0.3 mg de Vitamina B12 (cianocobalamina), 20 mg de Magnesio (L- Aspartato de Magnesio), 15 mg de Potasio (L-Aspatato de potasio). Mientras que a un segundo grupo (GC; Control) se le aplicó 1 mL de solución salina fisiologica. Ambos tratamientos fueron aplicados cada 7 días durante 4 semanas. Se registró el PV, CC, intensidad de olor, así como la circunferencia escrotal. Al final de los tratamientos a cada grupo de macho se les realizó una prueba de comportamiento sexual apetitivo (CSA) y consumatorio (CSC). Además, se evaluaron los parámetros de calidad seminal. El CSA y el CSC no mostro diferencia ($P < 0.05$), al igual que la calidad de los parámetros seminales ($P < 0.05$) en ambos grupos. Sin embargo, el porcentaje de IRS (75% vs 25; $P < 0.05$) para el GT y GC, respectivamente. Los resultados del presente estudio demuestran que aplicación de un suplemento energizante vitamínico no mejora el comportamiento sexual y parámetros de calidad seminal

Palabras clave: *Comportamiento sexual, calidad seminal, carneros Dorper, Adenosín Trifosfato, reproducción*

ABSTRACT

EFFECT OF ADENOSINE TRIPHOSPHATE AS A SOURCE OF ENERGY TO IMPROVE SEXUAL BEHAVIOR AND SEMINAL QUALITY OF DORPER RAMS.

By:

María Fernanda Sánchez Contreras

To obtain the degree of Maestro en Ciencias en Produccion Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

Thesis directors: Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras, Dr. Oscar Ángel García, Dr. Juan Luis Morales Cruz

The aim of the present study was to evaluate a possible effect of the application of a vitamin energizer on the sexual behavior and seminal quality of Dorper rams. The experiment was carried out in northern Mexico (26 ° LN) during the months of May and June 2020. 12 homogeneous adult rams were used in terms of live body weight (LW; 79.5 ± 3.0 kg) and a body condition (CC; 3.4 ± 0.1 units). A first group (GEV; n = 6) was applied 1 mL per animal ATP (3 mg of Adenosine triphosphate), Selenium (0.7 mg of anhydrous sodium selenite), 30 mg of Vitamin B1 (Thiamine HCl) 0.3 mg of Vitamin B12 (cyanocobalamin), 20 mg of Magnesium (L-Magnesium Aspartate), 15 mg of Potassium (Potassium L-Aspartate). While the second group (GC; Control) was applied 1 mL of physiological saline solution. Both treatments were applied every 7 days for 4 weeks. The PV, CC, odor intensity, as well as scrotal circumference. At the end of the treatments, each group of rams underwent a test of appetitive sexual behavior (CSA) and consummatory (CSC). In addition, the semen quality parameters were evaluated. CSA and CSC showed no difference (P <0.05), as did the quality of seminal parameters (P <0.05) in both groups. However, the percentage of IRS (75% vs 25; P <0.05) for the GT and CG, respectively. The results of the present study show that the application of an energizing vitamin supplement does not improve sexual behavior and semen quality parameters.

Key words: *Sexual behavior, seminal quality, Dorper rams, Adenosine Triphosphate, reproduction*

INTRODUCCIÓN

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

En México, es una de las actividades pecuarias que tiene mayor tasa de rentabilidad y crecimiento. La población nacional de ovinos es de 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). 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).

Con relación a la nutrición, además de la energía, proteínas y minerales se encuentra las vitaminas, entre las que encontramos la A, D, E, B, K, C, y otras, 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. A pesar de ello, es necesario un aporte adecuado para ciertos minerales y su síntesis de vitaminas. Con respecto al aspecto reproductivo, es importante comprender mejor las interacciones y las funciones que promueven la eficiencia reproductiva del macho en el rebaño (Ali *et al.*, 2009). Lo anterior, debido a que los efectos de la nutrición sobre los órganos

reproductores del macho son sensibles a la nutrición dietética (toros, carneros y verracos), pero que 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 y minerales, ya sea vía im 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).

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 vitamina B12 sobre los parámetros d calidad seminal (Ha y zhao, 2003; Dalvit *et al.*, 2005; Hamedani *et al.*, 2013; Ahmadi *et al.*, 2016). Esto constituye un apoyo importante para el papel de la Vitamina B12 en el desempeño reproductivo en mamimeros (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 exógena de un energizante vitamínico (adenosín trifosfato, selenio, vitamina B1 y B12) incrementará el comportamiento sexual y mejorará la calidad seminal en carneros Dorper. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue

determinar si la aplicación exógena de un energizante vitaminico incrementara el comportamiento sexual y mejora la calidad seminal de los carneros Dorper.

1.1 Hipótesis

La aplicación exógena de Adenosín Trifosfato incrementa el comportamiento sexual y mejora la calidad seminal de carneros Dorper.

1.2 Objetivo

Evaluar un posible efecto de la aplicación exógena de Adenosín Trifosfato incrementa el comportamiento sexual y mejora la calidad seminal de carneros Dorper.

2. 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 (Martinez *et al.*, 2011). Otros productos derivados de la producción de ovinos son la leche y las pieles. La leche es un producto importante tanto en fresco como en productos lácteos. En los países tropicales se está desarrollando la producción de carne como producto y las pieles un subproducto (SAGARPA, 2016). 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 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 (Martinez *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 de ganado ovino de 6.04 a 8.5 millones, lo que representa un crecimiento del 28.94% en el intervalo nacional. 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 Reproducción de los ovinos en diferentes latitudes

En latitudes templadas, el primer factor ambiental que controla la actividad reproductiva estacional es el fotoperiodo, ya que sincroniza el ciclo anual a un ritmo endógeno de la época reproductiva (Milczewski *et al.*, 2015). El fotoperiodo, genera a partir de un ciclo de luz-oscuridad y ejerce sus efectos sobre el eje hipotálamo – pituitario a través de la secreción de melatonina por la glándula pineal (Wassie *et al.*, 2019). Las razas de borregas que se reproducen en latitudes altas tienen un marcado anestro más largo y profundo. En latitudes elevadas como al Norte o Sur de Ecuador, podemos encontrar un control del fotoperiodo con respecto a la estacionalidad reproductiva (Suntaxi, 2018; Woodfill *et al.*, 1994). Además, Arroyo (2011) menciona que las razas originarias de

latitudes mayores de 35°C muestran una evidente estacionalidad reproductiva. Por otra parte, los ovinos que están en Ecuador o de origen Ecuatorial manifiestan una reducida estacionalidad y en algunas ocasiones inexistente. En las regiones templadas se encuentra una clara variación reproductiva (Santo *et al.*, 2015). En cambio, en regiones tropicales, las razas ovinas, en particular las razas de pelo, se pueden aparear durante todo el año, sin embargo, se ha observado una disminución durante los meses de primavera (Ungerfeld, 2016). Existe una alteración en el inicio y la duración del empadre dependiendo de la latitud y la raza (González-Godínez *et al.*, 2014).

La variación estacional está primeramente regulada por las horas luz, incluso también influyen otros factores. El patrón estacional está vinculado en cada especie e incluso en cada raza, ya que se asocia con la latitud y las circunstancias donde se hayan encontrado, en el entorno dentro de la línea del Ecuador o a latitudes bajas donde la variación estacional es menor que en latitudes mayores (Ungerfeld, 2016). Así que, es importante el origen de la raza, ya que determina su comportamiento reproductivo estacional, a consecuencia, las razas originarias de las latitudes mayores a 35°C muestran una evidente estacionalidad reproductiva (Arroyo, 2011).

2.3 Efecto de la nutrición sobre la reproducción en macho ovino

2.3.1 Nutrición y eficiencia reproductiva en el macho

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).

Desde la perspectiva nutricional de los ovinos, la nutrición es un factor que influye sobre la estacionalidad, actúa a través de diversas señales hormonales tales

como la insulina, leptina, hormona del crecimiento, entre otras (Abecia *et al.*, 2015). La nutrición muestra cambios a largo plazo en el estado metabólico, ya que es un factor modulador secundario más importante (Menassol *et al.*, 2012). Se conoce que los periodos anovulatorios en las razas ovinas de zonas tropicales y subtropicales están asociado a carencias nutricionales (Forcada-Miranda *et al.*, 2010).

No obstante, el hato ovino es muy fundamental la información presente en cuanto la correlación entre la reproducción y la nutrición en las hembras, con respecto a los machos, los datos son aún más limitados, el efecto sobre el rendimiento reproductivo (Brown 1994; Martin *et al.*, 2010; Yunsang, y Wanxi, 2011). La fertilidad de los machos influye en el rendimiento reproductivo de los hatos y el aprovechamiento que se puede alcanzar con el trabajo de diversas técnicas reproductivas como la suplementación de proteína, energía, vitaminas y minerales (Ali *et al.*, 2009; Zubair, 2015).

Además, respecto a combinación de algunas vitaminas y minerales, cabe mencionar que los suplementos vitamínicos como la vitamina E en combinación con el selenio, 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; Zubair, 2015). En, efecto, los aumentos en el plano nutricional provoca una estimulación en la producción de espermatozoides, por otra parte, existe una interacción entre la nutrición y comportamiento sexual, la cual puede ver afectada por una combinación compleja de varios factores que pueden afectar el comportamiento sexual del macho (Martin *et al.*, 2010).

En cambio, en primera instancia, el manejo de los carneros no se ha desarrollado del mismo modo que en las hembras. Esta situación, puede deberse a que por un lado, se desconoce la importancia de todos los factores que repercuten en la fertilidad del macho (Martin *et al.*, 2010). En este sentido, es necesario la

investigación de la correlación de reproducción y nutrición de los ovinos, existen algunas cuestiones sin resolver, sobre todo en lo relativo a la suplementación con algunas vitaminas y minerales (Ali *et al.*, 2009; Zubair, 2015), lo que imposibilita la sugerencia necesaria sobre la alimentación de los animales, durante la fase de crecimiento como en el periodo adulto. En animales adultos, ciertos autores sustentan que la suplementación con vitaminas y minerales afecta sobre algunas características reproductivas, como el volumen testicular, la calidad seminal y la libido que se traduce en capacidad de servicio (Ali *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2014; Handel, 2016).

2.3.2 Vitaminas y minerales y su papel en los procesos reproductivos

Los carneros adultos, suelen ser muy independientes respecto a las necesidades de ciertas vitaminas hidrosolubles tales como vitamina B y C, puesto que son sintetizadas en el rumen por microorganismos. No obstante, demandan un porte adecuado para algunos minerales y se lleve a cabo la síntesis de algunas vitaminas como la B12 (Ali *et al.*, 2009; Clagett-Dame y Knutson, 2011; Liu *et al.*, 2014). Con respecto con las vitaminas liposolubles siendo la A, D, E y K, únicamente los microorganismos del rumen son aptos para realizar la síntesis de la 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 selenio (Se) es una 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 vitamina 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 vitamina E y es vital cuando se tiene una dieta deficiente en Se (Zubair, 2015).

La deficiencia de 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 vitamina 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 (Vitamina C, vitamina E, vitamina A, Tiamina (B1), Riboflavina (B6), Cianocobalamina (B12), magnesio) son efectivos para mejorar los parámetros de calidad seminal en el macho (Ahmadi *et al.*, 2013). Del mismo modo, en carneros, las vitaminas B1, B6 y B12 ayudan a mantener la libido, la calidad del seminal, y la fertilidad (Ahmadi *et al.*, 2013; Mahmoud *et al.*, 2014).

2.3.3 Efecto de los antioxidantes sobre la calidad seminal

Uno de los elementos traza esenciales es el selenio ya que sirve como un antioxidante esencial en reproducción animal (Zurai *et al.*, 2000; Barber *et al.*, 2005; Ali *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2014; Zubair, 2015). 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 (Ali *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2014; 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). El selenio es importante ya que 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 tiene un rol importante en la prevención del daño celular causados durante la peroxidación lipídica (PL) es la vitamina E. Por esta razón, se considera a la vitamina E y el Se cómo 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 vitamina E actúan en sinergia, ayudando como antioxidante biológico y manteniendo la consistencia celular (Cabrita *et al.*, 2010). Por esta razón, la combinación de selenio y la vitamina 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 (Cabrita *et al.*, 2010; 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).

Resultados en las ovejas Baladi que alimentadas con Se y vitamina E para mejorar el rendimiento metabólico y reproductivo, mostraron un aumento en el inicio del estro, la fertilidad, las tasas de preñez y partos, el número de partos, el peso al destete, el parto y la tasa de mortalidad (Zubair, 2015). Respecto al macho, el comportamiento reproductivo a través de la nutrición en el macho se puede lograr utilizando algunas vitaminas y minerales (Vitamina E y Selenio) 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 esperma (). 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 vitamina 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 (vitamina B12) *in vitro* adicionada directamente al semen, ayuda mantener la calidad de espermatozoides descongelados y la capacidad de fertilización en bovinos y carneros (Ha y zhao, 2003; Dalvit *et al.*, 2005; 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 espermatozoides 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 del seminal (Oguike y Uwalaka, 2008). Sin embargo, también se conoce que la suplementación de vitamina 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 Boxmeer *et al.* (2007) demostraron que existe una similitud positiva entre la concentración total de vitamina B12 en plasma y la concentración de espermatozoides en el semen. Además, la suplementación de vitamina 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 vitamina 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 vitamina 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 (Zubair, 2015). La vitamina B12 es una de las vitaminas solubles en agua, funcionando como coenzima en la síntesis de metionina y metabolismo de aminoácidos ramificados (Juanchi *et al.*, 2000), además, la vitamina 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).

2.4 Neuroendocrinología reproductiva del macho

Los pequeños rumiantes, la mayoría son reproductores estacionales; ya que existen cambios en su fisiología que determinan una estación reproductiva, por ejemplo las hembras tienen sus ciclos reproductivos y ovulan (Ungerfeld *et al.*, 2014). Por otra parte, los machos presentan su máxima actividad reproductiva y una estación de anestro en las que las hembras no tienen actividad sexual y los machos baja su libido (Ungerfeld, 2016). Muchas especies de rumiantes, entre ellas los ovinos muestran cambios estacionales en su actividad reproductiva, lo que establece que la intensidad del comportamiento sexual varíe a lo largo del año (Freitas-de-Melo *et al.*, 2014).

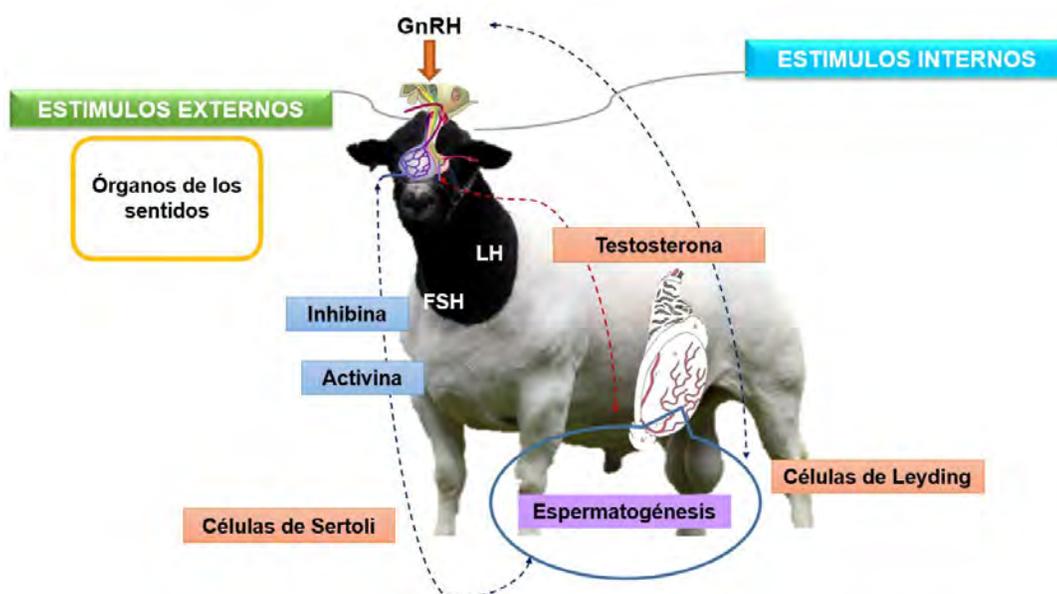


Figura 1. Control neuroendocrino de la reproducción del macho ovino adaptado de Ángel-García, 2014.

Así mismo, no solo se modifica el comportamiento reproductivo y el libido, siendo el fotoperíodo una de las principales señales ambientales que afectan la función testicular, comportamiento y la calidad seminal (Calderón-Leyva *et al.*, 2017). Los carneros presentan variaciones en la concentración de diferentes hormonas tales como la hormona luteinizante (LH), Hormona folículo estimulante (FSH) y la testosterona, así como en la calidad seminal y la fertilidad (Kulaksiz y Sen, 2019).

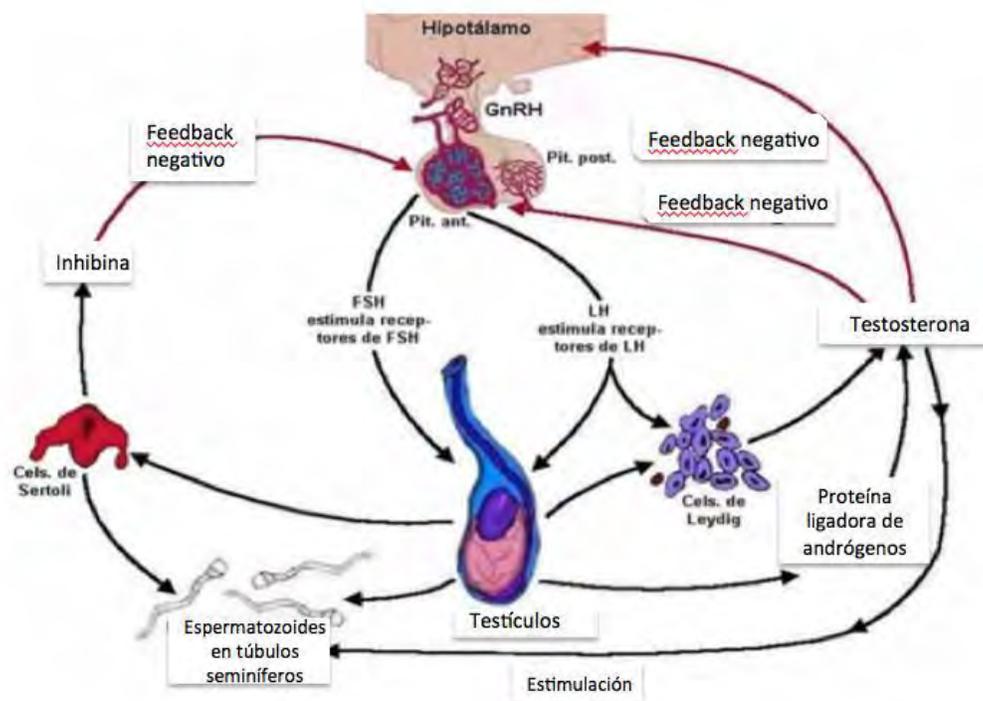


Figura 2. Esquema del control neuroendocrino de la estacionalidad reproductiva de carneros (Adaptado de Seger, 2004).

2.4.1 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 su 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 las divisiones de una nueva espermatogonia tiene de intervalos regulares de 103 días (Carrillo-González y Hernández, 2016).

La función testicular de los machos de cualquier clase puede explicar cómo la eficiencia de producir gametos en cantidades y calidades para efectuar la fertilización y producción de hormonas sexuales, así mismo, llegar a la maduración sexual (Villalobos *et al.*, 2009). El aparato reproductor del macho comprende por la parte de los testículos, que tienen un papel importante en la producción de hormonas y de los gametos, además, los ductos excretores dirigen los espermatozoides, pene, uretra y las glándulas anexas (Pabón-Quevedo y Pulido-Medellín, 2021). Con respecto a la temperatura testicular debe estar en un rango de 3 a 4 °C menor a 39°C de la temperatura rectal, de lo contrario, sería perjudicial para la espermatogénesis (Jovičić *et al.*, 2020).

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 cremaster interno y darlos que actúan acercando o alejando los testículos del abdomen al regular la temperatura (Chaumeil *et al.*, 2009; Bravo *et al.*, 2014).

2.4.1 Características seminales

El semen tiene una composición de espermatozoides y plasma seminal, estas materias 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). Las glándulas anexas del aparato genital y la segunda, de espermatozoides, producto de los testículos. El volumen de semen promedio que emite el carnero es de 0.6 a 1.3 mL, el cual el líquido seminal compete un 74% y el 26% le corresponde a los espermatozoides. Por otro lado, el pH del fluido seminal es ácido de 6.5 a 6.8 además, comprende un 86% de agua y el resto de

materia seca, siendo la misma diversas sales inorgánicas y minerales trazas. Las sales más importantes siendo Calcio, Potasio y Yodo, incluso podemos hallar el Ácido láctico y cítrico, Magnesio, Hierro, enzimas, proteínas, vitaminas tales como A, D, E entre otros. De los carbohidratos más importantes encontramos la fructosa y en abundantes cantidades, ya que es una fuente de energía esencial para los espermatozoides.

2.5 Comportamiento sexual del macho ovino

El comportamiento sexual es una secuencia de eventos específicos que se presenta en la mayoría de las especies, el cual comienza con una fase llamada atracción entre parejas sexuales seguida de una fase de cortejo a menudo denominada fase apetitiva o motivacional y terminando en el apareamiento o la fase copulatoria (Perkins *et al.*, 1992; Fabre-Nys, 2000). Everitt (1990), sugirió que, en las ratas, las fases apetitivas y copulatoria del comportamiento sexual del macho estaban controladas por diferentes estructuras cerebrales. Posteriormente, Borja y Fabre-Nys, (2012) muestran que, el comportamiento reproductivo en los mamíferos incluye dos elementos retirados, los cuales interactúan: el apetitivo, (CSA) o el componente motivacional que se refiere a la estimulación sexual, que orienta a los machos a la conductas de búsqueda que consiste en el aproximarse a las hembras receptivas y el consumatorio (CSC) o componente eyaculatorio se refiere al desempeño sexual, en el cual el macho hace realiza el contacto sexual que se traduce en forma de montas, penetraciones y eyaculaciones.

La actividad reproductiva se ve afectada por una serie de factores tales como el fotoperiodo, nutrición, raza, el hato y los signos socio sexuales (Constatin *et al.*, 2010). En los rumiantes, el comportamiento sexual se distingue por una primera fase que compete a la búsqueda sexual. En los ovinos como en los caprinos, las hembras seleccionan al macho con el que se aparearan y por lo que

frecuentemente son aquellos que son más altos, una conformación corporal y tamaño de cuernos (Fabre-Nys, 2010). Los carneros poseen características muy específicas en su comportamiento sexual, son en general reproductores estacionales que muestran una libido muy alto durante días cortos (Orihuela, 2014).

El comportamiento sexual del macho se evalúa a través del líbido por las fases de reconocimiento, preparatoria y copulatoria. Los machos cuando se encuentran enfrente de una o varias hembras en celo, se expresan signos de interés mientras buscan una hembra haciendo pataleo, olfateando anogenital, desenvaine, intentos de monta y monta con eyaculación (Santos *et al.*, 2015). Existen varias fases, la primera fase, es la apetitiva especie-específica y consumación. La fase apetitiva (CSA) es la búsqueda de pareja; los machos muestran su tamaño corporal y la hembra opta por uno. En esta fase, el carnero intentará montarla y la hembra lo permitirá. Por otra parte, la fase de consumación (CSC) permite el apareamiento tenga lugar, se puede mostrar la inmovilidad de la hembra, se encuentra receptiva y permite el macho monte y termine la copula (Cervantes, Izquierdo y González, 2014).

Principales conductas relacionadas con la conducta sexual apetitiva (CSA), conducta sexual consumatoria (CSC) Adaptado de Calderón-Leyva *et al.*, 2018)

Conductas	Descripción
	Conductas Sexual Apetitiva (CSA)
Flehmen	Elevación de la cabeza y labio superior, en respuesta al sabor y olor de la orina u olores ambientales
Olfateo ano-genital	Olfateos en la región ano-genital de la hembra
Aproximaciones	Frota, lame y mordisquea con los costados de la oveja con intensidad
Pataleos	Los carneros se paran detrás de la oveja en un pequeño ángulo y patean su lanco con una de las patas delanteras
vocalizaciones	Emisión de sonido regularmente durante las aproximaciones o el pataleo a la hembra
Desenvaine	Extrusión parcial del pene
Conducta Sexual Consumatoria (CSC)	

Intento de monta	Detrás de la ovejas realiza movimientos con el intento de copular, mantiene ambas patas delanteras en el aire pero no se coloca sobre la hembra
Monta	Intrusión del pene en la vagina de la oveja con una o más intromisiones y por lo tanto puede ocurrir la eyaculación caracterizada por la elevación hacia atrás de la cabeza

Cuadro 2. Principales conductas sexuales en carneros (Adaptado de Calderón-Leyva *et al.*, 2018).

2.5.1 Efecto de las vitaminas y minerales sobre el comportamiento sexual en el macho.

El comportamiento sexual es una secuencia de eventos específicos que se presenta en la mayoría de las especies, el cual comienza con una fase llamada atracción entre parejas sexuales seguida de una fase de cortejo a menudo denominada fase apetitiva o motivacional y terminando en el apareamiento o la fase copulatoria (Perkins *et al.*, 1992; Fabre-Nys, 2000). La actividad reproductiva se ve afectada por una serie de factores tales como el fotoperiodo, nutrición, raza, el rebaño y las señales socio sexuales (Constatin *et al.*, 2010).

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 selenio 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 en el rendimiento reproductivo de los carneros tratados con vitamina E y selenio están de acuerdo con los resultados de datos publicados (Ali *et al.*, 2009; Balicka-Ramsisz *et al.*, 2006; Kolodztiej y Jacyno, 2005; Yousef *et al.*, 2003). Lo anterior, es resultado de la mejora en la

función testicular lo que se refleja también en 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 (Yousef *et al.*, 1990). Por el contrario, Bearden y Fuquay (1997) demostraron que el tratamiento con vitamina 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.*, 1982).

Por otro lado, existen estudios que sugieren que existe una interacción entre algunas vitaminas y minerales (Ali *et al.*, 2009; Mahmoud *et al.*, 2013) Por otro lado, el 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 a las células de Leydig a producir T4 a través de la estimulación de la hormona luteinizante, mientras que la hormona folículo estimulante y la testosterona inducen el proceso de espermatogénesis (Yao *et al.*, 2018). En este sentido, la vitamina D puede tener un efecto sobre el proceso de espermatogénesis no solo por la regulación metabólica; también puede influir sobre la función de las células de Leydig ya que puede mejorar la producción de T4 inducida por hormona luteinizante (Huang *et al.*, 2015; Kotsa *et al.*, 2017).

3. 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 del 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 19min 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 zoonosanitario del semen de animales domésticos.

3.4 Tratamientos de los machos

Se utilizaron 12 carneros Dorper de entre 1.5 a 2.5 años, con un peso vivo (PV; 79.5 ± 3.0 kg y una condición corporal CC promedio de 3.4 ± 0.1). Así mismo, se dividió los animales en dos grupos homogéneos, fueron sometidos a un periodo de adaptación durante 15 días donde se habituaron al manejo que recibían durante el desarrollo del experimento, se les enseñó a montar y eyacular en la vagina artificial. Contaban con sobra, sales minerales y agua al libre acceso, se les ofreció una dieta a base del sobrante de las vacas que era ensilaje de maíz.

Los carneros fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos homogéneos. Los grupos fueron asignados al azar a uno de los siguientes tratamientos: Un primer grupo (GEV; 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 Vitamina B1 (Tiamina HCl) 0.3 mg de Vitamina B12 (cianocobalamina), 20 mg de Magnesio (L- Aspartato de Magnesio), 15 mg de Potasio (L-Aspatato de potasio)]. Mientras que a un segundo grupo (GC; Control) se le aplicó 1 mL de solución salina fisiologica. Ambos tratamientos fueron aplicados cada 7 días durante 4 semanas.

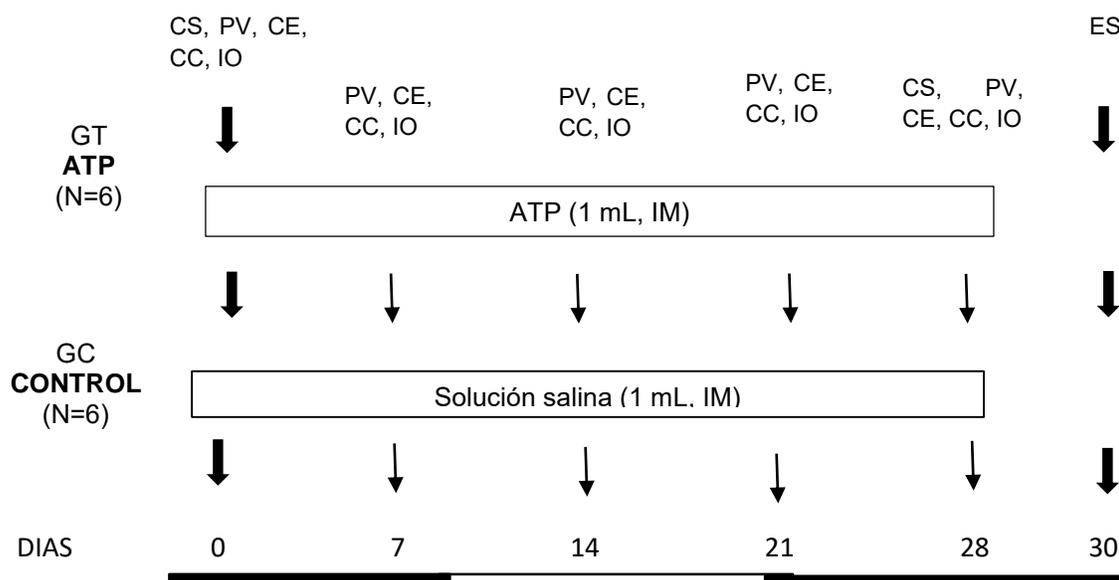


Figura 3. Carneros Dorper (n=12) fueron tratados cada 7 días durante 28 días, el grupo tratado (GT ATP) y el grupo control (GC Solución salina) además de que se midieron las variables de peso vivo (PV), circunferencia escrotal (CE), condición corporal (CC) y la intensidad del olor (IO), comportamiento sexual (CS) y evaluación seminal (ES) bajo condiciones de fotoperiodo natural (mayo) 24° LN

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 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).

3.5.3 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 con 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 (10^6 /mL)

Motilidad masal (MM; escala, 1-5). Se evaluó con el uso de una placa térmica para laboratorio con temperatura ajustada a 37°C, colocando una gota de semen puro (20 µl) sobre una lámina portaobjetos en el microscopio óptico con objetivo de 10x, y de acuerdo con el movimiento observado se asignó un puntaje de escala arbitraria de 1 a 5, donde 1 = 25%, y 5 = 100% de espermatozoides móviles (Moreno-Avalos et al., 2021).

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

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

3.5.4 Pruebas de comportamiento sexual

Al finalizar los tratamientos, cada macho de ambos grupos fue puesto en contacto con una hembra estro, para lo cual se le aplicaron 2 mg de Cipionato de estradiol

vía i.m, la prueba de comportamiento sexual consistió en poner en contacto al macho durante 15 minutos con la hembra en estro y se registró el comportamiento sexual apetitivo (CSA; flehmen, olfateos, aproximaciones, pataleo, vocalizaciones, desenevaine), así como también el comportamiento sexual consumatorio (CSC; intentos de monta, montas completas, montas con eyaculación), lo anterior bajo la técnica descrita por Calderón-Leyva et al.(2018).

3.6 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el paquete estadístico de SAS. Las variables peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal e intensidad de olor fueron sometidos a un análisis de varianza utilizando el ProcGLM de SAS, posteriormente cuando el ANOVA revelaba un efecto significativo los valores fueron comparados mediante una prueba de t de Student. La frecuencia de las conductas del comportamiento sexual fue comparada mediante una prueba de Fisher. Las diferencias fueron consideradas a ser estadísticamente significativas a un valor de $p \leq 0.05$.

4. RESULTADOS

En el cuadro 1 se muestra las frecuencias de las conductas realizadas por los carneros de cada grupo de machos durante la prueba de comporta sexual realizada antes y al final de los tratamientos.

En las variables analizadas no observó diferencias entre el comportamiento sexual búsqueda (CSB) en ambos grupos al inicio y final de los tratamientos. Mientras que el comportamiento sexual consumatorio (CSC) previo a los tratamientos fue mayor en el grupo tratado comparado con el grupo control ($P < 0.05$). Sin embargo, el CSC al final de los tratamientos no mostro diferencias significativa.

Al comparar el número de montas con desenvaine (18 vs 4.0), pataleo (29 vs 3.0), desenvaine (32 vs 12) se observó que fueron mayores en los machos del grupo tratado comparado con el grupo control, respectivamente ($P < 0,05$).

Por otro lado, el índice de reposo sexual (IRS; aislamiento, distracciones externas) fueron mayores en el grupo tratado al inicio del periodo experimental en comparación con el grupo control ($p < 0,05$), no encontrándose diferencia entre grupos al final de los tratamientos ($P > 0,05$).

Cuadro3. Medias (\pm EEM) para el comportamiento sexual de búsqueda (CSB), consumatorio (CSC) e indicativo de reposo sexual (ISR) en carneros Dorper (n = 12) tratados con Adenosin Trifosfato (Tratado) y solución salina (Control) en fotoperiodo natural (mayo).

Variables	Inicio		Final	
	Tratado (n= 6)	Control (n=6)	Tratado (n=6)	Control (n=6)
CSB%	56.3 ^a	43.7 ^a	51.0 ^a	49.0 ^a
Olfateos ano-genital	33.0 ^a	28.0	17.0 ^a	22.0 ^a
Corporal	5.0 ^a	6.0 ^a	16.0 ^a	12.0 ^a
Aproximación	26.0	42.0	39.0 ^a	32.0 ^a
Pataleo	29.0^a	3.0^b	41.0 ^a	43.0 ^a
Vocalización	7.0	4.0	24.0 ^a	15.0 ^a
Flemhen	6.0	12.0	1.0 ^b	8.0 ^a
Desenvaine	32.0 ^a	12.0 ^b	24.0 ^a	24.0 ^a
Total	138.0 ^a	107.0 ^a	162.0 ^a	156.0 ^a
CSC%	65.3^a	35.0^b	49.4 ^a	51.0 ^a
Intentos de monta	14.0 ^a	11.0 ^a	3.0 ^a	5.0 ^a
Montas con desenvaine	18.0^a	4.0^b	3.0 ^a	6.0 ^a
Montas con penetración	25.0 ^a	14.0 ^a	23.0 ^a	23.0 ^a
Monta con eyaculación	7.0 ^a	5.0 ^a	14.0 ^a	10.0 ^a
Total	64.0 ^a	34.0 ^b	43.0 ^a	44.0 ^a
CSB + CSC	202 ^a	141 ^b	205 ^a	200 ^a
ISR%	100^a	0^b	75.0^a	25.0^b
Aislamiento de pie	0.0	0.0	2.0 ^a	0.0 ^a
Distracciones externas	6.0 ^a	0.0 ^b	4.0 ^a	2.0 ^a
Total	6.0 ^a	0.0 ^b	6.0	2.0

Acumulado de CSB + CSC, media de CSB 50, media CSC 50, media de CSB + CSC 202.5, media de ISR %.

En el Cuadro 4 se muestran las medias (\pm EEM) para peso vivo, condición corporal (escala del 1-5, unidades), circunferencia escrotal e intensidad del olor (escala 0 -3) de los carneros tratados y grupo control. en condiciones naturales de fotoperiodo a 26 ° de latitud norte. No se encontró diferencia significativa en ambos grupos.

Cuadro 4. 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.

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
Circunferencia escrotal (cm)	36.0 \pm ^a	36.0 \pm ^a	37.0 \pm ^a	35.0 \pm ^a
Intensidad de olor (0-3)	0.0 \pm ^a	0.0 \pm ^a	0.7 \pm ^a	0.4 \pm ^a

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

En el Cuadro 5, 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 5. Medias (\pm EEM) para las características seminales del semen fresco en carneros de la raza Dorper tratados con Adenosin Trifosfato (ATP) bajo condiciones de fotoperiodo natural (mayo) 24° LN.

Variables	Grupos		Valor de P
	Tratado (6)	Control (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
Esperma por mL (x10 ⁶ /mL)	2848.4 \pm 715.4	2101.0 \pm 716.0	0.477

En el cuadro 6 se muestra la cinética espermática evaluada con el sistema CASA® de los machos tratados y machos control. No se encontró diferencia en la cinética seminal para ambos grupos ($P>0,05$).

Cuadro 6. Medias (\pm EEM) para la motilidad seminal del semen fresco evaluados con el sistema CASA® en carneros de la raza Dorper tratados con un energizante vitamínico bajo condiciones de fotoperiodo natural (mayo) 24° LN.

Variables	Grupos		Valor de P
	Tratado (6)	Control (6)	
Motilidad total (%)	54.1 \pm 7.7	69.0 \pm 2.4	0.093
Motilidad progresiva (%)	49.4 \pm 8.1	65.0 \pm 2.7	0.094
Motilidad rápida (%)	28.4 \pm 6.3	41.3 \pm 4.4	0.109
Motilidad lenta (%)	19.9 \pm 2.9	21.6 \pm 2.9	0.682
Motilidad local (%)	4.7 \pm 0.7	3.9 \pm 0.6	0.438
Espermatozoides inmóviles (%)	45.9 \pm 7.7	31.0 \pm 2.4	0.093

5. DISCUSIÓN

Nuestra hipótesis planteada en este trabajo estableció que la administración intramuscular de adenosina trifosfato (energizante® vitamínico) combinado con selenio más vitaminas del complejo B estimularía el comportamiento sexual de búsqueda (CSB) y consumatorio (CSC) y calidad seminal de los carneros tratados. Los resultados del presente trabajo demuestran que el tratamiento con un energizante vitamínico no estimuló el comportamiento sexual, ni la calidad seminal en carneros de la raza Dorper.

Respecto al comportamiento sexual, estos resultados son similares a los encontrados en toros tratados con un suplemento vitamínico en donde el comportamiento sexual (latencia al eyaculado, montas con eyaculación) no difirió entre el grupo experimental y el control (Singh *et al.*, 2001). Estos resultados, sobre la calidad seminal y comportamiento sexual 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. Por otro lado, nuestros resultados son contrarios a los encontrados en carneros suplementados con algunas vitaminas (vitaminas B1, B6 y B12) que mostraron una mayor la libido y calidad seminal (El-Darawany, 1999). En otras palabras, es probable que la suplementación con un 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). Lo anterior, pudiera ser más práctico de aplicarse en animales bajo condiciones de pastoreo. En efecto, en animales bajo condiciones extensivas se ha demostrado que existe una interacción clara entre la actividad sexual y la conducta de alimentación, además el comportamiento sexual de estos machos puede verse comprometido por restricción de alimentación, lo que se complica aún más bajo condiciones de

campo (Martin et al., 2010). Por lo tanto, una reproducción exitosa requiere provisiones completas de macro y micronutrientes (Yunsang y Wanxi, 2011).

Los resultados en cuando a la calidad seminal de los carneros no se vio afectada por la suplementación del energizante vitamínico. Estos resultados son contrarios a los encontrados con la suplementación de múltiples antioxidantes (Vitamina C, vitamina E, vitamina A, Tiamina (B1), Riboflavina (B6), Cianocoalamina (B12), magnesio) donde se ha determinado que 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 (El-Darawany, 1999). además, la suplementación *in vitro* de antioxidantes adicionados directamente al semen, como la cianocobalamina (vitamina 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 vitamina B12 en plasma y la concentración de espermatozoides en el semen. Además, la suplementación de vitamina B12 disminuye la cantidad de especies reactivas de oxígeno producidos por estrés oxidativo en el semen (Chen *et al.*, 2001). Además, respecto a combinación de algún as vitaminas y minerales, cabe mencionar que el suplemento vitamínico aplicado en nuestro estudio contenía selenio (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, efecto, los aumentos en el plano nutricional provoca una estimulación en la producción de espermatozoides, por otra parte, existe una interacción entre la nutrición y comportamiento sexual, la cual puede ver afectada por una combinación compleja de varios factores que pueden afectar el comportamiento sexual del macho (Martin *et al.*, 2010). Sin embargo,

otro factor que pudo haber afectado el tratamiento es el periodo el tratamiento (4 semanas), ya 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 vitamina B12 se transfiere de la sangre a los órganos reproductores masculinos, lo que enfatiza un papel sustancial de la vitamina B12 en la espermatogénesis y, por tanto, en la calidad del semen (Gual-Frau *et al.*, 2015). De igual forma, las vitaminas ya sea solas o combinadas con minerales (selenio más vitamina E) son esenciales para el comportamiento reproductivo, comportamiento y espermatogénesis tanto en humanos (Clagett-Dame y Knutson, 2011), como en animales (Talib Ali *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2014; Zhou *et al.*, 2018). En efeto, resultados en ratas tratadas con vitamina B12 por 50 d mejoran la espermatogénesis (Beltrame y Cerri, 2016). 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 espermias (Brown, 1994; Martin *et al.*, 2010; Yunsang y Wanxi, 2011;).

De manera general se conoce que la libido de los machos es más sensible a la desnutrición, que la producción de espermias, pero los aumentos en el plano de la nutrición estimulan producción de esperma antes de afectar la libido (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 la al peso vivo, condición corporal no se vio afectada por el tratamiento, En efecto, el balance energético es, por supuesto, un reflejo del gasto energético

y de la ingesta energética, la cual puede verse reflejada en los parámetros de calidad seminal en carneros. Resultados *in vitro* revelaron una relación lineal entre la capacidad de fertilización del semen y algunos parámetros del plasma seminal (actividad b-D-glucuronidasa, concentración de potasio) y espermatozoides (concentración de ATP, actividad de aspartato aminotransferasa), lo anterior, pudiera utilizarse para aplicaciones prácticas determinando las concentraciones de ATP o la actividad b-D-glucuronidasa o ambas (Zilli *et al.*, 2004).

La circunferencia escrotal no tuvo diferencia entre grupos. Estos resultados son contrarios a lo encontrados en carneros manejados en sistemas extensivos, en donde el desgaste de energía en los recorridos de estos machos afecta el tamaño testicular (Thwaites, 1995) y el apareamiento de los carneros en condiciones de campo muestra una pérdida del peso testicular, una reducción en la producción de espermatozoides y un aumento en la proporción de tejido inter tubular, una disminución en la proporción de espermatozoides, espermátidas y disminución del número de espermatozoides en el epidídimo (Knight *et al.*, 1987). 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 relacionados con las respuestas 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 los machos tratados (Zilli *et al.*, 2004). Cabe mencionar que el energizante utilizado en nuestro estudio contenía adenosina trifosfato en combinación con vitaminas del complejo B y minerales que ayudan a potencializar el efecto de la adenosina trifosfato(). Lo anterior, pudiera utilizarse de manera más práctica en el macho c para mejorar la calidad de los parámetros seminales o en animales con deficiencia de algunas vitaminas y minerales y que los efectos pueden ser más marcados en animales bajo condiciones de pastoreo (Zilli *et al.*, 2004).

6. CONCLUSIÓN

La aplicación de un suplemento (energetizante vitamínico) no mejoró el comportamiento sexual y las características seminales de los carneros de la raza Dorper manejados bajo condiciones intensivas. Es probable que es este tratamiento utilizado en estos animales bajo condiciones intensivas, pudiera utilizarse de manera más prácticas en machos bajo condiciones de pastoreo donde existan deficiencias de algunos minerales y vitaminas para mejorar la calidad de los parámetros seminales y el comportamiento sexual.

LITERATURA CITADA

- Abecia, J. A., Chemineau, P., Flores, J. A., Keller, M., Duarte, G., Forcada, F., & Delgadillo, J. A. (2015). Continuous exposure to sexually active rams extends estrous activity in ewes in spring. *Theriogenology*, *84*(9), 1549-1555.
- 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.
- 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.
- Arroyo, J., Magaña-Sevilla, H., & Camacho-Escobar, M. A. (2009). Regulación neuroendocrina del anestro posparto en la oveja. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *10*(3), 301-312.
- 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.
- Barber SJ, Parker HM, Mcdaniel CD. Broiler breeder semen quality as affected by trace minerals in vitro. *Poultry Science* 2005; *84*:100-105.
- Baril, G., Chemineau, P., Cognie, Y., Guerin, Y., Leboeuf, B., Orgeur, P., & Vallet, J. C. (1993). Training manual on artificial insemination in sheep and goats. Etude FAO: Production et Sante Animales (FAO).
- 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, G., Meza-Herrera, C., Rodríguez-Martínez, R., Ángel-García, O., Rivas-Muñoz, R., Delgado-Bermejo, J., & Véliz-Deras, F. (2018). Influence of sexual behavior of Dorper rams treated with glutamate and/or testosterone on reproductive performance of anovulatory ewes. *Theriogenology*, *106*, 79-86. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.10.016
- Calderón-Leyva, M., Meza-Herrera, C., Arellano-Rodríguez, G., Gaytan-Alemán, L., Alvarado-Espino, A., & González-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.
- Casao, A., Cebrián, I., Asumpção, M. E., Pérez-Pé, R., Abecia, J. A., Forcada, F., ... & Muñoz-Blanco, T. (2010). Seasonal variations of melatonin in ram seminal plasma are correlated to those of testosterone and antioxidant enzymes. *Reproductive biology and endocrinology*, *8*(1), 1-9.
- Cervantes, R. E., Izquierdo, A. C., & González, R. S. (2014). Comportamiento sexual en ovinos y caprinos. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, (26), 99-116.

- Chaumeil, M. M., Valette, J., Guillermier, M., Brouillet, E., Boumezbeur, F., Herard, A. S., ... & Lebon, V. (2009). Multimodal neuroimaging provides a highly consistent picture of energy metabolism, validating 31P MRS for measuring brain ATP synthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(10), 3988-3993.
- 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., & DeLuca, H. F. (2002). The role of vitamin A in mammalian reproduction and embryonic development. *Annual review of nutrition*, 22(1), 347-381.
- 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/>.
- Constantin, P., Ioan, G., Răzvan, R. R., & Gherasim, N. (2010). On the Influence of Certain Natural Factors on the Sperm Quality and Sexual Behaviour of Rams. *International Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 4(5), 307-310.
- 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).
- Cymbron, T., Freeman, A. R., Isabel Malheiro, M., Vigne, J. D., & Bradley, D. G. (2005). Microsatellite diversity suggests different histories for Mediterranean and Northern European cattle populations. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1574), 1837-1843.
- D'occhio, M. J., & Suttie, J. M. (1992). The role of the pineal gland and melatonin in reproduction in male domestic ruminants. *Animal Reproduction Science*, 30(1-3), 135-155.
- Everitt, B. J. (1990). Sexual motivation: a neural and behavioural analysis of the mechanisms underlying appetitive and copulatory responses of male rats. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 14(2), 217-232.
- Fabre-Nys, C. (2000). Le comportement sexuel des caprins: contrôle hormonal et facteurs sociaux.
- Fabre-Nys, C., 2010, "Mating Behavior", en Koob, F., M. Le Moal y R.Thompson (eds.), *Encyclopedia of Behavioral Neuroscience*, pp. 178-185, Academic Press, Oxford
- FAO Food Alimentation Organization of the United Nations, FAO. 2014. Consumo de carne. Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. Producción y Sanidad Animal.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Control de la resistencia a los antiparasitarios a la luz de los conocimientos actuales. *Redes de Helminfos y Garrapatas*; 2001.
- 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.
- Forcada-Miranda, F., Abecia-Martínez, A., Casao-Gascón, A., & Vázquez, I. (2010). Interacciones Ambientales Sobre la Reproducción en Ovino.
- Franco, J., & VLF, U. (2012). Hormonas reproductivas de importancia veterinaria en hembras domésticas rumiantes. *Biosalud*, 11(1), 41-56.
- Freitas-de-Melo, A., Lacuesta, L., & Ungerfeld, R. (2014). Comportamiento homosexual en rumiantes machos: Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 5(1), 91-106.
- González-Godínez, A., Urrutia-Morales, J., & Gámez-Vázquez, H. G. (2014). Comportamiento reproductivo de ovejas Dorper y Katahdin empadradas en primavera en el norte de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(1), 123-127.
- González-Montaña, J. R., Escalera-Valente, F., Alonso, A. J., Lomillos, J. M., Robles, R., & Alonso, M. E. (2020). Relationship between Vitamin B12 and Cobalt Metabolism in Domestic Ruminant: An Update. *Animals*, 10(10), 1855.

- 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.
- 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.
- 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.
- Kenyon, P. R., Maloney, S. K., & Blache, D. (2014). Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 57(1), 38-64.
- 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).
- Kulaksiz, R., & Sen, C. C. (2019). Investigation of the changes observed in scrotal circumference, and native and post-thaw semen characteristics in karayaka rams during the breeding and nonbreeding seasons. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 70(3), 1655-1660.
- Leonhard MS. Why do trace elements have an influence on fertility. *Tierarztl Prax* 2000; 28:60-65. 14.
- Lincoln, G. A. (1978). The temporal relationship between plasma levels of FSH and LH in the ram. *Reproduction*, 53(1), 31-37. Lincoln, G. A. (1978). The temporal relationship between plasma levels of FSH and LH in the ram. *Reproduction*, 53(1), 31-37.
- 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.
- 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.
- Martinez, M. E., & Carvajal, A. (2018). Importancia de la alimentación en la eficiencia reproductiva de machos ovinos. *Informativo INIA Remehue*.

- Menassol, J. B., Collet, A., Chesneau, D., Malpoux, B., & Scaramuzzi, R. J. (2012). The interaction between photoperiod and nutrition and its effects on seasonal rhythms of reproduction in the ewe. *Biology of reproduction*, 86(2), 52-1.
- Milczewski, V., Chahad-Ehlers, S., Spencoski, K. M., Morais, R. N., & Soccol, V. T. (2015). Quantifying the effect of seasonality on testicular function of Suffolk ram in lower latitude. *Small Ruminant Research*, 124, 68-75.
- 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.
- MORENO, N. P., & Fernando, G. M. D. (2012). CORRELACIÓN ENTRE DIÁMETRO TESTICULAR Y CALIDAD ESPERMÁTICA EN OVINOS CRIOLLOS DEL MUNICIPIO DE SORACÁ, BOYACÁ. *Conexión agropecuaria JDC*, 2(2), 45-55.
- 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 Martín, R., Alabart Alvarez, J. L., Rivas Royo, E., Echegoyen Pérez, E., Navarro, M. A., & Folch Pera, J. (2015). Desarrollo de un dispositivo intravaginal para la recogida de semen en ganado ovino. *AIDA*.
- 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
- Muigai, A. W., & Hanotte, O. (2013). The origin of African sheep: archaeological and genetic perspectives. *African Archaeological Review*, 30(1), 39-50.
- 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.
- Orihuela, A. (2014). La conducta sexual del carnero: Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(1), 49-89.
- 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.
- Pelletier, J., & Ortavant, R. (1975). Photoperiodic control of LH release in the ram. I. Influence of increasing and decreasing light photoperiods. *Acta endocrinologica*, 78(3), 435-441.
- Pérez Clariget, R., & Bielli, A. (2000). Interacción nutrición-reproducción-fotoperiodo en el carnero. In XXI World Buiatrics Congress/XXVIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Centro Médico Veterinario de Paysandú.
- Reppert, S. M., & Weaver, D. R. (2002). Coordination of circadian timing in mammals. *Nature*, 418(6901), 935-941.
- Santos, S. G. C. G. D., Saraiva, E. P., Pimenta Filho, E. C., Santos, L. D. F. D. D., Fonsêca, V. D. F. C., Veríssimo, T. N. S., ... & Pinheiro, A. D. C. (2015). Seasonal and circadian variation of the sexual behavior of Morada Nova rams in tropical environment. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44(1), 8-14.
- Senger, P. (2004). *Pathways To Pregnancy & Parturition*. Washington State University. 2nd Ed. Washington, Usa.: Current Conceptions, Inc. Pp. 215-230.
- 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.
- Simon, L., Castillo, J., Oliva, R., & Lewis, S. E. (2011). Relationships between human sperm protamines, DNA damage and assisted reproduction outcomes. *Reproductive biomedicine online*, 23(6), 724-734.

- Suntaxi Criollo, P. D. (2018). Medición del Fotoperiodo en diferentes Latitudes y Altitudes de la Zona Tres (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Surai PF, Brillard, JP, Speake BK, Blesbois E, Seigneurin F, Sparks NH et al. Phospholipids fatty acid composition, vitamin E content and susceptibility to lipid peroxidation of duck spermatozoa. *Theriogenology* 2000; 53:1025- 1039. 15.
- Susetyarini, R. E. (2015). The level of glutamic acid in the semen of male white rat (*Ratus Norwegicus*) after being treated with tannin of *Pluchea indica*. *Procedia Chemistry*, 14, 152-156.
- Ungerfeld, R. (2016). Managing reproductive seasonality in small ruminants. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 24(2).
- Ungerfeld, R., Giriboni, J., Freitas-de-Melo, A., & Lacuesta, L. (2014). Homosexual behavior in male goats is more frequent during breeding season and in bucks isolated from females. *Hormones and behavior*, 65(5), 516-520.
- 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.
- 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.
- Villalobos, G. M., Escutia, G. J., Martínez, A. A., Escobar, M. E. A., & Domínguez-Vara, I. A. (2009). Reproductive function in rams imported from New Zealand during their first reproductive season in Mexico. *Veterinaria México*, 40(2), 123-131.
- Warren, D. W., Dufau, M. L., & Catt, K. J. (1982). Hormonal regulation of gonadotropin receptors and steroidogenesis in cultured fetal rat tests. *Science*, 218(4570), 375-377.
- Wassie, T., Liu, G., Jiang, X., Tesema, B., Han, Y., Zhao, J., ... & Ahmad, H. I. (2019). Immunization against Kisspeptin-54 perturb hypothalamic–pituitary–testicular signaling pathway in ram lambs. *Theriogenology*, 125, 193-202.
- Woodfill, C. J., Wayne, N. L., Moenter, S. M., & Karsch, F. J. (1994). Photoperiodic synchronization of a circannual reproductive rhythm in sheep: identification of season-specific time cues. *Biology of reproduction*, 50(4), 965-976.
- Yang, B., Sun, H., Wan, Y., Wang, H., Qin, W., Yang, L., ... & Yao, B. (2012). Associations between testosterone, bone mineral density, vitamin D and semen quality in fertile and infertile Chinese men. *International journal of andrology*, 35(6), 783-792.
- 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.
- 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.