

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



Efecto de la vitamina ADE sobre el comportamiento sexual de carneros de la raza Dorper

Por:

**Karla Esmeralda Luna Solis**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Abril 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Efecto de la administración de la vitamina ADE sobre el comportamiento sexual  
en carneros de la raza Dorper.

Por:


**Karla Esmeralda Luna Solis**

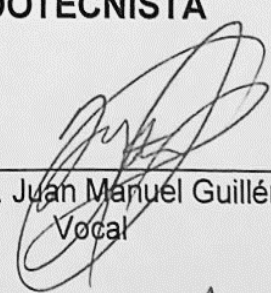
TESIS

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


**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

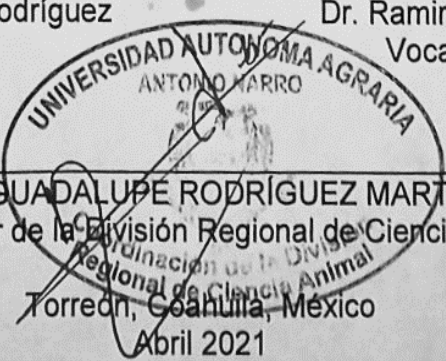
Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Oscar Angel García  
Presidente

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

*F. A. R.*  
\_\_\_\_\_  
Dr. Fernando Arellano Rodríguez  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Ramiro Gonzalez Avalos  
Vocal Suplente

  
\_\_\_\_\_  
M.C. J. GUADALUPE RODRIGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal  
Torreón, Coahuila, México  
Abril 2021

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Efecto de la vitamina ADE sobre el comportamiento sexual en carneros de la raza Dorper

Por:

**Karla Esmeralda Luna Solis**

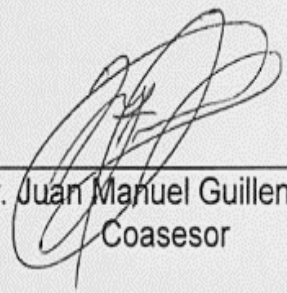
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

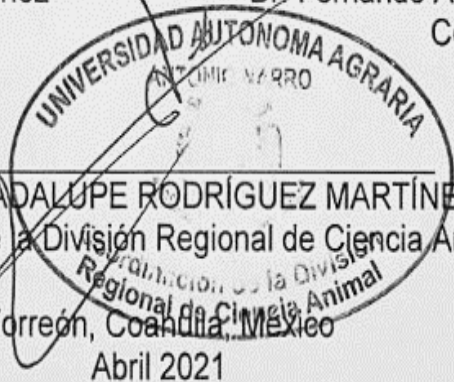
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

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

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

7 - 11 - 21  
\_\_\_\_\_  
Dr. Fernando Arellano Rodríguez  
Coasesor

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

Reproducción de la División  
Regional de Ciencia Animal  
Torreón, Coahuila, México  
Abril 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS** por siempre guiarme, cuidarme y bendecirme en mi carrera.

**A mis padres** Juan Carlos Luna Rocha y Martha Elia Solis Casas les agradezco inmensamente su amor, confianza y todo su apoyo, ustedes me han hecho ser quien soy.

**A mi hermana** Martha Guadalupe Luna Solis por creer siempre en mí.

**A mis padrinos** Ricardo Casas Maciel y Elba Luna Rocha por ser los mejores padrinos, estar para mí en todo momento dándome, su apoyo, consejos y motivación.

**A mis tíos** Luis Gerardo Luna Rocha y María Dolores García Rodríguez por ser tan buenos conmigo y ser un gran apoyo.

**A mis primos** a Diana Monserrat Luna García por ser mi ejemplo de una persona admirable y por todos sus consejos y apoyo. A Ricardo, Cesar, Citlali, Elizabeth, Sonia, Daniela, Cristian, Tere, Saul, Frida, Luis, Paola, por ser parte mi carrera con todo su apoyo.

**A mi asesor de Tesis** al Doctor Oscar Ángel García y al Doctor Ramiro González Avalos por apoyarme y ser un gran ejemplo y amigo.

**A mis amigos** que a lo largo de toda la carrera nos apoyamos incondicionalmente, Sofia, Ivonne, Michel, Daly, Emmanuel, Daniela, Oscar, Jesús, Luis.

## DEDICATORIA

**A mis padres** Juan Carlos Luna Rocha y Martha Elia Solis Casas les dedico mi tesis por ser mis pilares siempre, por sus consejos, regaños, su amor incondicional, por confiar siempre tanto en mí y motivarme en mi carrera.

**A mi abuela** Consuelo Rocha Arredondo

**A mi sobrino** Carlos Emiliano Alvarado Luna por ser motivación para mí.

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de Vitamina A, D y E sobre el comportamiento sexual de carneros de la raza Dorper. El experimento se realizó en el norte de México (26° LN) durante los meses octubre y noviembre del 2019. Se utilizaron 10 carneros adultos homogéneos en cuanto a peso vivo (PV;  $61.3 \pm 2.1$  kg) y condición corporal (CC;  $2.6 \pm 0.2$  unidades). Un primer grupo (GT; n=5) recibió (1mL por cada 50 Kg de PV vía i.m) Vitamina A, D y E (Vitamina A 500,000 UI, Vitamina D 75,000 UI., Vitamina E 50 mg). Un segundo grupo (Control; n=5) se le aplicó 0.5 mL de solución salina fisiológica. Ambos tratamientos fueron aplicados cada 3d x 28 d. Se midió la circunferencia escrotal (CE) cada 7d durante el periodo de estudio. Al final de los tratamientos a cada grupo de macho se les realizó una prueba de comportamiento sexual apetitivo (CSA) y consumatorio (CSC). La CE no mostro diferencia ( $32.8 \pm 1.2$  vs  $33.0 \pm 0.7$ ;  $P > 0.05$ ) para el GT y GC, respectivamente. El CSA no mostro diferencias (61% vs 39%;  $P > 0.05$ ) Mientras que el CSC fue mayor en el GT (74% vs 26%;  $P < 0.05$ ) para el GT y GC, respectivamente. Al comprar el número total del de frecuencias del CSA más el CSC (338 vs 210;  $P < 0.05$ ) para el GT y GC, respectivamente. Los resultados del presente estudio demuestran que aplicación de Vitamina A, D y E mejora el comportamiento sexual en carnero de la raza Dorper. En conclusión, el tratamiento con Vitamina A, D y E por 28d puede ser efectiva para estimular el comportamiento sexual en carneros de la raza Dorper.

**Palabras Clave:** Apetitivo, Comportamiento sexual, Consumatorio, Dorper, Vitamina ADE.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA .....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS .....	vi
No. ....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	vii
CUADRO DE ABREVIATURAS .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO.....	3
II.- REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Historia de la ovinocultura .....	4
2.2 Importancia de la ovinocultura .....	4
2.3 Requerimientos de vitaminas en animales.....	6
2.4. Vitaminas y la reproducción del macho .....	7
<b>2.4.1 Vitamina A</b> .....	7
<b>2.4.1 Vitamina E</b> .....	7
<b>2.4.2 Vitamina A, D y E</b> .....	8
2.5 Comportamiento sexual en el macho.....	9
2.6 Efecto de la bioestimulación sexual en ovinos .....	10
<b>2.6.1 Efecto macho</b> .....	10
<b>2.6.2 Efecto hembra</b> .....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
<b>3.1 General</b> .....	12
<b>3.2 Localización del estudio y manejo de los animales</b> .....	12
<b>3.3 Tratamiento de los machos</b> .....	12
<b>3.4 Variables evaluadas</b> .....	13
<b>3.4.1 Circunferencia escrotal</b> .....	13
<b>3.5 Prueba de comportamiento sexual</b> .....	13
<b>3.5.1 Análisis estadístico</b> .....	13

IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN.....	16
VI. CONCLUSIONES.....	19
VII. LITERATURA CITADA .....	20



<b>No.</b>	<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>Pág.</b>
<b>1</b>	Población de ganado ovino en la región la región Lagunera y Laguna de Coahuila 2017-2019.	<b>5</b>
<b>2</b>	Frecuencias de comportamiento sexual [ (Apetitivo (CSA), consumatorio (CSC) de carneros de la raza Dorper (n= 10) tratados con vitamina ADE (GT) y solución salina (GC) durante los meses de octubre-noviembre (26° LN).	<b>14</b>

<b>No.</b>		<b>Pág.</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>		
<b>1</b>	Representación esquemática del impacto del estímulo sociosexual de un prospectivo empadre sobre la fisiología reproductiva de la hembra ovina (“efecto macho) y el macho ovino (“efecto hembra”) (Modificada de Hawken y Martin, 2012).	<b>11</b>
<b>2</b>	Promedio ( $\pm$ EEM) para circunferencia escrotal de carneros Dorper tratados con vitamina A, D y E (1mg de Se +75UI UI de vitamina E/kg) o no tratados (Control) por un periodo de 28 días en condiciones de fotoperiodo natural (octubre-noviembre) en el norte de México (25° N).	<b>15</b>

<b>CUADRO DE ABREVIATURAS</b>	
LN	Latitud Norte
PV	Peso Vivo
Kg	Kilogramos
CC	Condición Corporal
d	Día
UI	Unidades Internacionales
mg	Miligramos
n	Número de animales
CE	Circunferencia Escrotal
CSA	Comportamiento Sexual Apetitivo
CSC	Comportamiento Sexual Consumatorio
<i>P</i>	Probabilidad
GT	Grupo Tratado
GC	Grupo Control
%	Porcentaje
FAO	Organización Mundial de las Naciones Unidad para la Alimentación y Agricultura
Vit-A	Vitamina A
Vit-E	Vitamina E
Vit- D	Vitamina D
ROS	Especies Reactivas de Oxígeno
RNS	Especies Reactivas de Nitrógeno
LH	Hormona Luteinizante

Se	Selenio
RA	Ácido <i>trans</i> -retinoico
VAD	Deficiencia de vitamina A
UVB	Rayos ultravioletas
VDR	Receptor de vitamina D
IGF1	Factor de crecimiento semejante a la insulina
GH	Factor de Crecimiento
FSH	Hormona Folículo Estimulante
GnRH	Hormona Liberadora de Gonadotropina
PUFAS	Ácidos grasos poliinsaturados esterificados
ATP	Adenosina trifosfato
Mpio	Municipio
°	Grado centigrado
PC	Proteína cruda
NRC	National Research Council
mL	Mililitros
CE	Circunferencia escrotal
T4	Testosterona
<i>et al.,</i>	Colaboradores

## I. INTRODUCCIÓN

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

Con relación a la nutrición, además de la energía, proteínas y minerales se encuentra las vitaminas, 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. Sin embargo, se requiere de un adecuado aporte de ciertos minerales para la síntesis de vitaminas. En el aspecto reproductivo es importante comprender mejor las interacciones y las funciones que promueven la eficiencia reproductiva del macho en el rebaño (Talib Ali *et al.*, 2009; Zhou *et al.*, 2018), lo anterior, debido a que las vitaminas son necesarias en la reproducción animal, reflejándose en el desempeño reproductivo, libido y calidad seminal. Por ejemplo, la vitamina A (Vit- A) es esencial para el mantenimiento del tracto genital del macho y la espermatogénesis en el humano (Clagett-Dame y Knutson, 2011). Por otra parte, en las últimas décadas, numerosos estudios han informado que la deficiencia de Vit-D está asociada con muchos problemas de salud no esqueléticos, como enfermedades autoinmunes, hipertensión y cáncer (Zhou *et al.*, 2019). Esto constituye un apoyo importante para el papel de la Vit-D en el desempeño reproductivo de los mamíferos (Zhou *et al.*, 2019; Handel, 2016).

Respecto a los efectos de la Vit-E sobre la reproducción en machos se ha centrado en la espermatogénesis y la calidad del semen, ya que la Vit-E juega un papel importante en el manejo del estrés oxidativo. Los espermatozoides están sujetos a daño oxidativo debido a la alta tasa metabólica y la alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados en sus membranas. El estrés

oxidativo (EO) también puede comprometer el desarrollo folicular y la actividad ovárica. La Vit-E también participa en la mejora de la respuesta inmunitaria (Liu *et al.*, 2014). La Vit-E y la Vit-A desempeñan papeles esenciales. Entre ellos, el más importante, las funciones especializadas y sinérgicas, lo que da como resultado una secuencia de reacciones que convierten a las especies reactivas de oxígeno (ROS) y especies reactivas de nitrógeno (RNS) en metabolitos inofensivos (Zhou *et al.*, 2017).

Brown (1994) revisó los efectos de la nutrición sobre la reproducción en el macho y reconoció que los órganos reproductores de los animales son sensibles a la nutrición dietética como toros, carneros y verracos, pero que los cambios inducidos por la nutrición en las funciones reproductivas son temporales. Esta modificación sobre el comportamiento reproductivo a través de la nutrición en el macho se puede lograr utilizando algunas vitaminas y minerales ya sea vía im 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 (Talib Ali *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2014).

### **HIPOTESIS**

La administración de vitamina A, D y E mejorará el comportamiento sexual en carneros de la raza Dorper.

### **OBJETIVO**

Evaluar el efecto de la vitamina A, D y E sobre el comportamiento sexual en carneros de la raza Dorper.

## II.- REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Historia de la ovinocultura

Derivado de las investigaciones arqueológicas y genéticas, se ha logrado determinar que la domesticación de las ovejas (*Ovis aries*) se llevó a cabo hace aproximadamente 9,000-11,000 años (Zeder *et al.*, 2008). Posterior a su domesticación, las ovejas son una de las especies que ha sufrido una mayor diversificación debido a las mutaciones, adaptaciones ambientes locales y selección intensa hacia múltiples propósitos, implementada por el hombre. Según la FAO (2015) existían en el mundo aproximadamente 1,400 razas de ovejas, de las cuales, el 83% corresponde a razas específicas de una región. Se piensa que las ovejas, al igual que las otras especies domésticas, fueron llevadas por poblaciones humanas a lo largo de Europa siguiendo el trayecto del río Danubio y a través de las costas del mar Mediterráneo (Cymbron *et al.*, 2005).

La llegada de las ovejas a territorios más alejados como China, tomó más tiempo. Se estima que el flujo de animales procedentes de Europa ocurrió hace 4,400 años (Jing *et al.*, 2008). Según las evidencias arqueológicas se ha podido establecer que las ovejas alcanzaron el oeste de África relativamente tarde 3,700 (Muigai y Hanotte, 2013).

En México se piensa que la oveja fue introducida a la península de Yucatán entre 1930 y 1940 y que provenía de Cuba. Sin embargo, algunos autores piensan que su introducción pudo haberse producido incluso durante el siglo XIX, debido a que en ese entonces ya existían animales con características fenotípicas muy similares, y que, debido a la cercanía entre la península de Yucatán y Cuba, en los últimos siglos han existido un flujo constante de ciudadanos cubanos y mexicanos en ambos sentidos (Aguilar-Martinez *et al.*, 2017).

### 2.2 Importancia de la ovinocultura

Se considera que la ovinocultura es una actividad económica agropecuaria que presenta una de las mejores tasas de rentabilidad y buenas perspectivas de crecimiento. En la crianza de ganado ovino, el producto más relevante es la carne destinada al consumo humano, la cual constituye una importante proporción de la dieta cárnica en diversas regiones del mundo, por el aporte de



valiosos nutrientes para la salud, como proteínas, vitaminas, minerales y micronutrientes, esenciales para el crecimiento y el desarrollo. Sin embargo, la producción mundial de carne de ovinos ha mostrado algunos cambios en los últimos años. En 2014, se registraron alrededor de 1209 millones de ovinos, los cuales se distribuyeron en Asia (549 millones), África (340 millones), Europa (130 millones), Oceanía (102 millones) y América (87 millones); En ese año, China aportó la mayor cantidad de ovinos (202 millones) en el mundo y ocupó el primer lugar, equivalente a 16.7% de la distribución mundial de ganado ovino. Por su parte, México sólo contribuyó con 8,575,908 ovinos, lo cual representó 0.71% de la distribución mundial (Garnier, 2010).

En términos de producción nacional ovina el principal productor es el estado de México que, junto con los estados de Hidalgo, San Luís Potosí, Puebla y Veracruz, representan el 56% del total nacional. En México se tienen variados sistemas de producción, dadas las características de cada región, la disponibilidad de recursos y los hábitos o tradiciones, estos sistemas van desde los altamente tecnificados que mantienen a los animales en completa estabulación sobre pisos elevados, hasta los trashumantes que se mantienen en condiciones totalmente extensivas y no utilizan tecnología básica (Velez *et al.*, 2016).

A nivel nacional es estado de México concentra el 30% del inventario nacional, le siguen Hidalgo con el 25% y Veracruz con el 15%. También el ganado ovino se presenta como una excelente opción para su desarrollo en zonas áridas, pues se adapta con facilidad a estas condiciones (Cardenas-Villegas *et al.*, 2017).

Cuadro1. Población de ganado ovino en la región la región Lagunera y Laguna de Coahuila 2017-2019.

Estado/Delegación	2017	2018	2019
Coahuila	118,870	104,555	78,996
Región Lagunera	5,036	7,223	11,312
Laguna Coahuila	3,613	4,010	4,263

Modificada de SIAP, 2020.

### 2.3 Requerimientos de vitaminas en animales

Además de la energía, proteínas y minerales se encuentra las vitaminas, entre las que encontramos la A, D, E, B, K, C, y otras. 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 vitamina B12. 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. Aportes dietarios de Vit-A pueden ser importantes cuando se presentan sequías prolongadas (mayores a 6 meses) y las reservas hepáticas de retinol del animal no logran suplir el déficit. La carencia de Vit-A provoca disfunciones en la visión y afecta la actividad de los epitelios gonadales, afectando la reproducción de los ovinos (Romero y Bravo, 2012).

Los forrajes y los henos verdes son fuentes excelentes de casi todas las vitaminas (principalmente aportan vitaminas A, E y K), algunos ejemplos son: la alfalfa y henos verdes. Además, vitaminas y minerales pueden ser administrados a los animales en épocas estratégicas, por ejemplo, vitaminas antes del parto, sales minerales antes y durante el encaste, entre otros (Romero y Bravo, 2012). La Vit-D es sintetizada en la piel, siempre que los animales estén expuestos a suficiente luz solar. En el caso del cobalto (Co), este es un mineral esencial para la síntesis de vitamina B12 (Vit-B12) por los microorganismos del rumen. La deficiencia de cobalto se manifiesta a través de la deficiencia de Vit-B12, teniendo como resultado de la perturbación en el metabolismo de energía en animales jóvenes que conduce a la reducción del crecimiento (Underwood, 2002).

Repasamos el papel del cobalto y la vitamina B12 en los animales, especialmente en los rumiantes. La vitamina B12 es una parte esencial de los sistemas enzimáticos involucrados en múltiples reacciones metabólicas y principalmente en la formación de energía a partir de la fermentación ruminal (González-Montaña *et al.*, 2020).

## **2.4. Vitaminas y la reproducción del macho**

### **2.4.1 Vitamina A**

La vitamina A (retinol) se obtiene de la dieta en forma de éster de retinilo o carotenoide. El requerimiento de Vit-A en la reproducción se reconoció por primera vez a principios de la década de 1900´ s, y poco después se dio a conocer su importancia sobre los ojos y desarrollo embrionario (Clagett-Dame y DeLuca, 2002; Clagett-Dame y Knutson, 2011).

La Vit-A también es esencial para el mantenimiento del tracto genital del macho y la espermatogénesis. Estudios recientes muestran que la Vit-A participa en un mecanismo de señalización para iniciar la meiosis en la gónada de la hembra durante la embriogénesis. Trabajos posteriores mostraron que en los testículos de rata con una severa deficiencia de Vit-A (VAD, por sus siglas en inglés) permanecen espermatogonias indiferenciadas, células de Sertoli y un pequeño número de espermatoцитos preleptoteno, mientras que, en el ratón, la espermatogénesis se detiene en la etapa de espermatogonias. Tras la adición de Vit-A, se puede restablecer la espermatogénesis estimulando la diferenciación espermatogonia A-A1 de forma sincronizada (Clagett-Dame y Knutson, 2011).

### **2.4.1 Vitamina E**

La investigación sobre los efectos de la Vit-E sobre la reproducción en animales machos se ha centrado en la espermatogénesis y la calidad del semen. Hay pocos datos sobre los efectos de la Vit-E en el inicio de la pubertad y la libido del macho (Liu *et al.*, 2014). La Vit-E juega un papel importante en el manejo del estrés oxidativo. Los espermatozoides están sujetos a daño oxidativo debido a la alta tasa metabólica y la alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados en sus membranas (Liu *et al.*, 2014). Además, se ha sugerido que la Vit-E tiene un papel especial en la utilización del oxígeno a nivel celular o como parte de los sistemas enzimáticos respiratorios de las células (Yue *et al.*, 2010).

Por estas razones, el estado de Vit-E es importante para la eficiencia reproductiva tanto en machos como hembras y en la supervivencia de corderos y destetados (Liu *et al.*, 2014). La suplementación de Vit-E, ya sea en dosis oral o inyectada, a los carneros en dos experimentos dio como resultado una mejor

calidad del semen, incluido un aumento del volumen de eyaculación, concentración de espermatozoides y motilidad (Yue *et al.*, 2010; Mahmoud *et al.*, 2013). El número de espermatozoides muertos y anormales se redujo en el experimento en el que se examinó la morfología del espermatozoide (Mahmoud *et al.* 2013).

#### **2.4.2 Vitamina A, D y E**

La Vit-E y A desempeñan papeles esenciales. Entre ellos, el más importante, las funciones especializadas y sinérgicas, lo que da como resultado una secuencia de reacciones que convierten a las especies reactivas de oxígeno (ROS) y especies reactivas de nitrógeno (RNS) en metabolitos inofensivos (Yue *et al.*, 2010).

Las consecuencias del desequilibrio en microminerales y vitaminas. son bastante diferentes a los de un desequilibrio en macrominerales. Mientras que el desequilibrio macromineral cambia la absorción y la utilización de elementos individuales, Se, Mn, Zn, Cu, S, Vit-E y Vit-A funcionan sinérgicamente dentro de una serie de vías bioquímicas esenciales para el manejo de las ROS y RNS. Las ROS son especies químicas reactivas que contienen oxígeno. Ejemplos incluyen peróxidos, superóxido, radical hidroxilo y oxígeno singlete. Las especies reactivas de nitrógeno (RNS) son una familia de moléculas derivado de óxido nítrico y superóxido (Liu *et al.*, 2014).

La vitamina D (Vit-D), es considerada más que una vitamina, una prohormona, a la cual se le atribuye múltiples e importantes funciones que van más allá de la homeostasis cálcica (Boisen *et al.*, 2018). La función principal de la Vit-D es el mantenimiento de la salud esquelética mediante la regulación de los procesos de absorción intestinal y excreción renal de calcio y fósforo, formación de hueso y movilización de minerales. Sin embargo, en las últimas décadas, numerosos estudios han informado que la deficiencia de Vit-D está asociada con muchos problemas de salud no esqueléticos, como enfermedades autoinmunes, hipertensión y cáncer. La presencia de Vit-D receptores en el tracto reproductivo de mujeres y hembras de otras especies, como ovejas, cabra, ratón y rata y en

los tractos reproductivos de machos ovinos indica que la Vit-D puede influir en el rendimiento reproductivo (Zhou *et al.*, 2018).

Yao *et al.* (2018) muestran que los diversos patrones de expresión del receptor de Vit-D (VDR, por sus siglas en inglés) y las enzimas que metabolizan la Vit-D en el tracto reproductivo del carnero en diferentes etapas de desarrollo y los espermatozoides sugieren que desempeña un papel potencial en la espermatogénesis.

## **2.5 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).

Everitt (1990), sugirió que, en las ratas, las fases apetitiva 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 componentes separados, los cuales interactúan: el apetitivo, (CSA) o el componente motivacional (referente a la estimulación sexual), que dirige a los machos a la conductas de búsqueda que consiste en el acercarse a las hembras receptivas; y el consumatorio (CSC) o componente eyaculatorio (referente al desempeño sexual), en el cual el macho hace realiza el contacto sexual que se traduce en forma de montas, penetraciones y eyaculaciones.

Las señales sensoriales que inician con el acto reproductivo (cortejo) pueden activar de manera simultánea varias respuestas relativamente simples a través del eje Hipotálamo- Hipófisis- Gónada (HHG), y a través de respuestas binarias o ternarias relativamente complejas, junto a procesos límbicos (sensoriales, complejos y cognitivos) (Fabres y Nys, 2002). Estas señales son necesarias para el completo desempeño de los componentes del comportamiento reproductivo apetitivo y consumatorio (Calderón-Leyva *et al.*, 2018). El hecho de que estos componentes puedan ser seccionados sobre las bases de la respuesta

hormonal, indica que existen mecanismos importantes discriminatorios los cuales pueden revelar técnicas de orden central y periférico (Hawken y Martin, 2012).

## **2.6 Efecto de la bioestimulación sexual en ovinos**

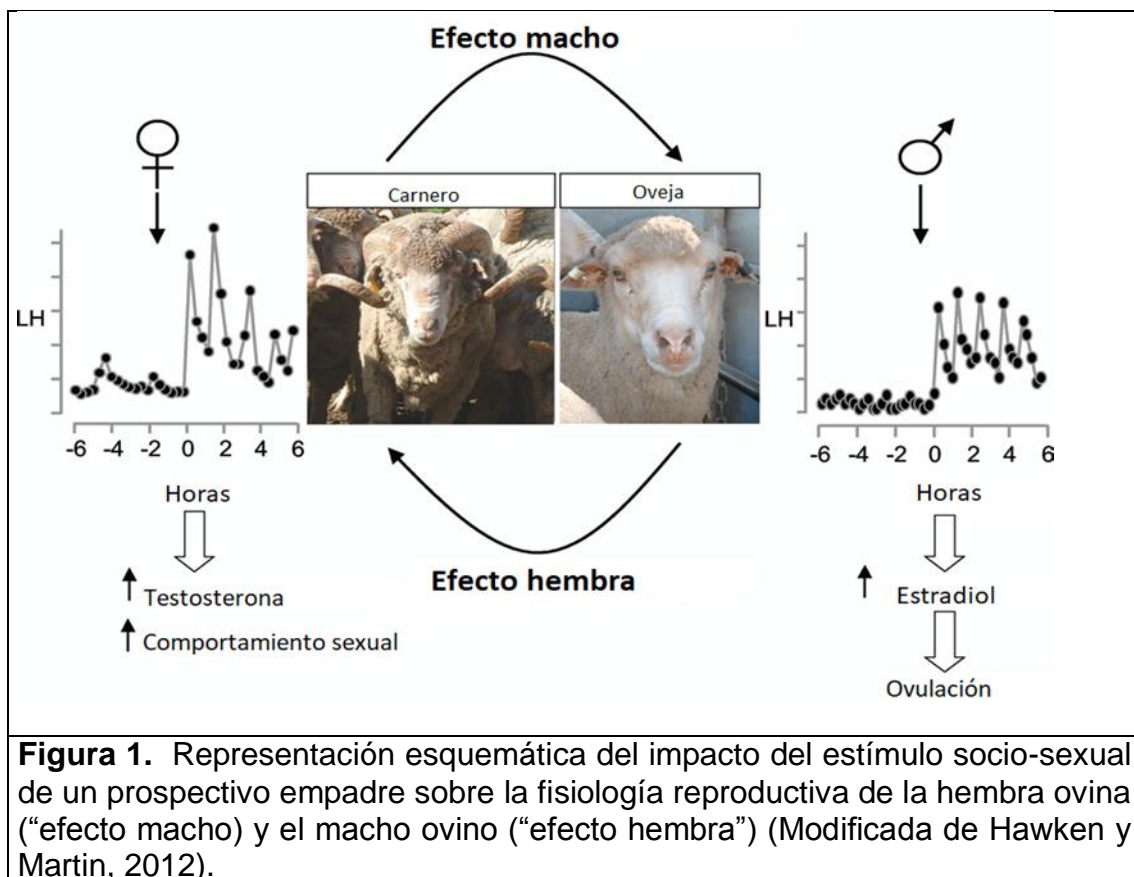
La bioestimulación refiere a los efectos estimativos de un macho o una hembra para la activación fisiológica reproductiva causados entre individuos. En este fenómeno están implicadas señales como las feromonas. Estas feromonas son mensajeros químicos orgánicos secretados por las glándulas exocrinas. Son parte muy importante en la reproducción animal ya que juegan un papel en la preservación de las especies por su interacción en el proceso de bioestimulación sexual (Hawken y Martin, 2012; Álvarez y Zarco *et al.*, 2001).

### **2.6.1 Efecto macho**

El “efecto macho” fue reportado por primera vez en el ganado ovino en la década de 1940 y describe la capacidad del macho para aumentar la secreción de hormonas reproductivas y de inducir la ovulación (Hawken y Martin, 2012). Las ovejas no presentan estró durante el anestro estacional, el anestro prepuberal, el postparto y la gestación (en este periodo no se puede hacer nada). El “efecto macho” puede, por ejemplo, utilizarse para manejar el restablecimiento de la actividad reproductiva durante los periodos de anestro (estacional y postparto) e inducir la ovulación en hembras prepúberes, y consiste en la introducción repentina de machos, lo cual provoca la ovulación (Álvarez y Zarco, 2001, Hawken *et al.*, 2007). Un concepto clave es inducir la ovulación de manera sincronizada, ya que esto facilita la inseminación artificial (Hawken *et al.*, 2007). Cuando las cabras se encuentran en anestro estacional, se puede inducir y sincronizar a su actividad sexual mediante la introducción de un macho sexualmente activo a lo cual se le denomina “efecto macho”. Sin embargo, para que se pueda inducir la actividad sexual de las hembras, los machos deben mostrar un 80% de su comportamiento sexual (Veliz *et al.*, 2006).

### 2.6.2 Efecto hembra

La presencia de hembras generalmente promueve el nivel de la actividad sexual y aumenta las concentraciones de la LH y testosterona. Estos efectos son mediados para ser más pronunciados durante el anestro estacional y cuando las hembras son introducidas (Rosa y Bryant, 2002). Al igual que las hembras son estimuladas en el “efecto macho”, los machos cabríos también pueden ser estimulados por la presencia de hembras en estro para que a su vez estimulen a otras hembras en anestro. Este proceso se le denomina “efecto hembra indirecto” (Álvarez y Zarco, 2001; Hawken y Martin, 2012). La exposición de machos sexualmente inactivos a las cabras en estro es una forma barata, práctica y eficaz para inducir la actividad sexual en machos, que posteriormente desencadena la actividad de reproductiva de cabras en anestro (Veliz *et al.*, 2006).



### 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/38111-425501002-2706.

#### 3.2 Localización del estudio y manejo de los animales

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

Se utilizaron 10 carneros adultos de la raza Dorper con fertilidad probada (utilizados en monta natural) y homogéneos en cuanto a peso vivo (PV;  $61.3 \pm 2.1$  kg) y condición corporal (CC;  $2.6 \pm 0.2$  unidades). Durante el periodo experimental, los carneros fueron alimentados dos veces al día (1000 y 1800 h) con sobran de ganado lechero (17% PC y 1.5% E M), y tuvieron sales minerales y agua a libre acceso en base a sus requerimientos nutricionales (NRC, 2007). Los machos tuvieron un periodo de adaptación de 2 semanas previas a la investigación.

#### 3.3 Tratamiento de los machos

Se utilizaron 10 carneros adultos de la raza Dorper, los cuales fueron distribuidos en 2 grupos: un primer grupo (Tratado; n=5) recibió 1mL por cada 50 kg de PV (Vitamina A 500,000 UI, Vitamina D 75,000 UI., Vitamina E 50 mg), mientras que el segundo grupo (Control; n=5) se le aplicó .5 mL de solución salina fisiológica. Ambos tratamientos fueron aplicados cada tercer día durante 4 semanas.



### **3.4 Variables evaluadas**

#### **3.4.1 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-Castrejon *et al.*, 2007).

### **3.5 Prueba de comportamiento sexual**

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

#### **3.5.1 Análisis estadístico**

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de CE fueron comparadas usando una prueba de t. Student y el número de frecuencias se comparó por medio de una Chi-2. 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

El porcentaje del comportamiento sexual (CSC y CSA) de los grupos experimentales se muestran en la Tabla 1. No se encontró diferencia en el CSA para ambos grupos ( $P>0.05$ ). Sin embargo, se encontró un mayor número de pataleos en el GT con respecto al GC (99 vs 9,  $P<0.05$ ; respectivamente). Por otra parte, el CSC mostro diferencia estadística (74 % vs 26%;  $P<0.05$ ) para el GT y GC, respectivamente. Además, al comparar la suma total del número total de frecuencias para el CSA y el CSC el GT mostro un mayor número de frecuencias (338 vs 210;  $p<0,05$ ) para el GT y GC, respectivamente. Los resultados de la CE se ambos grupos experimentales se muestran en el Figura 1. El promedio general de la CE para ambos grupos fue de  $32.8\pm 0.7$  no mostrando diferencia estadística ( $P>0.05$ ).

Tabla 1. Frecuencias de comportamiento sexual [ (Apetitivo (CSA), consumatorio (CSC) de carneros de la raza Dorper (n= 10) tratados con vitamina ADE (GT) y solución salina (GC) durante los meses de octubre-noviembre (26° LN).

Carneros (n)	<u>GT</u>	<u>GC</u>	Valor de <i>P</i>
	(5)	(5)	
Apetitivo (%)	61	39	0.111
Olfateo anogenital (n)	61	50	0.729
Aproximación (n)	61	47	0.340
Pataleos (n)	99	9	0.000
Vocalización (n)	20	36	0.127
Desenvaine (n)	50	42	0.555
Flehmen (n)	0	3	0.157
Consumatorio (%)	74	26	0.000
Intentos de monta	3	5	0.614
Montas con penetración	1	1	1.000
Montas con desenvaine	28	5	0.003
Montas con eyaculación	15	12	0.683

Total CSA y CSC (n)	338	210	0.000
---------------------	-----	-----	-------

\* Prueba de comportamiento sexual que fue realizada durante 15 min y que consistió en poner en contacto cada macho con una hembra en estro bajo condiciones de fotoperiodo natural.

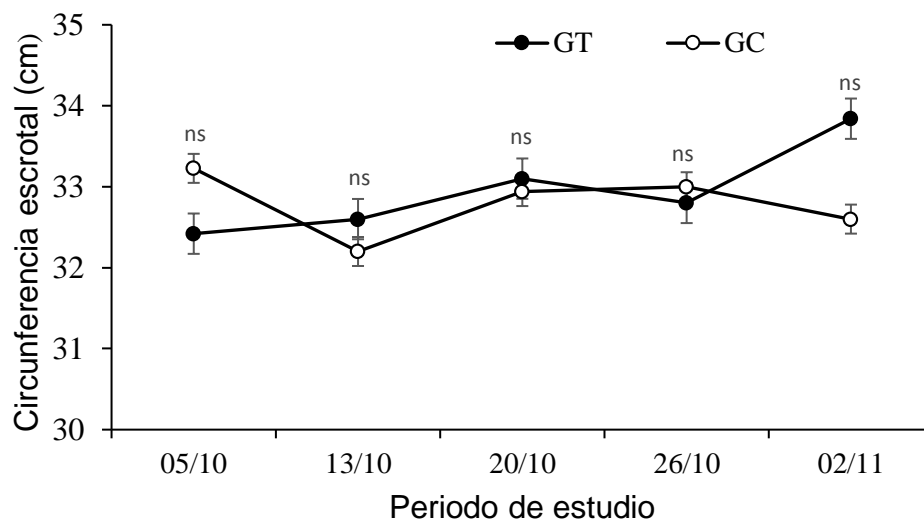


Figura 1. Promedio ( $\pm$  EEM) para circunferencia escrotal de carneros Dorper tratados con vitamina A, D y E (1mg de Se +75UI UI de vitamina E/kg) o no tratados (Control) por un periodo de 28 días en condiciones de fotoperiodo natural (octubre-noviembre) en el norte de México (26° LN). ns= No significativo ( $P > 0.05$ ).

## V. DISCUSIÓN

En este estudio el tratamiento por 28 días con Vitamina A, D y E estimulo un mayor comportamiento sexual (CSC) en los carneros del GT. En efecto, resultados en machos de la raza Awassi tratados con Vit-E 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 (Talib Ali *et al.*, 2009). Nuestros resultados encontrados en cuanto al CSC en el GT, puede relacionarse con una mayor secreción de testosterona (T4) en los machos del GT, ya que la T4 juega un papel importante sobre el comportamiento sexual y espermatogénesis en macho (Jensen, 2012 y 2014; Yue *et al.* 2010; Mahmoud *et al.* 2013). Lo anterior, puede reflejarse en nuestros resultados encontrados en el GT al mostrar un mayor número de montas con desenvaine y montas con eyaculación, al igual que la suma total del CSC y CSC.

Cabe mencionar que a pesar de que en este estudio no se determinó los niveles de testosterona, existen estudios que sugieren que existe una interacción compleja entre la Vit-D y los huesos y la función gonadal-pituitaria en el hombre (Kim y Schlegel, 2008; Hwang *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2012). Por otro lado, este proceso de espermatogénesis continuo 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 estimulante del folículo y la testosterona inducen el proceso de espermatogénesis (Toocheck *et al.*, 2016). Además, la Vit-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).

Estudios han demostrado que la hormona polipeptídica osteocalcina, además de sus propiedades endocrinas juega un papel regulador de la homeostasis energética y favorece la fertilidad en el hombre, lo cual lo hace promoviendo la síntesis de T4 por las células de Leydig, hormona esteroidea que se requiere para muchos aspectos en la función testicular (Jensen, 2012; Huang *et al.*, 2015). En este sentido las hormonas sexuales regulan la absorción de calcio y este se

relaciona con producción de estrógenos como la osteocalcina que estimula la producción de testosterona en humanos (Jensen, 2012). Lo anterior, es probable que se relacione con nuestros resultados encontrados en los machos tratados con la Vit-A, D y E, ya que se ha demostrado que la Vit-D juega un papel reproductivo importante debido a que existen receptores de Vit-D en los testículo, tracto reproductivo y espermatozoides en el hombre (Jensen, 2014). Lo anterior, está de acuerdo con resultados encontrados en carneros de la raza Awassi que indican que los tratamientos ya sea solo con Vit-E o en combinación con Se mejoraron las características del semen y el rendimiento reproductivo de estos machos (Talib Ali *et al.*, 2009).

En contraste, resultados han demostrado que una deficiencia de Vit-A nos lleva a una disminución sobre las espermatogonias, células de Sertoli y número de espermatocitos. mientras que, en el ratón, la espermatogénesis se detiene en la etapa de espermatogonias. Sin embargo, tras la adición de Vit-A, se puede restablecer la espermatogénesis estimulando la diferenciación espermatogonias en humanos (Clagett-Dame y Knutson, 2011).

Por otro lado, diversas investigaciones se han centrado solo en los efectos de la Vit-A (Clagett-Dame y Knutson, 2011) y Vit-E (Liu *et al.*, 2014; Talib Ali *et al.*, 2017) solo sobre los aspectos reproductivos como la espermatogénesis y la calidad seminal el macho. En efecto, estudios demuestran que la suplementación de Vit- E, ya sea en dosis oral o inyectada, en carneros en dos experimentos aumento la calidad del seminal y volumen de eyaculado, concentración motilidad espermática (Yue *et al.* 2010; Mahmoud *et al.* 2013), por otro lado, existen pocos estudios respecto al efecto de la Vit-E sobre la libido en el macho (Liu *et al.*, 2014).

Respecto a la Vit-D varios mencionan que hay una interacción compleja entre los huesos, la función gonadal-pituitaria en el macho (Fukumoto y Martin, 2009; Hwang *et al.*, 2011; Oury *et al.* 2011). En efecto las hormonas sexuales regulan la absorción de calcio, producción de estrógenos como la osteocalcina que estimula la producción de testosterona (Jensen, 2012). Lo anterior, puede ser debido a la presencia de receptores a Vit-D en el tracto reproductivo (ovejas, cabra, ratón y rata) y específicamente en el tracto reproductivo machos ovinos indica que la Vit-D puede influir en el rendimiento reproductivo (Zhou *et al.*, 2018).

Los resultados en cuanto a la CE no mostraron diferencias en ambos grupos, sin embargo, el tejido testicular y los espermatozoides presentan un alto contenido de minerales y vitaminas, por lo cual se aumentan los requerimientos de estos durante el periodo reproductivo. Asimismo, el Se, en asociación con la Vit- E, están estrechamente relacionados con la fertilidad en el macho. Por otra parte, la deficiencia de Vit-A provoca la degeneración de tejido testicular, lo que da lugar a una reducción de la espermatogénesis. Si esta deficiencia es muy severa, se imposibilita la reproducción (Martinez y Carvajal, 2018). Lo que nos lleva a una disminución sobre las espermatogonias, células de Sertoli y número de espermatozoides, mientras que, en el ratón, la espermatogénesis se detiene en la etapa de espermatogonias. Por lo contrario, si se suplementa la Vit-A se puede restablecer la espermatogénesis en el hombre, lo que demuestra que la Vit-A es esencial para la espermatogénesis y el tracto genital en el hombre (Clagett-Dame y Knutson, 2011). Mientras que estas vitaminas ya sea solas o combinadas con otras vitaminas y minerales son esenciales para el comportamiento reproductivo, libido y espermatogénesis (Talib Ali *et al.*, 2009) tanto en humanos (Clagett-Dame y Knutson, 2011), como en animales (Talib Ali *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2014; Zhou *et al.*, 2018).

## **VI. CONCLUSIONES**

Los resultados del presente estudio muestran un efecto positivo del tratamiento con Vitamina A, D y E sobre el comportamiento sexual consumatorio. Lo anterior, puede ser una alternativa potencial y efectiva para estimular el comportamiento sexual en carneros de la raza Dorper que se puede reflejar en un mejor desempeño reproductivo de los machos tratados.

## VII. LITERATURA CITADA

- Aguilar-Martínez, C. U., Berruecos-Villalobos, J. M., Espinoza-Gutiérrez, B., Segura-Correa, J. C., Valencia-Méndez, J., y Roldán-Roldán, A. (2017). Origen, historia y situación actual de la oveja pelibuey en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20(3), 429-439.
- Álvarez y Zarco, (2001). Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Ciencia Veterinaria México*. 32 (2): 117-129.
- Boisen, I. M., Hansen, L. B., Mortensen, L. J., y Jensen, M. B. (2018). Vitamin D, reproductive biology, and dysfunction in men. In *Vitamin D* (pp. 797-824). Academic Press.
- Borja, F., y Fabre-Nys, C. (2012). Brain structures involved in the sexual behaviour of Ile de France rams with different sexual preferences and levels of sexual activity. *Behavioural brain research*, 226(2), 411-419.
- Brown, B. W. (1994). A review of nutritional influences on reproduction in boars, bulls and rams. *Reproduction Nutrition Development*, 34(2), 89-114.
- Calderón-Leyva, G., Meza-Herrera, C. A., Rodríguez-Martínez, R., Ángel-García, O., Rivas-Muñoz, R., Delgado-Bermejo, J. V., y Véliz-Deras, F. G. (2019). Effect of glutamate and/or testosterone administration on appetitive and consummatory sexual behaviors in pubertal rams and their influence on the reproductive performance of nulliparous anovulatory ewes. *Journal of Veterinary Behavior*, 30, 96-102.
- Clagett-Dame, M., y 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., y 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., y 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., y 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.
- Everitt, B. J. (1990). Sexual motivation: a neural and behavioural analysis of the mechanisms underlying appetitive and copulatory responses of male rats. *Neuroscience y Biobehavioral Reviews*, 14(2), 217-232.
- Fabre-Nys, C. (2000). Le comportement sexuel des caprins: contrôle hormonal et facteurs sociaux.
- 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.
- Fukumoto, S., y Martin, T. J. (2009). Bone as an endocrine organ. *Trends in Endocrinology y Metabolism*, 20(5), 230-236.
- Garnier, J. P. (2010). Análisis del mercado mundial de la carne de ovino. *Eurocarne*, 184, 115-122.
- González-Montaña, J. R., Escalera-Valente, F., Alonso, A. J., Lomillos, J. M., Robles, R., y Alonso, M. E. (2020). Relationship between Vitamin B12 and Cobalt Metabolism in Domestic Ruminant: An Update. *Animals*, 10(10), 1855.
- Handel, I., Watt, K. A., Pilkington, J. G., Pemberton, J. M., Macrae, A., Scott, P., ... y Mellanby, R. J. (2016). Vitamin D status predicts reproductive fitness in a wild sheep population. *Scientific reports*, 6(1), 1-11.
- Hawken, P. A. R., y Martin, G. B. (2012). Sociosexual stimuli and gonadotropin-releasing hormone/luteinizing hormone secretion in sheep and goats. *Domestic animal endocrinology*, 43(2), 85-94.

- Hawken, P. A. R., Beard, A. P., Esmaili, T., Kadokawa, H., Evans, A. C. O., Blache, D., y Martin, G. B. (2007). The introduction of rams induces an increase in pulsatile LH secretion in cyclic ewes during the breeding season. *Theriogenology*, 68(1), 56-66.
- 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.
- Huasng, Y., Jin, H., Chen, J., Jiang, X., Li, P., Ren, Y., y Lv, L. (2015). Effect of Vitamin D on basal and Luteinizing Hormone (LH) induced testosterone production and mitochondrial dehydrogenase activity in cultured Leydig cells from immature and mature rams. *Animal reproduction science*, 158, 109-114.
- Hwang, K., Walters, R. C., y Lipshultz, L. I. (2011). Contemporary concepts in the evaluation and management of male infertility. *Nature Reviews Urology*, 8(2), 86.
- Jing, Y., Han, J., Blench, R. 2008. Livestock in ancient China: an archaeozoological perspective. In: Sánchez-Mazas, A., Blench, R., Ross, M.D., Peiros, I., Lin, M. (eds). Past migrations in East Africa: matching archaeology, linguistics and genetics. Taylor and Francis. London. 427–442.
- Jensen, M. B. (2012). Vitamin D metabolism, sex hormones, and male reproductive function. *Reproduction*, 144(2), 135-152.
- Jensen, M. B. (2014). Vitamin D and male reproduction. *Nature Reviews Endocrinology*, 10(3), 175.
- Kim, H. H., y Schlegel, P. N. (2008). Endocrine manipulation in male infertility. *Urologic Clinics of North America*, 35(2), 303-318.
- Liu, S., Masters, D., Ferguson, M., y 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., y 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.
- Martinez, M. E., y Carvajal, A. (2018). Importancia de la alimentación en la eficiencia reproductiva de machos ovinos. *Informativo INIA Remehue*.
- 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.
- Muigai, A. W., y 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.
- Okamura, H., y Mori, Y. (2005). Characterization of the primer pheromone molecules responsible for the 'male effect' in ruminant species. *Chemical senses*, 30(suppl\_1), i140-i141.
- Oury, F., Sumara, G., Sumara, O., Ferron, M., Chang, H., Smith, C. E., y Karsenty, G. (2011). Endocrine regulation of male fertility by the skeleton. *Cell*, 144(5), 796-809.
- Perkins, A., Fitzgerald, J. A., y Price, E. O. (1992). Luteinizing hormone and testosterone response of sexually active and inactive rams. *Journal of animal science*, 70(7), 2086-2093.
- Romero, O., y Bravo, S. (2012). Alimentación y nutrición en los ovinos. Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Rosa, H. J. D., y Bryant, M. J. (2002). The 'ram effect' as a way of modifying the reproductive activity in the ewe. *Small ruminant research*, 45(1), 1-16.

- Scherf, B. D., y Pilling, D. (2015). The second report on the state of the world's animal genetic resources for food and agriculture.
- 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., y Lewis, S. E. (2011). Relationships between human sperm protamines, DNA damage and assisted reproduction outcomes. *Reproductive biomedicine online*, 23(6), 724-734.
- Talib Ali, A. B., Bomboi, G., y 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.
- Toocheck, C., Clister, T., Shupe, J., Crum, C., Ravindranathan, P., Lee, T. K., ... y Walker, W. H. (2016). Mouse spermatogenesis requires classical and nonclassical testosterone signaling. *Biology of Reproduction*, 94(1), 11-1.
- Underwood, E.J.; Suttle, N.F. Los Minerales en la Alimentación del Ganado, 3rd. version; Acribia: Zaragoza, Spain, 2002.
- Vélez, A., Espinosa, J. A., De la Cruz, L., Rangel, J., Espinoza, I., y Barba, C. (2016). Caracterización de la producción de ovino de carne del estado de Hidalgo, Mexico. *Archivos de zootecnia*, 65(251), 425-428.
- Véliz, F. G., Poindron, P., Malpoux, B., & Delgadillo, J. A. (2006). Positive correlation between the body weight of anestrus goats and their response to the male effect with sexually active bucks. *Reproduction Nutrition Development*, 46(6), 657-661.
- Wilson, R.T. 1991. Small ruminant production and the small ruminant resource in tropical Africa. Animal production and health paper No. 88. Rome: FAO.
- Yang, B., Sun, H., Wan, Y., Wang, H., Qin, W., Yang, L., ... y 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., ... y 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.

Yatoo, M. I., Saxena, A., Deepa, P. M., Habeab, B. P., Devi, S., Jatav, R. S., y Dimri, U. (2013). Role of trace elements in animals: a review. *Veterinary world*, 6(12), 963.

Yue, D., Yan, L., Luo, H., Xu, X., y Jin, X. (2010). Effect of Vitamin E supplementation on semen quality and the testicular cell membranal and mitochondrial antioxidant abilities in Aohan fine-wool sheep. *Animal Reproduction Science*, 118(2-4), 217-222.

Yunsang, C., y Wanxi, Y. (2011). Functions of essential nutrition for high quality spermatogenesis. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 2011.

Zeder, M. A. (2008). Domestication and early agriculture in the Mediterranean Basin: Origins, diffusion, and impact. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, 105(33), 11597-11604.

Zhou, P., Hu, J., Xi, P., Zhang, N., Yang, B., Zheng, J., y Wang, X. (2017). Survey on the levels of 25-hydroxy vitamin D and bone metabolic markers and evaluation of their correlations with osteoporosis in perimenopausal woman in Xi'an region. *PloS one*, 12(7), e0180366.

Zhou, P., McEvoy, T. G., Gill, A. C., Lambe, N. R., Morgan-Davies, C. R., Hurst, E., ... y Mellanby, R. J. (2019). Investigation of relationship between vitamin D status and reproductive fitness in Scottish hill sheep. *Scientific reports*, 9(1), 1-10.