

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



LOS MACHOS CABRÍOS CON CONDICIÓN CORPORAL ALTA EXPRESAN  
MAYOR COMPORTAMIENTO SEXUAL

Tesis

Que presenta EFRÉN CRUZ OSORIO

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

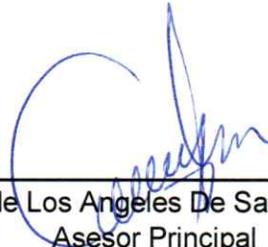
Torreón, Coahuila

Junio 2020

LOS MACHOS CABRÍOS CON CONDICIÓN CORPORAL ALTA EXPRESAN  
MAYOR COMPORTAMIENTO SEXUAL

**Tesis**

Elaborada por EFRÉN CRUZ OSORIO como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Ma. de Los Angeles De Santiago Miramontes  
Asesor Principal



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Asesor



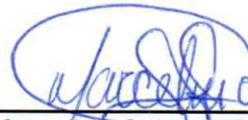
Dr. Oscar Ángel García  
Asesor



Dra. Viridiana Contreras Villarreal  
Asesor



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Jefe de Departamento de Postgrado



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Subdirector de Postgrado

## **Agradecimientos**

Primeramente, a Dios por brindarme salud y permitirme alcanzar mis metas.

A mi asesora principal, Dra. Ma. de los Ángeles De Santiago Miramontes, por su apoyo, motivación y enseñanzas en la culminación de esta tesis.

A mi comité de asesores: Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán, Dra. Viridiana Contreras Villarreal y Dr. Óscar Ángel García por su apoyo en la revisión de esta tesis.

A la Dra. Guadalupe Calderón, por su valiosa ayuda en la realización de esta tesis.

Al Fondo Sectorial en Investigación en Materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos (SAGARPA-CONACyT): 2017-4-291691, el cual contribuyó de gran manera a la generación de la mayor parte de la información presentada en este documento.

Al CONACYT por la beca otorgada a los estudiantes de maestría.

A los caprinocultores, Horacio Hernández Sifuentes, Leonardo Jiménez Picazo, Dionisio Domínguez Ramírez y Claudia Borjas González.

Al MVZ Anatolio Díaz Antonio por su valioso apoyo en el trabajo de campo.

## **Dedicatorias**

Quiero dedicar este logro principalmente a mi compañera y ayuda incondicional, quien no me ha dejado solo aun en los momentos más difíciles, por motivarme e impulsarme a ser cada día mejor persona y profesionista, a Jessica Paola Orozco Bobadilla.

A mi hija, Zyanya Cruz Orozco, quien es mi motivación principal y su llegada ha sido una enorme bendición.

A mis padres, Josefa Osorio Cruz y Plácido Cruz García, por darme las facilidades y su apoyo en mi formación como profesionista.

## Índice General

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- Hipótesis.....	4
4.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Endocrinología de la reproducción del macho cabrío.....	8
Estacionalidad.....	11
Interacciones socio-sexuales.....	13
Factores que influyen en la reproducción del macho cabrío.....	15
Niveles nutricionales.....	15
Interacción nutrición reproducción.....	17
Condición corporal y comportamiento sexual.....	19
5.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
Ubicación, condiciones medioambientales y de los pastizales.....	21
Animales y tratamientos experimentales.....	21
Variables evaluadas.....	22
Pruebas de comportamiento sexual.....	23
Análisis estadístico.....	23
6.- RESULTADOS.....	24

7.- DISCUSIÓN.....	29
8.-CONCLUSIÓN.....	33
9.- LITERATURA CITADA .....	34

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Eje Hipotalamo-Hipofisis-Gonadal (Tortora y Derrickson, 2009).....	10
<b>Figura 2.</b> Comportamiento de la testosterona en las diferentes estaciones del año, en caprinos de la Comarca Lagunera (Chemineau <i>et al.</i> , 1993).....	13
<b>Figura 3.</b> Medias de mínimos cuadrados ( $\pm$ eeem) de los registros de peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal e intensidad de olor de machos cabríos alimentados bajo condiciones de pastoreo con condición corporal alta y baja (GA y GB, respectivamente). <sup>a,b,c,d,e,f</sup> Literales diferentes muestran diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ). .....	25
<b>Figura 4.</b> Medias de mínimos cuadrados ( $\pm$ eeem) de los niveles de glucosa sanguínea en machos cabríos alimentados bajo condiciones de pastoreo con diferente condición corporal alta y baja (GA y GB, respectivamente). <sup>a,b,c,d,e,f</sup> Literales diferentes muestran diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ). .....	28

## Índice de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Efectos androgénicos y anabólicos de la testosterona (Plumb <i>et al.</i> , 2008).....	11
<b>Cuadro 2.</b> Vegetación nativa consumida por caprinos en la Región Lagunera durante los primeros meses del año (Castrejón <i>et al.</i> , 2012; Murillo Ortiz <i>et al.</i> , 2014).....	16
<b>Cuadro 3.</b> Frecuencia de las conductas de realizadas de comportamiento sexual apetitivo (CSA) y consumatorio (CSC) de machos cabríos con condición corporal alta y baja (GA y GB, respectivamente).....	27

## RESUMEN

### Los Machos cabríos con condición corporal alta expresan mayor comportamiento sexual

Por:

Efrén Cruz Osorio

Para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria  
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Director de tesis: Dra. Ma. de los Ángeles De Santiago Miramontes

El objetivo del estudio fue evaluar si machos cabríos con condición corporal alta expresan un mayor desempeño reproductivo que los de condición corporal baja. Se formaron dos grupos **1) GA** (n=6), **2) GB** (n=6). GA recibió concentrado comercial y alfalfa mientras GB se alimentó exclusivamente del pastoreo. Semanalmente se registraron: Olor sexual (OS), Peso vivo (PV), Condición corporal (CC), Circunferencia escrotal (CE), Glucosa sanguínea (GS), y pruebas individuales de comportamiento sexual, dos días antes de finalizar el experimento. El GA mantuvo mayor CC que GB ( $P < 0.05$ ). El PV no mostró diferencia estadística ( $P > 0.05$ ) a pesar de que el GA incrementó 11.2 kg vs 2.6 del GB. La CE del GA se incrementó de 28-31 cm, y el GB se mantuvo alrededor de 26. El OS, fue más intenso en el GA ( $P < 0.001$ ). El nivel de GS fue mayor en el GA ( $P < 0.01$ ). Las conductas apetitivas y consumatorias fueron mayores en el GA (2691 vs 259; 142 vs 7 respectivamente;  $P < 0.0001$ ). Concluimos que los machos cabríos con condición corporal alta muestran mayor comportamiento y

parámetros reproductivos lo cual es esencial para inducir al estro y la ovulación en las hembras durante el empadres mediante el efecto macho.

**Palabras clave:** Machos cabríos, condición corporal, comportamiento sexual apetitivo y consumatorio.

## ABSTRACT

### **Male goats with high body condition express higher sexual behavior**

By:

Efrén Cruz Osorio

To obtain the degree of Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Thesis director: Dra. Ma. de los Ángeles De Santiago Miramontes

The aim of this study was to evaluate if male goats with a high body condition score (BCS) express more reproductive performance than those with a low BCS. Two groups were formed **1)** GA (n=6,) and **2)** GB (n=6). Besides grazing, GA were complemented with commercial concentrate and alfalfa hay, while GB was fed exclusively with grazing. Weekly were registered: sexual odor (SO), Live Weight (LW), Body Condition Score (BCS), Scrotum Circumference (SC), Blood Glucose level (BG), and individual behavior tests were performed two days before ending the research. During the study, GA maintained its higher BCS ( $P < 0.05$ ). The BW showed no statistical differences ( $P > 0.05$ ) even though the GA increased 11.2 KG vs 2.6 of GB. The SC of GA increased from 28 to 31 cm, and GB maintained an average of 26 cm. The SO was more intense in GA ( $P < 0.001$ ). Levels of BG was higher for GA ( $P < 0.01$ ). Appetitive and consummatory sexual behaviors were higher in GA (2691 vs 259; 142 vs 7 respectively;  $P < 0.0001$ ). We conclude that male goats with a high BCS show greater reproductive behavior and parameters,

which is essential to induce oestrus and ovulation in females during breeding by the male effect.

**Key Words:** Bucks, body condition score, appetitive and consummatory sexual behavior.

## 1.- INTRODUCCIÓN

En el norte de México la época de baja actividad sexual en los machos cabríos comprende de enero a mayo (Delgadillo *et al.*, 2008), el fotoperiodo influye en su reproducción, disminuyendo la actividad sexual y reproductiva durante el invierno y parte de la primavera (Delgadillo *et al.*, 2008; Bedos *et al.*, 2016). Los pulsos de LH y la testosterona se encuentran en niveles basales (0.03 ng/ml de plasma), así como la producción y la calidad espermática (Chemineau y Delgadillo, 1993). Esta disminución en el desempeño reproductivo coincide con un descenso en la cantidad y calidad en la vegetación de los pastizales, lo cual ocasiona una reducción del consumo de proteína cruda, provocando deficiencias nutricionales en los caprinos (Mellado y Hernández, 1996).

Numerosos estudios han demostrado que el nivel de nutrición desempeña un papel importante sobre la reproducción en los caprinos (Martin *et al.*, 2010). Un régimen de alimentación insuficiente repercute en los niveles séricos de glucosa, la cual es un importante regulador metabólico y de la función reproductiva, además, es esencial para el mantenimiento de la espermatogénesis (Alves *et al.*, 2013; Rato *et al.*, 2012). Cuando la glucosa se ve disminuida, provoca un balance energético negativo, desbalanceando importantes funciones metabólicas que impiden que el macho desempeñe su función reproductiva apropiadamente (Mellado y Hernández, 1996; Murillo-Ortiz *et al.*, 2014).

Los cambios en la nutrición alteran la masa testicular y se dan alteraciones en la cantidad de tejido seminífero y por lo tanto en la capacidad espermatogénica (Martin *et al.*, 2010). Además es destacable la importancia del comportamiento

sexual o libido, lo cual es esencial para el cortejo de la hembra (Fabre-Nys y Gelez, 2007). Ha sido documentado que la expresión del comportamiento sexual normal, se ve seriamente disminuido cuando existe una restricción alimenticia prolongada y severa que alcance una pérdida de hasta un 30 % de la masa corporal (Parker y Thwaites, 1972).

En esta latitud, bajo las condiciones medio-ambientales descritas y aunado a la estacionalidad reproductiva obliga a que se realice un solo empadre por año durante los meses de junio a septiembre (Chemineau *et al.*, 1992) lo cual repercute de manera negativa en las ganancias de los caprinocultores, debido a la escasa producción anual de leche (principal fuente de ingreso) y de cabrito, (Aréchiga *et al.*, 2008). Al respecto, se siguen buscando alternativas para mitigar este problema, algunas de ellas a través de tratamientos fotoperiódicos (Zarazaga *et al.*, 2019), planes alimenticios y hormonales (Luna-Orozco *et al.*, 2012; Ángel-García *et al.*, 2015) para lograr que los machos caprinos manifiesten actividad sexual y reproductiva con el objetivo de lograr dos empadres por año. Una opción es el uso de un tratamiento hormonal de corta duración con testosterona, el cual es accesible y de bajo costo.

En machos caprinos del norte de México, se ha validado un método que consiste en la aplicación intramuscular de Propionato de testosterona a dosis de 25 mg cada 48 horas, por un periodo de tres semanas, (De Santiago *et al.*, 2018; Valle-Moysén *et al.*, 2018) el cual ha demostrado resultados favorables en la estimulación sexual a contra-estación. Sin embargo, a pesar de la clara evidencia de los vínculos entre la nutrición y la endocrinología reproductiva, existe cierta

controversia sobre el efecto de la condición corporal en la expresión del comportamiento sexual de los machos cabríos, principalmente debido a los métodos o técnicas utilizados para evaluar la libido y la frecuencia de observaciones. Por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar si machos cabríos con condición corporal alta expresan un mayor desempeño del comportamiento sexual que los de condición corporal baja.

## **2.- Hipótesis**

Los machos cabríos con condición corporal alta mostrarían un mejor desempeño sexual que los machos cabríos con condición corporal baja

## **3.- Objetivo**

Evaluar si machos cabríos con condición corporal alta expresan un mayor desempeño del comportamiento sexual que los de condición corporal baja.

#### 4.- REVISIÓN DE LITERATURA

La población caprina en México, según datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2018, a nivel nacional cuenta con un total de 8,749,589 cabezas, de las cuales 410,453 pertenecen a la Región de la Comarca Lagunera (SIAP, 2018). En esta región como en muchas otras del mundo y especialmente en los países en desarrollo la mayoría de las cabras son explotadas en pastos, bajo sistemas extensivos tradicionales. Donde los propietarios se encuentran en áreas marginadas, zonas agrestes con baja capacidad vegetativa y desarrollan la crianza con muy escasos recursos y en donde inicialmente la producción de leche y carne están destinadas al autoconsumo familiar (Serrano, 2010; Dorantes *et al.*, 2012).

Dicho inventario de más de 8.7 millones de cabezas, producen 167.000 toneladas de leche (1,1% de la producción mundial) y 48.000 toneladas de carne (0,89% de la producción mundial). Este sector se concentra principalmente en las zonas áridas y semiáridas que corresponden al 60% del país, siendo los principales estados según sus censos: Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Guerrero, Coahuila, Zacatecas, Guanajuato y Michoacán. Los sistemas de producción se dividen por el principal producto obtenido, Cabrito (Cría lechal de 30 días con un promedio de peso de 10 kg en pie) en el norte y parte del centro de la república, Chivo cebado (Chivo de 40 a 45 kg) en el Pacífico y la región Mixteca, y producción de leche (que produce cabrito como subproducto) en La laguna, Centro y Bajío (De Asís, 2017).

Pittroff (2004), consignó la importancia mundial de la producción de cabras con base en tres aspectos principales: a) el potencial que tienen las cabras como un animal de doble propósito para disminuir la pobreza en el medio rural; b) el crecimiento de las poblaciones minoritarias en varios países que tienen fuerte preferencia por la carne y leche de cabra; y c) la creciente importancia de los pequeños rumiantes, especialmente cabras, en el manejo de la vegetación de países desarrollados. Además de que, en México según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, alrededor de 250 mil familias dependen de la caprinocultura.

La cabra es un animal doméstico con amplia distribución geográfica y numerosas ventajas que la posicionan en el mercado nacional e internacional. Dentro de los sistemas de producción en los que participa esta especie, los lácteos tienen gran importancia, y recientemente, los quesos en especial, han incrementado su estatus y precio en la preferencia de los consumidores (De Lucas y Arbiza, 2010). Otras de las características productivas que posicionan esta especie en el mercado son la calidad de su carne, fibra, pieles y pelo, así como la capacidad de conversión de alimentos en leche y la rusticidad para soportar ambientes desfavorables. Su leche, en comparación con la del bovino, posee un contenido menor de lactosa y contiene moléculas de grasa más digeribles, así como una mayor cantidad de sólidos totales. Estas características permiten que la leche de cabra y sus subproductos alcancen un alto precio a nivel mundial y la hacen más competitiva en el sector productivo (Sangerman- Jarquín, *et al.*, 2012).

El ganado caprino es considerado reproductor estacional de días cortos (Chemineau y Delgadillo, 1993), el comienzo y la duración de la temporada de cría dependen de varios factores, como la latitud, el clima, la raza, la etapa fisiológica, la presencia de macho en el hato, el sistema de reproducción y el fotoperíodo (Ungerfeld y Bielli, 2012). Una gran variedad de factores endógenos y exógenos como el fotoperíodo, el estado nutricional y las relaciones socio-sexuales, entre otros, influyen en la actividad reproductiva de los caprinos ejerciendo su efecto en menor o mayor medida en la capacidad reproductiva de estos animales (Álvarez y Zarco, 2001).

Los machos cabríos en pastizales áridos y semiáridos subsisten únicamente en la vegetación nativa a lo largo del año, lo que implica períodos alternados de escasez y abundancia de forraje. En estas circunstancias las reservas de energía y nutrientes en el cuerpo varían ampliamente entre los meses del año, lo que afecta su rendimiento reproductivo (Zarazaga *et al.*, 2009).

En los sistemas extensivos de caprinos en las zonas áridas y semiáridas del norte de México aún existen deficiencias en la producción rentable de cabras. Por lo que, para maximizar la rentabilidad de una explotación caprina bajo condiciones extensivas en zonas de escasa precipitación pluvial, es de suma importancia eficientar los costos de producción y aumentar la eficiencia de producción, lo cual está íntimamente ligado a la tasa reproductiva del hato, ya que el mejoramiento de la reproducción refleja un aumento en la producción (Mellado, 2008).

Los rumiantes consumen naturalmente material vegetal con alto contenido de fibra y lo convierten en un producto comercializable. Con la fermentación de fibra en el rumen, se obtienen energía y proteínas microbianas para mantenimiento, crecimiento, lactancia y reproducción. Sin embargo, los alimentos con alto contenido de fibra existentes en entornos semiáridos no aportan suficientes nutrientes para la producción rentable de cabras (Lu *et al.*, 2005).

Las demandas nutricionales de reproducción en los animales de pastoreo deben satisfacerse a partir de los pastos, sin embargo, su cantidad y calidad están determinadas por los patrones climáticos y pluviales. Para el manejo exitoso de los animales de granja en estas condiciones, los pastos existentes deben ser manejados eficientemente y aportar una alimentación suplementaria que debe ser dirigida a lograr el nivel óptimo de reproducción. Esto requiere una comprensión clara tanto de los requerimientos de nutrientes para la reproducción como de los mecanismos de aprovechamiento de los nutrientes en los diversos estatus fisiológicos de los animales (Boukhliq y Martin, 1997).

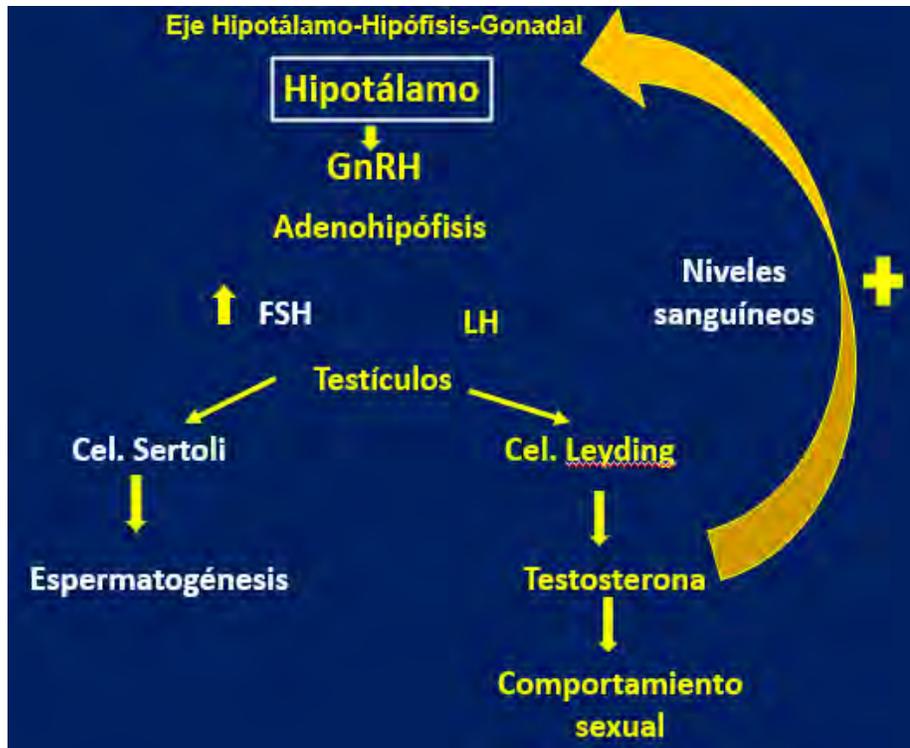
### **Endocrinología de la reproducción del macho cabrío**

Es de importancia resaltar la anatomía y fisiología del macho cabrío para comprender como funciona cada una de las estructuras comprometidas. La anatomía del aparato reproductor del macho está constituida por escroto testículos, epidídimo, conductos deferentes, glándulas accesorias prepucio y pene. Los testículos tienen dos funciones fundamentales: una exocrina (producción de espermatozoides) en las células de Sertoli, dentro de los túbulos

seminíferos y otra endocrina (síntesis de andrógenos) en las células de Leydig o células intersticiales, la testosterona tiene efectos masculinizantes y es la responsable de la libido o instinto sexual (Galina, 2006).

Existen dos ejes esenciales que controlan la actividad reproductiva: el sistema nervioso central (SNC) y el sistema endócrino. Hay una relación entre los órganos nerviosos superiores y las gónadas, en que dicha unión es conocida como el eje Hipotálamo-Hipofisiario-Gonadal. El Hipotálamo es una porción nerviosa del encéfalo el cual actúa en conjunción con el medio externo a través del sistema límbico, formado por el quiasma óptico y el bulbo olfatorio entre otras estructuras nerviosas, así mismo, el hipotálamo asume una serie de roles importantes en la reproducción en las especies estacionales destacándose la producción de la hormona reguladora de gonadotropinas (GnRH; Ruiz-Cervantes, 2004).

La liberación de las hormonas gonadotrópicas es estimulada por la hormona liberadora de gonatropinas (GnRH; sintetizada en el hipotálamo), y secretadas por la pituitaria anterior vía Eje hipotálamo-hipófisis (EHH). La GnRH y la hormona luteinizante (LH) son liberadas de manera pulsátil mientras que la FSH (Hormona Folículo Estimulante) se libera de manera tónica. Las gonadotropinas tienen múltiples funciones, por ejemplo, en el macho estimulan la esteroideogénesis en las células de Leyding y de Sertolí (Tortora y Derrickson (2009).



**Figura 1.** Eje Hipotálamo-Hipofisis-Gonadas (Tortora y Derrickson, 2009).

La testosterona es la principal hormona en los machos secretada mayormente por los testículos. Es un esteroide que se sintetiza a partir de la androstenediona. La secreción de esta hormona se encuentra bajo el control de la LH y es responsable del comportamiento sexual y la espermatogénesis. La testosterona tiene un efecto anabólico y otro catabólico (cuadro 1; Plumb *et al.*, 2008).

**Cuadro 1.** Efectos androgénicos y anabólicos de la testosterona (Plumb *et al.*, 2008).

<b>Efectos Androgénicos</b>	<b>Efectos Anabólicos</b>
Maduración y diferenciación de los órganos sexuales primarios y accesorios	Incrementa la retención de nitrógeno, fosforo y potasio
Estimula la espermatogénesis	Eritropoyetico
Características sexuales secundarias del macho	Fomenta la maduración y mineralización

### **Estacionalidad**

La estacionalidad reproductiva es una característica de algunas razas caprinas originarias o adaptadas a las regiones subtropicales (Delgadillo *et al.*, 1999; Duarte, 2000). Los mecanismos involucrados en la estacionalidad sexual del macho cabrío son una compleja combinación de ritmos endógenos circanales, conducidos y sincronizados por las horas luz y la melatonina. En caprinos se ha reconocido al fotoperiodo como el elemento principal en la regulación de la actividad reproductiva, iniciándose éste en el momento en que los días empiezan a reducir su duración, lo que permite que los nacimientos sean en la época en que la disponibilidad de forraje es mayor (Chemineau *et al.*, 2008).

La estacionalidad en la actividad reproductiva, se caracteriza por la alternancia de periodos de reposo sexual seguidos de periodos

de actividad sexual. En los machos, la estación de reposo sexual está caracterizada por una baja concentración de testosterona plasmática, bajo peso testicular, incremento de la latencia a la eyaculación, reducción cuantitativa y cualitativa de la producción espermática y disminuido comportamiento sexual (Rivera *et al.*, 2003; Duarte *et al.*, 2008).

En el norte de México la época de baja actividad sexual en los machos cabríos comprende de enero a mayo (Delgadillo *et al.*, 2008), el fotoperiodo influye en su reproducción, disminuyendo la actividad sexual y reproductiva durante el invierno y parte de la primavera (Delgadillo *et al.*, 2008; Bedos *et al.*, 2016). Los pulsos de LH y la testosterona se encuentran en niveles basales (0.03 ng/ml de plasma), así como la producción y la calidad espermática (Chemineau y Delgadillo, 1993).

En la Comarca Lagunera, el periodo de reposo sexual en los machos coincide con el periodo de sequía de la región y, en consecuencia, con una dramática disminución de la cantidad y la calidad del forraje disponible para los animales, por lo que se sugirió que la ausencia de actividad sexual era provocada por la subalimentación. Sin embargo, la estacionalidad reproductiva también se ha observado en los animales mantenidos en estabulación y alimentados adecuadamente según sus necesidades fisiológicas (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991).

En el macho, la estacionalidad de la actividad neuroendocrina es responsable de las grandes variaciones estacionales en la actividad sexual. Este efecto es mediado por el fotoperiodo, el cual actúa sobre el sistema nervioso central a través de la modificación de la duración de la secreción nocturna de la melatonina

(Chemineau y Delgadillo, 1993). En esta latitud, bajo las condiciones medio-ambientales descritas y aunado a la estacionalidad reproductiva obliga a que se realice un solo empadre por año durante los meses de junio a septiembre (Chemineau *et al.*, 1992) lo cual repercute de manera negativa en las ganancias de los caprinocultores, debido a la escasa producción anual de leche (principal fuente de ingreso) y de cabrito (Aréchiga *et al.*, 2008).

Estaciones	Invierno			Primavera		Verano			Otoño			Inv
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Niveles Basales	X	X	X	X	X							
Aumento progresivo						X	X					
Altos niveles								X	X			
Disminución progresiva										X	X	X

**Figura 2.** Comportamiento de la testosterona en las diferentes estaciones del año, en caprinos de la Comarca Lagunera (Chemineau *et al.*, 1993).

### Interacciones socio-sexuales

Las interacciones sociales en un grupo de individuos son determinantes para el desarrollo del ciclo anual de reproducción (Rekwot *et al.*, 2001). Las relaciones sociales que un animal tiene con sus congéneres pueden afectar a muchos

aspectos de sus procesos reproductivos, esto aplica tanto entre especies como entre sexos. La bioestimulación sexual ya sea mediante el “efecto macho” o su contraparte femenina “efecto hembra” en caprinos, son métodos de estimulación de la actividad reproductiva (Álvarez y Zarco, 2001, De Santiago-Miramontes *et al.*, 2011).

Los factores socio-sexuales son de suma importancia en las transiciones estacionales a la etapa reproductiva en los caprinos salvajes australianos, donde la estación reproductiva inicia generalmente con la introducción repentina de los machos en los grupos de hembras anovulatorias (Martin y Banchemo, 1999).

La introducción de un macho a un grupo de hembras puede estimular su actividad sexual durante los meses del anestro estacional, a este fenómeno se le llama “Efecto Macho”. El efecto macho es un fenómeno multisensorial, en el cual están involucradas las señales olfativas, visuales, auditivas y táctiles que el macho emite hacia la hembra, pero a su vez la hembra emite hacia el macho, lo cual permite la retroalimentación entre ambos sexos para la estimulación sexual (Chimeneau, 1987; Walkden-Brown *et al.*, 1999).

La exposición previa de los machos cabríos a hembras en celo ha demostrado que incrementa la habilidad de estos machos para inducir la ovulación de las hembras anéstricas, esto significa que se obtienen más preñeces y por ende mayor número de nacimientos (Walkden-Brown *et al.*, 1993; Carrillo *et al.*, 2011, 2014).

## **Factores que influyen en la reproducción del macho cabrío**

### **Niveles nutricionales**

Debido a las “débiles” variaciones fotoperiódicas que se registran en las regiones subtropicales, y a las importantes variaciones estacionales de la disponibilidad de alimento para los animales mantenidos en condiciones extensivas, algunos autores sugirieron que la alimentación es el principal factor que determina la actividad sexual en estas zonas (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991).

En zonas áridas y semiáridas del norte de México la especie caprina en su mayoría están bajo un sistema de explotación extensiva, se alimenta regularmente con flora nativa de los agostaderos y ocasionalmente con esquilmos de cultivos (Cruz-Castrejón *et al.*, 2007). Esto conlleva a ser una limitante, pues al no tener un control del valor nutricional de muchas de las plantas que ingieren, se desconoce su valor nutricional y si éste cubre de manera eficiente las funciones productivas y reproductivas (Mellado *et al.*, 2009).

El descenso de la cantidad y calidad en la vegetación de los pastizales, ocasiona una reducción del consumo de proteína cruda, provocando deficiencias nutricionales en los caprinos, consecuentemente, existe una disminución en el desempeño reproductivo de los machos cabríos de la región (Mellado y Hernández, 1996).

**Cuadro 2.** Vegetación nativa consumida por caprinos en la Región Lagunera durante los primeros meses del año (Castrejón *et al.*, 2012; Murillo Ortiz *et al.*, 2014).

Nombre común	Nombre científico	Presentes en invierno y Primavera
Zacate buffel	<i>Cenchrus ciliaris</i>	✓
Bermuda o zacate chino	<i>Cynodon dactylon</i>	✓
Zacate Navajita	<i>Bouteloua spp</i>	✗
Johnson	<i>Sorghum halepense</i>	✓
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	✗
Mezquite	<i>Prosopis glandulosa</i>	✗

Además de la función gonadal, el estado energético también afecta el comportamiento reproductivo, incluida la búsqueda de pareja, el cortejo y el apareamiento. La restricción alimentaria retrasa la pubertad al igual, que suprime el comportamiento sexual (Inaba *et al.*, 2016).

La relación entre nutrición y reproducción se ha demostrado en especies de todo orden de mamíferos, incluidos los primates. La gestación y la lactancia exitosas requieren enormes cantidades de energía. Los ciclos ovulatorios, el comportamiento de apareamiento, la esteroidogénesis y la lactancia son

inhibidos por la restricción calórica, especialmente en pequeños mamíferos (Wade., 1996).

### **Interacción nutrición reproducción**

Numerosos estudios han demostrado que el nivel de nutrición desempeña un papel importante sobre la reproducción en los caprinos (Martin et al., 2010). Un régimen de alimentación insuficiente repercute en los niveles séricos de glucosa, la cual es un importante regulador metabólico y de la función reproductiva, además, es esencial para el mantenimiento de la espermatogénesis (Rato *et al.*, 2012; Alves *et al.*, 2013).

Cuando la glucosa se ve seriamente disminuida, provoca un balance energético negativo, alterando importantes funciones metabólicas que impiden que el macho desempeñe su función reproductiva apropiadamente (Mellado y Hernández, 1996; Murillo-Ortiz *et al.*, 2014).

La nutrición afecta todos los aspectos de la gametogénesis, en el macho cabrío. Esta estrecha relación entre la nutrición y la reproducción hace fundamental que al menos la época reproductiva sea sincronizada con un suministro de alimentos de buena calidad. Asimismo, la nutrición actúa como un mecanismo de señalización metabólica hormonal para la espermatogénesis del macho cabrío (Scaramuzzi *et al.*, 2006).

En condiciones naturales de pastoreo, la nutrición puede tener una influencia más importante en el crecimiento testicular que el fotoperíodo. La circunferencia

escrotal muestra un patrón estacional claro, con un aumento relativamente rápido durante el invierno-primavera seguido de una regresión durante el otoño, por lo que el tamaño mínimo se alcanza en invierno. El tamaño testicular y las concentraciones periféricas de FSH tienden a ser paralelas a los cambios estacionales en el peso vivo, y los picos y nadires del ciclo se observan en momentos muy diferentes de los que se esperarían con el control fotoperiódico (Boukhliq y Martin, 1997).

Los animales consumen alimentos para convertirlos en energía para la sobrevivencia, así como para la producción y reproducción. Los comportamientos reproductivos, como el apareamiento y el libido, son indispensables para lograr cada evento de reproducción, incluida la gametogamia, el parto y la lactancia. Por lo tanto, el comportamiento reproductivo es uno de los factores importantes en la gestión del consumo de energía para la reproducción (Yoshikage y Toshiaki., 2016).

La suficiencia de alimentos durante los períodos reproductivos garantiza el suministro de energía, siendo ésta utilizada en el mantenimiento de la homeostasis y en la reproducción. Cuando los animales no logran obtener suficiente alimento, durante un balance energético negativo, suprimen no solo sus actividades basales, sino también las reproductivas (Evans y Anderson, 2012).

### **Condición corporal y comportamiento sexual**

La condición corporal de un animal constituye una apreciación subjetiva del estado nutricional en que se encuentra y su productividad depende de que se mantengan en buena condición a través de todo el ciclo reproductivo. Los cambios en la nutrición alteran la masa testicular y se dan alteraciones en la cantidad de tejido seminífero y por lo tanto en la capacidad espermatogénica (Martin *et al.*, 2010). Además es destacable la importancia del comportamiento sexual o libido, lo cual es esencial para el cortejo de la hembra (Fabre-Nys & Gelez, 2007). Ha sido documentado que la expresión del comportamiento sexual normal, se ve seriamente disminuido cuando existe una restricción alimenticia prolongada y severa que alcance una pérdida de hasta un 30 % de la masa corporal (Parker y Thwaites, 1972).

En los machos cabríos de Nigeria se comprobó que una mayor condición corporal promueve un mayor peso y talla testicular y por consiguiente un mayor volumen seminal (Akpa *et al.*, 2013). Una baja masa corporal reduce también la eficiencia de la espermatogénesis, la velocidad espermática y produce daño en el ADN lo que repercute en la calidad seminal (Guan *et al.*, 2014).

El comportamiento reproductivo se define como una serie de comportamientos destinados a producir o criar descendencia, incluida la búsqueda de pareja, cortejo, apareamiento, parto y crianza de la descendencia. Las moléculas orexigénicas y anorexigénicas en el hipotálamo se han implicado como mediadores entre el estado energético y el comportamiento reproductivo (Inaba *et al.*, 2016).

El comportamiento sexual de los machos cabríos es un factor importante para la eficiencia y productividad de crías en el hato caprino. Durante la actividad sexual en la época de apareamiento el macho también puede perder peso vivo; esto se debe a que hay más gasto de energía al igual que menos consumo de alimento debido a la actividad sexual (Serhat *et al.*, 2016).

(Flores-Nájera, et al., 2010) afirman que una suplementación nutricional a los machos cabríos es necesaria para acortar el intervalo en la respuesta al efecto macho en caprinos criados en condiciones nutricionales adversas.

Un mayor nivel de nutrición durante la temporada de reposo sexual podría ser una herramienta de control para incrementar el desempeño reproductivo de los machos cabríos.

## 5.- MATERIALES Y MÉTODOS

### **Ubicación, condiciones medioambientales y de los pastizales**

El estudio se llevó a cabo en el norte árido de México, en el Ejido Corona del municipio de Matamoros, Coahuila (25° 31'N; 103° 13' O), en esta región la vegetación que prevalece es el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*), zacate chino (*Cynodon dactylon*) y zacate Johnson (*Sorghum halepense*) (Murillo-Ortiz *et al.*, 2014).

### **Animales y tratamientos experimentales**

El 4 de enero de 2017 fueron seleccionados al azar 12 machos cabríos producidos bajo condiciones de pastoreo y se formaron dos grupos, **1)** Grupo de machos cabríos con condición corporal alta (GA; n=6, 55.33±6.45 kg de peso vivo (PV) y 2.95±0.14 unidades de condición corporal (CC)) y **2)** Grupo de machos cabríos con condición corporal baja (GB; n=6, 52.67±5.35 kg de PV, 2.12±0.11 unidades de CC). Para mantener la CC alta al grupo GA después de la alimentación en pastoreo (19:00 h) se les ofreció una complementación alimenticia compuesta de 400 g de alimento concentrado comercial (16% PC) y alfalfa (18% PC, 2.35 Mcal/kg MS) *ad libitum*, durante 79 días. El grupo GB se alimentó exclusivamente del pastoreo para mantener la condición corporal baja.

En ambos grupos, 22 días previos a las pruebas de comportamiento sexual se inició el tratamiento hormonal, que consistió en la administración de 25 mg de testosterona (Propionato de testosterona, Lab. Brovel®, DF, México), por vía intramuscular cada 48 h.

### **Variables evaluadas**

Semanalmente se midieron el peso vivo (PV), la condición corporal (CC), glucosa sanguínea (GS), circunferencia escrotal (CE) y el olor sexual (OS). El peso vivo de los machos cabríos fue medido utilizando una báscula con capacidad de 100 kg. La CC, se midió mediante la palpación de la masa muscular y tejido graso en las apófisis espinosas y transversas en la región lumbar utilizando un rango de 0=emaciado a 5=obeso, de acuerdo con la técnica descrita por Hervieu *et al.* (1992). El OS se midió de acuerdo a Walkden-Brown *et al.* (1997), percibiendo el olor de las glándulas odoríferas ubicadas en la base de los cuernos y utilizando una escala de 0 = a olor neutro o igual a hembra o macho castrado, 1= a olor sexual ligero, 2= a olor sexual moderado, 3= a olor sexual intenso. La CE se obtuvo con la ayuda de una cinta métrica flexible, midiendo la parte más ancha de los testículos. La medición de la CC y el OS fue realizada durante todo el experimento por una persona experta para conseguir la menor variación posible. La glucosa sanguínea (GS), se registró en ayuno mediante una muestra de sangre obtenida por venopunción yugular (0700 a 0900 h), colocando 1  $\mu$ l de sangre en tiras reactivas para posteriormente tomar la medida en segundos del glucómetro automático (Glucometro Countour TS, Bayer Health Care®; sensibilidad de 40-325 mg/ dl<sup>-1</sup>). La medida de glucosa se realizó cada 7 días a partir del 1 de febrero hasta que terminó el periodo experimental (23 de marzo).

### **Pruebas de comportamiento sexual**

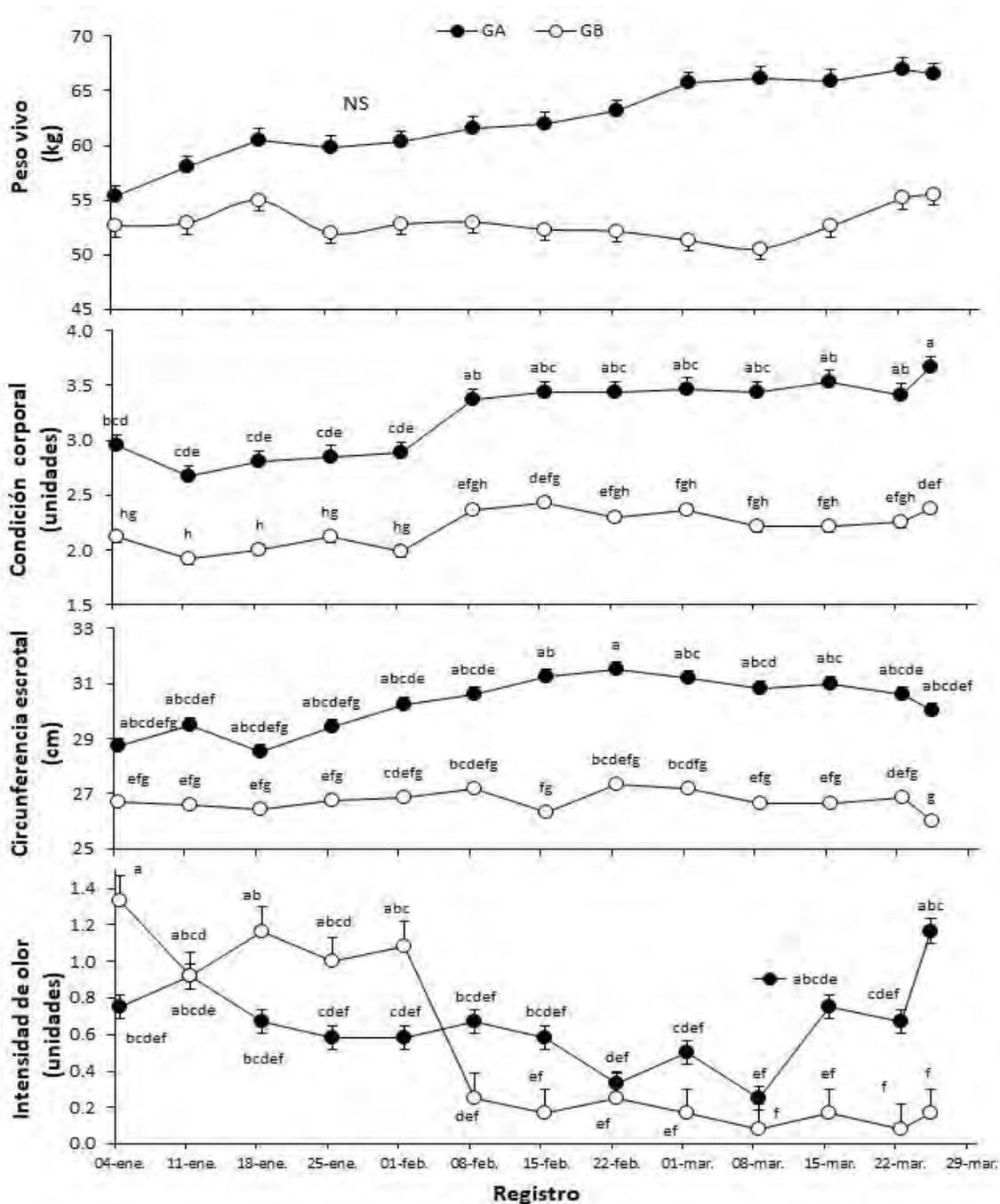
Cada uno de los machos cabríos fue sometido a dos pruebas de comportamiento sexual dos días antes de finalizar el periodo experimental, para realizar la prueba se introdujo un macho a la vez en una corraleta de 5 x 5 m durante 20 min. donde había una cabra previamente inducida al estro (Cipionato de Estradiol, ECP, Lab. Pharmacia & Upjohn®, México; 0.5 mg dosis única). Se observaron las conductas realizadas por los machos cabríos y se registraron en un formato previamente establecido. El comportamiento sexual se categorizó en comportamiento sexual apetitivo (CSA): olfateo anogenital, aproximación, pataleo, flehmen, vocalización, desenvaine y automarraje; y comportamiento sexual consumatorio (CSC): intentos de monta y montas completas; de acuerdo con el método establecido por Angel-Garcia *et al.* (2015), y Calderón-Leyva *et al.* (2018).

### **Análisis estadístico**

Con los datos obtenidos de condición corporal, intensidad de olor, circunferencia escrotal, peso vivo y glucosa se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA), 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 se analizó mediante una prueba de Fisher. Todos los análisis de datos se realizaron con el programa estadístico SAS, 2002, y se consideró un nivel de significancia de  $P < 0.05$ .

## 6.- RESULTADOS

Los valores promedio ( $\pm$ eeem) de peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal e intensidad de olor se pueden observar en la figura 3. Los niveles de condición corporal alta se mantuvieron durante todo el periodo de estudio con aproximadamente una unidad de diferencia (GA=3.22 $\pm$ 0.13 vs GB=2.20 $\pm$ 0.12 unidades; P<0.05). Por otro lado, el peso vivo del GA incrementó 11.2 kg durante el periodo experimental (de 55.3 kg a 66.5 kg) manteniéndose superior durante todo el periodo experimental en comparación con el GB, el cual solo incrementó 2.9 kg (de 52.6 kg a 55.5 kg), sin embargo, no se observó diferencia significativa entre grupos (P>0.05).



**Figura 3.** Medias de mínimos cuadrados ( $\pm$ sem) de los registros de peso vivo, condición corporal, circunferencia escrotal e intensidad de olor de machos cabríos alimentados bajo condiciones de pastoreo con condición corporal alta y

baja (GA y GB, respectivamente). <sup>a,b,c,d,e,f</sup> Literales diferentes muestran diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ).

La circunferencia escrotal del grupo GA incrementó a través del tiempo de 28 cm que media inicialmente hasta 31 cm, sin embargo, el GB se mantuvo alrededor de los 26 cm durante todo el periodo experimental. Se puede observar al final del periodo experimental la diferencia estadística entre grupos a favor del GA en comparación con el GB ( $30 \pm 0.2.97$  vs  $26 \pm 3.59$ ;  $P < 0.05$ ). En relación al olor de los machos al inicio del periodo experimental fue más intenso en el GB, sin embargo, a la cuarta semana disminuyó en este grupo a niveles inferiores que el GA, al final del periodo experimental se puede observar cómo incrementa la intensidad del olor en el GA, siendo evidente la diferencia estadística entre grupos a favor del GA ( $1.17 \pm 0.21$  vs  $0.17 \pm 0.17$ ;  $P < 0.001$ ).

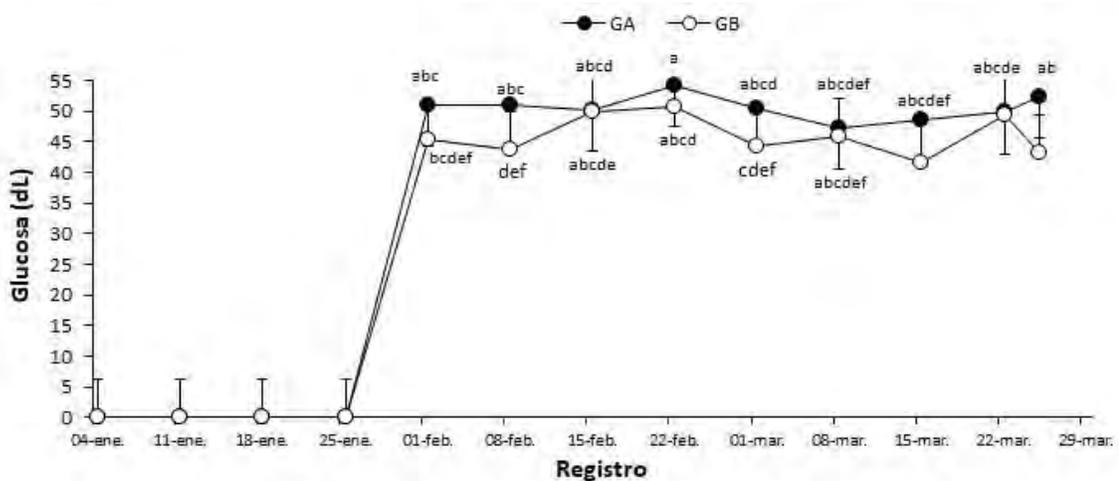
Con respecto a los indicadores de actividad sexual evaluados, en el cuadro 1 se puede observar que, en el desempeño del comportamiento sexual, tanto la frecuencia del comportamiento sexual apetitivo como el consumatorio fue más alto en el GA en comparación al desempeño mostrado por el GB (CSA= 2691 vs 259 y CSC= 142 vs 7;  $P < 0.0001$ ).

**Cuadro 3.** Frecuencia de las conductas de realizadas de comportamiento sexual apetitivo (CSA) y consumatorio (CSC) de machos cabríos con condición corporal alta y baja (GA y GB, respectivamente).

	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<i>Valor de P</i>
<b>% CSA</b>	91.2	8.8	< 0.0001
<b>CSA</b>	2691	259	< 0.0001
<b>Olfateo</b>	319	36	< 0.0001
<b>Anogenital</b>			
<b>Aproximaciones</b>	932	80	< 0.0001
<b>Pataleo</b>	590	56	< 0.0001
<b>Flehmen</b>	19	3	0.0096
<b>Vocalización</b>	775	77	< 0.0001
<b>Desenvaine</b>	25	3	0.0014
<b>Automarcaje</b>	25	4	0.0021
<b>% CSC</b>	95.3	4.7	< 0.0001
<b>CSC</b>	142	7	< 0.0001
<b>Intento de monta</b>	24	0	< 0.0001
<b>Monta</b>	118	7	< 0.0001

Los niveles de glucosa sanguínea de ambos grupos se mantuvieron entre los 45 y 55 dL, los valores más altos son representativos de los machos cabríos del GA

( $52.33 \pm 8.19$  vs  $43.17 \pm 4.71$  mg/dl<sup>-1</sup>;  $P < 0.01$ ), y solo se mostraron diferencias entre grupos el día 8 de febrero y día 15 de marzo.



**Figura 4.** Medias de mínimos cuadrados ( $\pm$ em) de los niveles de glucosa sanguínea en machos cabríos alimentados bajo condiciones de pastoreo con diferente condición corporal alta y baja (GA y GB, respectivamente). <sup>a,b,c,d,e,f</sup> Literales diferentes muestran diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ).

## 7.- DISCUSIÓN

En la hipótesis planteada al principio del trabajo de investigación se propuso que machos cabríos con condición corporal alta mostrarían un mejor desempeño sexual que los machos cabríos con condición corporal baja, con base en nuestros resultados, podemos aceptar la hipótesis planteada. Este hecho puede estar sustentado considerando que en los machos cabríos con mayor condición corporal tuvieron una suplementación proteica y energética que pudo actuar como modulador sobre la GnRH a través de los sensores metabólicos, promoviendo la liberación de LH, la cual estimula a las células de Leydig para la síntesis de testosterona y por consiguiente se incrementa el libido y el número de comportamientos sexuales (Martin *et al.*, 2010).

Por el contrario en los machos con condición corporal baja que solo se alimentaron bajo condiciones de pastoreo, solo expresaron aproximadamente 10% del comportamiento sexual total, al respecto Martín *et al.* (2010) mencionan que si la restricción de alimentación es lo suficientemente larga y severa, de modo que se pierda más del 30% de la masa corporal, la expresión del comportamiento sexual normal se ve comprometida y debido a que el comportamiento sexual requiere una actividad motora bastante intensa, por lo que la disminución del libido podría ser causada por una debilidad general en carneros desnutridos en lugar de una restricción de energía.

En el mismo sentido otros autores han afirmado que la restricción crónica de alimentos previene la secreción pulsátil de LH. Se ha observado que corderos con retraso de crecimiento por restricción dietética, exhibieron una reducida

pulsatilidad de GnRH. Estos hechos indican que la señal que se origina en un estado desnutrido se transmite finalmente al generador de pulsos GnRH e induce la supresión de la secreción pulsátil de GnRH y LH, lo que a su vez perjudica la actividad gonadal y la expresión del comportamiento sexual (Matsuyama y Kimura, 2014).

Por otro lado, Gallego-Calvo *et al.* (2018) exponen como el acceso a los alimentos durante momentos específicos del día tiene profundos efectos sobre el comportamiento y la fisiología de los animales, dichos autores explican además como después de la digestión de los alimentos al producirse la absorción de nutrientes, se pueden convertir metabólicamente en glucosa (implicada en la homeostasis energética) y en ácidos grasos no esterificados (NEFA-indicativos de la reserva adiposa o energía en equilibrio expresada en la condición corporal de los animales).

Varias líneas de evidencia han revelado que los cambios en la disponibilidad de sustratos de energía sanguínea como la glucosa y los ácidos grasos están relacionados con cambios pulsátiles en la liberación de GnRH, LH y actividad gonadal (Matsuyama y Kimura, 2015). De acuerdo a los resultados de la presente investigación los niveles de glucosa sanguínea entre los machos de GA y GB se mantuvieron entre los 45 y 55 dL, y solo se mostraron diferencias entre grupos el día 8 de febrero y día 15 de marzo. Aunque no fueron contundentes las concentraciones séricas de glucosa entre los grupos de machos con GB y GA las diferencias entre la expresión del comportamiento sexual de 91%, a favor del grupo con GA, el desempeño sexual de este grupo puede corresponder a que las

concentraciones séricas de glucosa que funcionan como regulador de la secreción de la LH. Por el contrari, en los machos cabríos con GB las neuronas dopaminérgicas inhibitorias juegan un papel importante en la medición por el efecto de la subalimentación sobre la secreción de LH en los pequeños rumiantes (Branum *et al.*, 1997). El control energético de la función reproductiva, el estado nutricional se transmite al generador de impulsos GnRH y afecta su actividad a través de varias señales. La disponibilidad de ácidos grasos podría ser una señal energética adicional que regula la función reproductiva. Además, la inhibición de la liberación de LH pulsátil se considera que es más grave en animales sometidos a ayunos que en animales alimentados *ad libitum* (Ohkura *et al.*, 2004), lo que sugiere que la disponibilidad de ácidos grasos puede ser indispensable para el mantenimiento de la función reproductiva, especialmente cuando los ácidos grasos son una fuente importante de combustible en condiciones deficientes de energía (Matsuyama y Kimura, 2015).

En el mismo sentido, los machos cabríos con GA mostraron una circunferencia escrotal más alta que los machos con GB, esta superioridad en la circunferencia escrotal para el GA es de gran importancia reproductiva, ya que testículos de mayor tamaño indican mayor producción de espermatozoides, por el incremento en el diámetro de los túbulos seminíferos y el volumen del epitelio seminífero (Martin *et al.*, 2010). Varios autores han demostrado que la concentración de testosterona está fuertemente correlacionada con la circunferencia escrotal y el libido en machos cabríos (Ford *et al.*, 2009; Luna-Orozco *et al.*, 2012; Angel-García *et al.*, 2015; Guan *et al.*, 2016; Belkadi, 2017), y Guan *et al.* (2014)

encontraron que la complementación alimenticia incrementa el olor sexual y la circunferencia escrotal en machos cabríos, al respecto nuestros resultados coinciden con lo reportado por estos autores puesto que tanto la circunferencia escrotal, el olor sexual y la libido expresada como el desempeño del comportamiento sexual fue más alto que en los machos con condición corporal baja.

## **8.-CONCLUSIÓN**

Se concluye que machos cabríos con condición corporal alta muestran mayor comportamiento sexual y mantienen altos parámetros sexuales tales como la circunferencia escrotal y el olor. Los resultados de este estudio muestran la importancia de tener machos cabríos con buena condición corporal, sobre todo si son utilizados para realizar empadres a través del efecto macho donde el desempeño del comportamiento sexual es esencial para inducir al estro y la ovulación a las hembras.

## 9.- LITERATURA CITADA

- Akpa, G.N., Ambali, A.L., y Suleiman, I.O. (2013). Body conformation, testicular and semen characteristics as influenced by age, hair type and body condition of Red Sokoto goat. *New York Science Journal*, 6(7), 44-58.
- Álvarez, L., y Zarco, L.A. (2001). Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Veterinaria México*, 32: 117-129.
- Alves, M. G., Rato, L., Carvalho, R. A., Moreira, P. I., Socorro, S., y Oliveira, P. F. (2013). Hormonal control of Sertoli cell metabolism regulates spermatogenesis. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 70(5), 777-793.
- Ángel-García, O., Meza-Herrera, C.A., Contreras-Villarreal, V., Guillen-Muñoz, J.M., Leyva, C., Robles-Trillo, P.A., Véliz, F.G. (2015). Effect of different male-to-female ratios and testosterone administration upon the male sexual behavior and the out-of-season reproductive response of anestrus goats. *Small Ruminant Research*, 133:21-29.
- Aréchiga, C.F., Aguilera, J.I., Rincón, R.M., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V.R., y Meza-Herrera, C.A. (2008). Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9, 1-14.
- Bedos, M., Portillo, W., Dubois, J.P., Duarte, G., Flores, J.A., Chemineau, P., Delgadillo, J.A. (2016). A high level of male sexual activity is necessary for the activation of the medial preoptic area and the arcuate nucleus during the "male effect" in anestrus goats. *Physiology and Behavior*, 165, 173-178.

- Belkadi, S., Safsaf, B., Heleili, N., Tlidjane, M., Belkacem, L., y Oucheriah, Y. (2017). Seasonal influence on sperm parameters, scrotal measurements, and serum testosterone in Ouled Djellal breed rams in Algeria. *Veterinary World*, 10:1486–1492.
- Boukhliq R., Martin G.B. Nutrition and reproduction in the ram in a Mediterranean environment. In: Lindberg J.E. (ed.), Gonda H.L. (ed.), Ledin I. (ed.). *Recent advances in small ruminant nutrition*. Zaragoza: CIHEAM, 1997. p. 227-232 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 34).
- Branum, J. C., Kline, R. S., y Whisnant, C. S. (1997). The effects of neurotransmitter antagonists and glucose on luteinizing hormone secretion in growth-restricted wethers. *Animal Reproduction Science*, 45:263-272.
- Calderón-Leyva, G., Meza-Herrera, C., Rodriguez-Martinez, R., Angel-García, O., Rivas-Muñoz, R., Delgado-Bermejo, J., y 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.
- Carrillo E., Tejada, L.M., Meza-Herrera, C.A., Arellano-Rodriguez, G., Garcia, J., De Santiago-Miramontes, M.A., Mellado M., y Veliz, F.G. (2011). Response of sexually inactive French Alpine bucks to the stimulus of goats in oestrus. *Livestock. Science*. 141, 202–206.
- Carrillo, E., Meza-Herrera, C.A., Olan-Sanchez, A., Robles Trillo, P.A., Leyva, C., Luna-Orozco, J.R., Rodriguez-Martinez R., y Veliz-Deras, F.G. (2014). The "female effect" positively affects the appetitive and consummatory sexual behavior and

- testosterone concentrations of Alpine male goats under subtropical conditions. *Czech Journal of Animal Science*. 59, 337-343.
- Chemineau, P. (1987). Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats - a review. *Livestock Production Science* 17: 135-147.
- Chemineau, P., Malpoux, B., Delgadillo, J., Guérin, Y., Ravault, J., Thimonier, J., & Pelletier, J. (1992). Control of sheep and goat reproduction: Use of light and melatonin. *Animal Reproduction Science*, 30, 157-184.
- Chemineau, P y Delgadillo, J. A. (1993). Neuroendocrinología de la reproducción en el caprino. *Revista Científica FCV-LUZ*. 3, 113-121.
- Chemineau, P., Guillaume, D., Migaud, M., Thiery, J.C., Pellicer-Rubio, M.T., y Malpoux, B. (2008). Seasonality of reproduction in mammals: intimate regulatory mechanisms and practical implications. *Reproduction in Domestic Animals*, 3 Suppl 2: 40-47.
- Cruz-Castrejón, U., Véliz, F.G., Rivas-Muñoz, R., Flores, J.A., Hernández H., y Duarte-Moreno G. (2007). Respuesta de la actividad sexual a la suplementación alimenticia de machos cabríos tratados con días largos, con un manejo extensivo a libre pastoreo. *Técnica Pecuaria en México*, 45, 93-100.
- De Asís RF. (2017). Producción de Caprino en México. *Tierras Caprino*. N. 18 p.24.
- De Lucas, T. J. y Arbiza, A. S. (2010). Contribución de los ovinos y los caprinos a la ganadería mexicana y sus perspectivas. *In: Simposio. La contribución de los ovinos y caprinos en la producción de los alimentos. Colegio de Postgraduados*

*en Ciencias Agrícolas. XXXI Aniversario Ganadería. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 43 p.*

De Santiago-Miramontes M.A., Marcelino-León S., Luna-Orozco J.R., Rivas-Muñoz R., Rodríguez-Martínez R., Mellad-Bosque M., Véliz-Deras F.G. (2011). The presence of estrogenized females at the moment of male effect induce oestrous activity of goats in the mexican semi-desert. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, Volumen XVII, Edición Especial: 77-85.

De Santiago, A., Alvarado, J. F., López A.G., Trujillo, G., Álvarez M.M., y Mellado, M. (2018). Effects of testosterone administration and feeding level on reproductive activity in sexually inactive goat bucks. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 69:991-998.

Delgadillo JA., Canedo GA., Chemineau P., Guillaume D., Malpoux B. (1999). Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*. 52:727-737.

Delgadillo JA., Vielma J., Flores JA, Véliz FG., Duarte G., Hernandez. H. (2008). The stimulus quality provided by the buck determines the response of the female goats submitted to the male effect. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9, 39-45.

Dorantes C., Torres, H., Castañeda, B., Hernández, M., Gallegos, S., Becerril M., y Rojo. R. (2012). Limitantes socioeconómicas de los sistemas de producción caprina en el sur del Estado de México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal AICA*, 2, 333-336.

- Duarte G. Estacionalidad reproductiva y efecto del fotoperiodo sobre la actividad ovulatoria de las hembras caprinas de la Comarca Lagunera (tesis de doctorado). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2000.
- Duarte G., J. Flores, B. Malpaux, And J. A. Delgadillo. (2008). Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology*, 35, 362-370.
- Evans, J.J., Anderson, G.M., (2012). Balancing ovulation and anovulation: integration of the reproductive and energy balance axes by neuropeptides. *Human Reproduction Update*, 18, 313–332.
- Fabre-Nys, C., y Gelez, H. (2007). Sexual behavior in ewes and other domestic ruminants. *Hormones and Behavior*, 52(1), 18-25.
- Flores-Nájera M.J., Meza-Herrera, C.A., Echavarría, F.G., Villagomez, E., Iñiguez, L., Salinas A y Gonzalez-Bulnes A. (2010). Influence of nutritional and socio-sexual cues upon reproductive efficiency of goats exposed to the male effect under extensive conditions. *Animal Production Science*, 50, 897–901.
- Ford Jr, D., Okere, C., y Bolden-Tiller, O. (2009). Libido test scores body conformation and testicular traits in Boer and Kiko bucks. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 4:54-61.
- Gallego-Calvo, L., Gatica, M., Guzmán, J., y Zarazaga, L. (2018). Reproductive responses to sexually active buck of does treated with melatonin when body weight/body condition is increasing or decreasing. *Animal Reproduction Science*, 190:75-84.

Galina Hidalgo (2005). Reproducción de los Animales Domesticos. 3ra edición LIMUSA.

Guan, Y., Liang, G., Hawken, P. A. R., Meachem, S. J., Malecki, I. A., Ham, S., ... Martin, G. B. (2016). Nutrition affects Sertoli cell function but not Sertoli cell numbers in sexually mature male sheep. *Reproduction, Fertility and Development*, 28(8), 1152-1163.

Guan, Y., Malecki, I. A., Hawken, P. A., Linden, M. D., y Martin, G. B. (2014). Under-nutrition reduces spermatogenic efficiency and sperm velocity, and increases sperm DNA damage in sexually mature male sheep. *Animal reproduction science*, 149(3-4), 163-172.

Hervieu J., Morand-Fehr P., Schmidely P., Fedele V., Delfa R. Mesures anatomiques permettant d'expliquer les variations des notes sternales, lombaires et caudales utilisées pour estimer l'état corporel des chèvres laitières. In: Purroy A. (ed.). Etat corporel des brebis et chèvres. Zaragoza: *Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes*, 1992. p. 43-56 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 13).

Inaba, A., Komori, Y., Muroi, Y., Kinoshita, K., Ishii, T. (2016). Neuropeptide Y signaling in the dorsal raphe nucleus inhibits male sexual behavior in mice. *Neuroscience* 320, 140–148.

Lu, C.D., Kawas, J.R., Mahgoub, O.G. (2005). Fiber digestion and utilization in goats. *Small Ruminant Research*. 60, 45–52.

Luna-Orozco, J., Guillen-Muñoz, J., De Santiago-Miramontes, M., García, J., Rodríguez-Martínez, R., Meza-Herrera, C., Véliz, F. (2012). Influence of sexually inactive

- bucks subjected to long photoperiod or testosterone on the induction of estrus in anovulatory goats. *Tropical Animal Health and Production*, 44:71-75.
- Martin, G. B. y G. Banchemo. (1999). Symposium on Goat Reproduction Investigación Australiana en Reproducción de Caprinos, Colegio de Postgraduados, Programa de Ganadería, Montecillo, México.
- Martin, G. B., Blache, D., Miller, D. W., y Vercoe, P. E. (2010). Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal*, 4(7), 1214-1226.
- Matsuyama, S., y Kimura, K. (2014). Regulation of gonadotropin secretion by monitoring energy availability. *Reproductive Medicine and Biology*, 14:39-47.
- Mellado, M., y Hernández, J. R. (1996). Ability of androgenized goat wethers and does to induce estrus in goats under extensive conditions during anestrus and breeding seasons. *Small Ruminant Research*, 23(1), 37-42.
- Mellado, M. (2008). Técnicas para el manejo reproductivo de las cabras en agostadero. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1),47-63
- Mellado, M., García, J.E., Arévalo, J.R., Dueñez J. y Rodríguez A. (2009). Effects of replacement of alfalfa by inflorescences of *Yucca carnerosana* in the diet on performance of growing goats. *Livestock Science*, 123, 38-43.
- Murillo-Ortiz, M., Mellado-Bosque, M., Herrera-Torres, E., Reyes-Estrada, O., & Carrete-Carreón, F. O. (2014). Seasonal diet quality and metabolic profiles of steers grazing on Chihuahuan desert rangeland. *Livestock Science*, 165(1), 61–65.

- Ohkura S., Ichimaru T., Itoh F, Matsuyama S., Okamura H. (2004). Further evidence for the role of glucose as a metabolic regulator of hypothalamic gonadotropin-releasing hormone pulse generator activity in goats. *Endocrinology*, 145:3239-3246.
- Parker, G., y Thwaites, C. (1972). The Effects of Undernutrition on libido and semen quality in adult Merino rams. *Australian Journal of Agricultural Research*, 23, 109–115.
- Pittroff, W. 2004. Perspectives for goat production. *In: Memorias de la XIX Reunión Nacional sobre Caprinocultura*. Acapulco, Guerrero. México. México, D. F. 28-43.
- Plumb D.C. (2008). *Veterinary Drug Handbook*. Blackwell Publishing.
- Rato, L., Alves, M. G., Socorro, S., Duarte, A. I., Cavaco, J. E., y Oliveira, P. F. (2012). Metabolic regulation is important for spermatogenesis. *Nature Reviews Urology*, 9(6), 330–338.
- Rekwot, P., D. Ogwu, E. Oyedipe, V. Sekoni. (2001). The role of pheromones and biostimulation in animal reproduction. *Animal Reproduction Science*. 65: 157-170.
- Rivera, G., Alanis, G., Chaves, M., Ferrero, S., Morello, H. (2003). Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Ruminant. Research*. 48:109-117.
- Ruiz-Cervantes, J. G. (2004). Efecto de la aplicación de clorhidrato de naloxona sobre la función testicular del macho cabrío. *Tesis doctoral, Universidad de Colima, Colima*.

- Sáenz-Escárcega P, Hoyos G, Salinas G, Martínez M, Espinoza JJ, Guerrero A, Contreras E. (1991). Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En: Flores Álvarez S, editor. Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias*, Torreón (Coahuila), 124-34.
- Sangerman-Jarquín, D.M., Espitia- Rangel, E., Villaseñor- Mir, H.E., Navarro- Bravo, A., Larqué Saavedra, B.S., de la O Olán, M. y Torres- García, R. (2012). Transferencia de tecnología a los productores trigueros en Nanacamilpa, Tlaxcala. Mex. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(8):1591-1604.
- Serrano O. M. L. Análisis Del Sistema De Producción Con Fines Lecheros En La Región De Los Libres Puebla. (2010). *Tesis De Maestría. Colegio de posgraduados*.
- Serhat K., Ayhan Y.; Gazel S., Muammer S. (2016). Relationships between physiological and behavioral responses of goat bucks in mating season. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, 45(10):608-614.
- Scaramuzzi R. J., B. K. Campbell, J. A. Downing, N. R. Kendall, M. Khalid, M. Muñoz-Gutiérrez y A. Somchit. (2006). A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reproduction, Nutrition and Development*, 46, 339–354.
- SIAP- (2018). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

- Tortora G. J., Derrickson B. (2009). Principles of Anatomy and Physiology. *Jhon Wiley Sosn Inc.*
- Ungerfeld R. Y Bielli A. (2012). Seasonal and social factors affecting reproduction. Livestock reproduction: bovine, swine, and ruminants” *Encyclopaedia of life support systems (EOLSS)*.
- Valle-Moysén, E. D., Vélez-Monroy, L. I., Ángel-García, O., Gaytán-Alemán, L. R., y De Santiago-Miramontes, M. A. (2018). Influence of body condition upon the reproductive performance of male goats treated with testosterone in northern Mexico. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 17:15-25.
- Walkden-Brown, S. W., B. J. Restall y Henniawati. (1993). The male effect in Australian cashmere goats 2. Role of olfactory cues from the male. *Animal Reproduction Science*. 32, 55–67.
- Walkden-Brown, S., Restall, B., Scaramuzzi, R., Martin, G., y Blackberry, M. (1997). Seasonality in male Australian cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Ruminant Research*, 26:239-252.
- Walkden-Brown S. W., G. B Martin y B. J. Restall. (1999). Role of male–female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *Journal of Reproduction and Fertility*, 52, 243–257.
- Wade, G.N., Schneider, J.E. and Li, H.Y. (1996) Control of fertility by metabolic cues. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism.*, 270: E1-E19.

Yoshikage Muroi, Toshiaki Ishii (2016). A novel neuropeptide Y neuronal pathway linking energy state and reproductive behavior. *Neuropeptides* 59, 1–8.

Zarazaga, L.A., J. L. Guzmán, C. Domínguez, M. C. Pérez And R. Prieto. (2009). Effects of season and feeding level on reproductive activity and semen quality in Payoya buck goats. *Theriogenology*, 71, 1316–1325.

Zarazaga, L., Gatica, M., Hernández, H., Chemineau, P., Delgadillo, J.,y Guzmán, J. (2019). Photoperiod-treated bucks are equal to melatonin-treated bucks for inducing reproductive behaviour and physiological functions via the “male effect” in Mediterranean goats. *Animal Reproduction Science*, 202:58-64.